Maria de los Dolores Manso Orgaz
Maria Esmeralda Miranda Teixeira
Vasco Amorim

INSTRUMENTAÇÃO E MÉTODOS DE OBSERVAÇÃO

Curso de Física da Atmosfera

Departamento de Física
Universidade de Aveiro
1995

Maria de los Dolores Manso Orgaz
Maria Esmeralda Miranda Teixeira
Vasco Amorim

INSTRUMENTAÇÃO E MÉTODOS DE OBSERVAÇÃO

Curso de Física da Atmosfera

Deparatamento deFísica
Universidade de Aveiro
1995

PROGRAMA DA CADEIRA

DE

INSTRUMENTAÇÃO E MÉTODOS DE OBSERVAÇÃO

Cap. I - Instrumentos e Métodos de Observação de Superfície.....1
I.1 - Natureza das observações meteorológicas.
I.1.1 - Classificação das estações meteorológicas.
I.1.2 - As redes de estações meteorológicas.
I.1.3 - Os diferentes tipos de observações.
I.1.4 - Horas das observações.
I.1.5 - Medições das distâncias verticais.
I.1.6 - As funções dos observadores.
I.1.7 - Observações de superfície.

Cap. II - Aspectos gerais das observações de superfície executadas com instrumentos.....11
II.1 - Localização e exposição dos instrumentos meteorológicos.
II.2 - Características recomendáveis dos instrumentos meteorológicos.
II.3 - Tipos fundamentais dos instrumentos meteorológicos.
II.4 - Instrumentos registadores.
II.5 - Mecanismos de relojoaria e cilindros registadores.
II.6 - Gráficos para instrumentos registadores.
II.7 - O nónio.
II.8 - Leitura dos instrumentos meteorológicos.

Cap. III - Determinação da temperatura.....17
III.1 - Escalas de temperatura.
III.2 - A temperatura do ar à superfície.
III.3 - Exposição dos termómetros.
III.4 - Termómetros de líquido em vidro.
III.5 - Leitura dos termómetros de líquido em vidro.
III.6 - Termómetro de temperatura máxima.
III.7 - Leitura e preparação do termómetro de temperatura máxima.
III.8 - Termómetro de temperatura mínima.
III.9 - Leitura e preparação do termómetro de temperatura mínima.
III.10 - Termógrafo bimetálico.
III.11 - Manutenção e afinação do termógrafo bimetálico.
III.12 - Substituição do gráfico do termógrafo.
III.13 - Termógrafo de tubo de Bourdon.

III.14 - Termógrafo de mercúrio em envólucro metálico.
III.15 - Termómetro de temperatura mínima de relva.
III.16 - Temperatura do solo.
III.17 - Termómetro de profundidade, no solo.
III.18 - Instalação dos termómetros de profundidade.
III.19 - Leitura dos termómetros de profundidade.

Cap. IV - Medição de pressão atmosférica..... 34
IV. 1 - Unidades de pressão atmosférica.
IV. 2 - Barómetro de mercúrio.
IV. 3 - Condições normais.
IV. 4 - Escalas barométricas.
IV. 5 - Correcção das leituras da pressão às condições normais.
IV. 6 - Exposição dos barómetros.
IV. 7 - Leitura dos barómetros de mercúrio.
IV. 8 - Barómetros aneróides.
IV. 9 - Leitura dos barómetros aneróides.
IV. 10 - Barógrafo aneróide.
IV. 11 - Manutenção e afinação dos barógrafos aneróides.
IV. 12 - Substituição dos gráficos.
IV. 13 - Variação barométrica.
IV. 14 - Redução da pressão aos níveis padrão.

Cap. V - Medição da humidade atmosférica..... 46
V. 1 - Definições e unidades.
V. 2 - Instrumento de medida da humidade atmosférica à superfície.
V. 3 - Ventilação dos psicrómetros e tabelas psicrométricas.
V. 4 - Psicrómetro simples, sem ventilação artificial.
V. 5 - Leitura do psicrómetro simples.
V. 6 - Normas especiais para a leitura do psicrómetro simples em climas frios.
V. 7 - Psicrómetros com ventilação artificial.
V. 8 - Normas de observação aplicáveis aos psicrómetros de ventilação artificial.
V. 9 -Causas de erro em psicometria.
V. 10 - Condições especiais para as regiões tropicais e polares.
V. 11 - Tabelas psicrométricas.
V. 12 - Princípio do higrógrafo de cabelo.
V. 13 - Higrógrafo de escala linear.
V. 14 - Exposição e funcionamento do higrógrafo de cabelo.
V. 15 - Normas de observação aplicáveis ao higrógrafo de cabelo.

Cap. VI - Medição do vento à superfície.... 63
VI. 1 - Determinação da direcção do vento. Definições e unidades.
VI. 2 - Cata-vento.
VI. 3 - Indicadores e registadores da direcção do vento.
VI. 4 - Estimativa da direcção do vento.
VI. 5 - Medições da velocidade do vento: unidades.
VI. 6 - Indicadores e registadores da velocidade do vento.
VI. 7 - Anemómetros de rotação.
VI. 8 - Princípio do anemómetro de tubo de pressão.
VI. 9 - Anemógrafo de tubo de pressão.
VI. 10 - Manutenção do anemómetro de tubo de pressão.
VI. 11 - Estimativa da velocidade do vento.
VI. 12 - Flutuação da velocidade do vento.
VI. 13 - Observações do vento à superfície.

Cap. VII - Observação das nuvens..... 80
VII. 1 - Aspecto das nuvens.
VII. 2 - Observação das nuvens.
VII. 3 - Nebulosidade.
VII. 4 - Formas das nuvens.
VII. 5 - Identificação do género das nuvens.
VII. 6 - Altura da base das nuvens.
VII. 7 - Movimento das nuvens.
VII. 8 - Observação nocturna das nuvens.
VII. 9 - Efeitos orográficos.

Cap. VIII - Observações meteorológicas de superfície..... 125
VIII. 1 - Estações climatológicas.
VIII. 2 - Estações sinópticas.
VIII. 3 - Termos usados no código do tempo presente.
VIII. 4 - Determinação da intensidade da precipitação.
VIII. 5 - Fenómenos meteorológicos citados no código do tempo presente.
VIII. 6 - Litometeoros: definições e descrições.
VIII. 7 - Electrometeoros: definições e descrições.
VIII. 8 - Fenómenos meteorológicos não citados no código do tempo presente.
VIII. 9 - Observação dos fotometeoros.
VIII.10 - Fotometeoros: definições e descrições.

Cap. IX - Mediação da precipitação. 146
IX. 1 - Unidade de medida.

IX. 2 - Princípio da medição.
IX. 3 - Medições da quantidade de chuva.
IX. 4 - Exposição dos udómetros.
IX. 5 - Observações da chuva.
IX. 6 - Udógrafos.
IX. 7 - Udógrafo de flutuador.
IX. 8 - Udógrafo de báscula.
IX. 9 - Udógrafo de balança.
IX. 10 - Registadores da intensidade da precipitação.
IX. 11 - Medição da neve recente.
IX. 12 - Espessura da camada de neve recente.
IX. 13 - Equivalente em água de neve recente.
IX. 14 - Medição da camada de neve no solo.

Cap. X - Mediação da visibilidade. 161
X. 1 - Definição de visibilidade meteorológica.
X. 2 - Determinação da visibilidade.
X. 3 - Plano dos pontos de referencia da visibilidade.
X. 4 - Escolha de pontos de referência da visibilidade durante o dia.
X. 5 - Escolha dos pontos de referência da visibilidade durante a noite.
X. 6 - Relação entre a visibilidade durante o dia e durante a noite.
X. 7 - Estimativa da visibilidade.
X. 8 - Visimilímetros.
X. 9 - Variação da visibilidade horizontal com a direcção.
X. 10 - Visibilidade oblíqua.
X. 11 - Visibilidade vertical.

Cap. XI - Mediação da evaporação 172
XI. 1 - Factores que influem na evaporação.
XI. 2 - Unidades de medida.
XI. 3 - A medição da evaporação.
XI. 4 - Métodos de medição.
XI. 5 - Evaporação pela superfície do solo.
XI. 6 - Evaporação por uma superfície porosa molhada.
XI. 7 - Evaporação por superfícies de água livre em reservatórios e em tinas.
XI. 8 - Tina de evaporação de classe A.
XI. 9 - Execução das evaporações.
XI. 10 - Tinas registadoras.

Cap. XII - Medição da insolação ..... 184.
XII. 1 - Princípio de heliógrafo de Campbell - Stokes.

XII. 2 - Descrição do heliógrafo de Campbell - Stokes.
XII. 3 - Exposição do heliógrafo.
XII. 4 - Cartões do heliógrafo.
XII. 5 - Afinação do heliógrafo.
XII. 6 - Processos de ajustamento.
XII. 7 - Erros de ajustamento.
XII. 8 - Manutenção do heliógrafo.
XII. 9 - Substituição dos cartões do heliógrafo.
XII. 10 - Leitura dos cartões do heliógrafo.

Cap. XIII - Estado do solo 193
XIII. 1 - Amostra do solo nu.
XIII. 2 - Amostra representativa do terreno da estação.
XIII. 3 - Tábua para a classificação do estado do solo.
XIII. 4 - Escolha do número de código.

Cap. XIV - Observações meteorológicas no mar..... 196
XIV. 1 - Elementos observáveis quer em terra quer em mar.
XIV. 2 - Determinação da temperatura da água do mar.
XIV. 3 - Descrição dos métodos de avaliação da temperatura da água do mar.
XIV. 4 - Agitação oceânica: características gerais.
XIV. 5 - Velocidade da agitação oceânica.
XIV. 6 - Agitação em águas pouco profundas.
XIV. 7 - Observação da agitação oceânica.
XIV. 8 - Métodos de observação das características de sistemas de agitação oceânica, independentes.
XIV. 9 - Medição da altura e período médios de um sistema de ondas ou de vagas.
XIV. 10 - Caracterização de vagas e ondas.
XIV. 11 - Observação de fenómenos especiais
XIV. 12 - Observações de gelo no mar.

Cap. XV – Sondagem da Baixa Troposfera ..... 219.
XV. 1 - Introdução
XV. 2 – Torres e mastros.
XV. 3 – Balões ligados
XV. 4 – Características de balões ligados.
XV. 5 – Mecanismos de ascensão.
XV. 6 – Bloco de sensores.
XV. 7 – Receptores e registradores .
XV. 8 – Procedimento de sondagem.

XV. 9 – Sondagens livres usando radiossondas.
XV. 10 – Radar de vento.
XV. 11 – Observações de balões piloto
XV. 13 – Aeronaves, incluindo helicópteros.
XV. 14 – Sensores acústicos.
XV. 15 – Laser radares.
XV. 16 – Detectores de infravermelhos.
XV. 17 – Detectores de mincro-ondas.

Cap. XVI – Estações Meteorológicas Automáticas..... 236

XVI. 1 – Introdução.
XVI. 2 – Considerações gerais.
XVI. 3 – Tipos de estações automáticas.
XVI. 4 – Componentes de uma estação automática.

Cap. XVII – O radar Meteorológico ..... 246.

XVII. 1 – Fundamentos do radar.
XVII. 2 – Equação do radar.
XVII. 3 – Equação do radar meteorológico.
XVII. 4 – Relação entre Z e a intensidade de precipitação.
XVII. 5 – Apresentação visual da informação do radar e técnicas especiais.

Cap. XVIII – Os Satélites. 262

XVIII. 1 – Introdução.
XVIII. 2 – Características.
XVIII. 3 – Pré-Processamento de Imagem.
XVIII. 4 – Algumas Aplicações.
XVIII. 5 – Importância e Qualidade das Observações.

INSTRUMENTAÇÃO E MÉTODOS DE OBSERVAÇÃO

CAPÍTULO I - INSTRUMENTOS E MÉTODOS DE OBSERVAÇÃO DE SUPERFÍCIE

As observações de superfície são executadas por um observador colocado ao nível do solo ou do mar, ou próximo dele, utilizando unicamente instrumentos que se encontram ao mesmo nível.

Descrevem-se, a seguir, vários procedimentos e práticas relacionados com a execução de observações sinópticas de superfície. As mesmas técnicas podem-se aplicar a outros tipos de observações de superfície.

Apresentam-se aspectos gerais dos princípios de concepção dos instrumentos mais vulgarmente utilizados. É, no entanto, de notar que há muitas modificações destes instrumentos em uso pelos Serviços Meteorológicos de todo o Mundo.

I - 1 - Natureza das observações meteorológicas

Para realizar um estudo científico da atmosfera é necessário, em primeira instância, recolher e organizar dados meteorológicos.

Para executar muitas das observações podem aplicar-se, simplesmente, os orgãos dos sentidos, especialmente as da visão. Designam-se por **observações sensoriais**. Um exemplo, é o da estimativa da quantidade de nuvens presentes no céu.

Frequentemente, torna-se necessário recorrer a instrumentos que funcionam como prolongamento dos sentidos. Neste caso, as observações designam-se por

observações instrumentais. Cita-se, como exemplo, a determinação da temperatura do ar por leitura de um termómetro.

As observações dos diversos elementos meteorológicos são executadas nas estações de observação meteorológica.

I - 1.1 - Classificação das Estações Meteorológicas

As Estações Meteorológicas podem ser classificadas do seguinte modo:

a) Estações Sinópticas (em Terra e no Mar)
b) Estações Climatológicas
c) Estações de Meteorologia Aeronáutica
d) Estações de Meteorologia Agrícola
e) Estações Especiais

a - Estação Sinóptica - designa aquela em que se executam observações meteorológicas para efeitos de meteorologia sinóptica.

A Meteorologia Sinóptica é o ramo da meteorologia que se ocupa da descrição do tempo real, com base em observações marcadas em cartas geográficas. A finalidade do estudo é o de prever futuras evoluções do estado do tempo.

Dentro destas estações há as de superfície e as de altitude.

b - Estações Climatológicas - onde se obtêm os dados meteorológicos de interesse para fins climatológicos.

Em termos gerais, pode dizer-se que o clima corresponde às condições meteorológicas consideradas num período de longa duração.

Uma vez que os dados obtidos nas estações sinópticas interessam também para fins climatológicos, as estações climatológicas incluem também as primeiras.

c - Estações de Meteorologia Aeronáutica - têm por fim responder às necessidades

especiais da aviação. Situam-se nos aeroportos.

Tanto observações sinópticas como climatológicas podem ser efectuadas neste tipo de estações.

d - Estações de Meteorologia Agrícola - os dados nelas obtidos destinam-se a apoiar a agricultura, sendo esta entendida no seu sentido mais lato, incluindo horticultura, criação de animais e silvicultura.

Nestas estações executam-se, não só observações especiais do meio físico, mas também observações de natureza biológica. Utilizam também informações obtidas em todos os tipos de estações.

e - Estações Especiais - estas estações criam-se para avaliar acontecimentos meteorológicos especiais. Assim, incluem estações para observação de perturbações atmosféricas, detecção de hidrometeoros por meio de radar, hidrologia, medição da radiação, etc.

I - 1.2 - As redes de Estações Metereológicas

Em todos o Globo existem redes de estações meteorológicas. Por recomendação da Organização Meteorológica Mundial (OMM); Wold Meteorological Organization - WMO) a distância entre estações terrestres da rede fundamental destinadas a fins sinópticos não deve exceder 150 Km. Estações de altitude não deverão estar afastadas de mais do que 300 Km.

I - 1.3 - O diferentes tipos de observações

Os elementos meteorológicos observados nas estações meteorológicas dependem dos fins a que as observações se destinam. Assim:

a - Observações Sinópticas

Em todas as estações sinópticas, executam-se observações dos seguintes elementos:

1 - Tempo presente e tempo passado

2 - Direcção e velocidade do vento

3 - Quantidade, tipo ou tipos e altura das bases das nuvens

4 - Visibilidade

5 - Temperatura do ar

6 - Humidade

7 - Pressão atmosférica.

Além disso, e nas estações sinópticas terrestres são observados:

i) Característica e tendência da pressão atmosférica
ii) Temperaturas extremas
iii) Quantidade de precipitação
iv) Estado do solo
v) Direcção do movimento das nuvens
vi) Fenómenos especiais.

Nas estações sinópticas oceânicas, incluem-se ainda observações dos seguintes elementos:

i) Velocidade e rota do navio
ii) Temperatura da água do mar
iii) Direcção do movimento, período e altura das ondas e das vagas.
iv) Gelo do mar
v) Fenómenos especiais

b - Observações Climatológicas

Nas estações climatológicas principais executam-se observações de todos ou da maior parte dos seguintes elementos:

1 - Estado do tempo
2 - Vento
3 - Quantidade, tipo ou tipos e alturas das bases das nuvens
4 - Visibilidade
5 - Temperatura do ar (incluindo as temperaturas extremas)
6 - Humidade
7 - Pressão atmosférica
8 - Precipitação
9 - Neve no solo
10 - Insolação

11 - Temperatura do solo

c - Observações de Meteorologia Aeronáutica

As observações executadas nos aeródromos satisfazem as necessidades especiais da aviação. Delas nos ocuparemos quando tratarmos da Meteorologia Aeronáutica.

Nos aeródromos também se realizam observações sinópticas e climatológicas.

d - Observações de Meteorologia Agrícola

Numa estação meteorológica agrícola incluem-se observações do meio físico, como:

1 - Temperatura e humidade do ar a diferentes níveis
2 - Temperatura do solo
3 - Conteúdo de humidade do solo a diversas profundidades
4 - Turbulência e mistura de ar nas camadas baixas
5 - Hidrometeoros e outros factores de equilíbrio da humidade
6 - Insolação e Radiação

São executadas também observações de natureza biológica. Estas incluem observações do crescimento e do rendimento das plantas e dos animais. São também registados os danos causados directamente pelas condições de tempo, e os que são devidos a doenças e pragas.

e - Observações Especiais

A natureza dos elementos meteorológicos observados em estações especiais depende do fim para a estação foi criada.

Assim, num grupo seleccionado de estações sinópticas e climatológicas, o programa de observações também inclui:

1 - Registo, com equipamento simples, da duração da insolação
2 - Medições da evaporação

3 - Registo contínuo da radiação solar global e cósmica numa superfície horizontal.

I - 1.4 - Horas das Observações

Como regra geral, é preciso proceder tão rapidamente quanto possível à estimativa dos elementos que constituem uma observação sinóptica de superfície. No caso de uma observação deste tipo, a hora real da observação é a hora a que se procede à leitura do barómetro.

A hora de observação foi fixada, por acordo internacional, pela OMM.

A hora oficial da observação é a hora oficial determinada pelo Serviço Meteorológico competente. Convirá que esta hora seja o mais próximo possível da hora da observação.

Em Meteorologia, usa-se o relógio de 24 horas. Para designar a meia-noite não se usa 24H00 mas sim 00H00, que é também o começo do novo dia. 06H00 designa as 6 horas da manhã, enquanto que 18 H00 designa as 6 horas da tarde.

As observações sinópticas devem ser executadas em todo o Mundo de acordo com a hora Universal. Esta é o tempo médio local ao longo do meridiano de Greenwich, também conhecido por Tempo Médio de Greenwich (TMG) ou Tempo Universal (TU). Assim, as horas padrão fixas de observação são, portanto TMG, e não tempo local ou de zona.

As horas das observações sinópticas principais de superfície são 00H00, 06H00, 12H00, 18H00 TMG, com observações intermédias às 03H00, 09H00, 15H00 e 21H00 TMG. As observações de pressão atmosférica devem ser executadas exactamente a essas horas. As outras observações devem fazer-se nos dez minutos anteriores.

I - 1.5 - Medições das distâncias verticais

Num local conveniente do Edifício de cada estação meteorológica ou num objecto fixo que se encontre próximo, deve fazer-se uma marca permanente, que servirá de ponto de referência para medições de distâncias verticais na estação ou perto dela.

Em relação às distâncias verticais, a OMM emprega determinados termos:

a) Altura, h

Distância vertical a que se encontra um nível, um ponto ou um objecto considerado como um ponto, medida a partir de um nível de referência determinado.

b) Altitude, H

Distância vertical a que se encontra um nível, um ponto ou um objecto considerado como um ponto, medida a partir do nível médio das águas do mar.

Altura designa também a dimensão vertical de um objecto. Por outro lado, h e H referem-se a altura e altitude tal como habitualmente usadas. O símbolo H quando aparece sem índice, refere-se à distância vertical, acima do nível médio das águas do mar, a que se encontra o solo da estação meteorológica.

Para indicar quais os instrumentos, níveis, etc., que estão a ser referenciados em termos de distância vertical utilizam-se índices associados aos símbolos H e h.

Exemplos:

a - para aeródromo - nível de referência adoptado para um aeródromo

p - pressão - indicação do nível de referência das observações feitas na estação

z - zero da escala do barómetro.

Então:

Hp - é a distância vertical, acima do nível médio das águas do mar, adoptado como nível de referência para as observações feitas na estação. A Hp chama-se muitas vezes altitude da estação, e a pressão atmosférica a esse nível é conhecido por pressão na estação.

Hz - é a distância vertical, acima do nível médio das águas do mar a que se encontra o zero da escala do barómetro. É também conhecida por altitude da tina do barómetro.

Em algumas estações, a marca permanente destinada a ponto de referência encontra-se ao mesmo nível que o zero do barómetro. Neste caso, Hp e Hz são iguais.

I - 1.6 - As funções dos observadores

Os observadores meteorológicos têm as seguintes funções:

a) Manter os instrumentos em bom estado
b) Mudar os gráficos dos instrumentos registadores
c) Executar as observações sinópticas e climatológicas com o devido rigor
d) Codificar a transmitir os resultados das observações
e) Elaborar os registos semanais ou mensais

I - 1-7 - Observações de superfície

Estas observações são executadas tanto em estações terrestres como oceânicas, por um observador colocado ao nível do solo ou perto dele, o qual utiliza instrumentos somente a esse nível. As observações podem ser tanto sensoriais como instrumentais.

Fotografia de uma estação meteorológica de superfície

Fotografia de uma estação meteorológica de superfície

CAPÍTULO II - ASPECTOS GERAIS DAS OBSERVAÇÕES DE

SUPERFÍCIE EXECUTADAS COM INSTRUMENTOS

Os elementos observados com recurso a instrumentos são os seguintes:

a). Duração da insolação

b). Temperatura do ar, da água e do solo

c). Pressão atmosférica

d). Humidade

f). Direcção e velocidade do vento à superfície

g). Altura da base das nuvens

h). Precipitação

i). Evaporação

II - 1 - Localização e exposição dos instrumentos meteorológicos

As medições de alguns elementos meteorológicos dependem da exposição dos instrumentos. Para comparação de observações executadas em estações diferentes, a exposição deve ser semelhante.

Para exposição no exterior de instrumentos sensíveis à temperatura e à humidade basta uma parcela de terreno nivelado com cerca de 9m por 6m, aberto de relva curta, desde que situado em local existente.

A sua localização deve ser tal que permita que as condições do ambiente se encontrem bem representadas. Deve encontrar-se afastado da influência imediata de árvores e edifícios e tanto quanto possível, não deve estar situado sobre vertentes inclinadas, cumes, penhascos ou covas, nem na sua proximidade.

Esta regra não se aplica aos instrumentos destinados a medir a precipitação. Estes exigem uma distribuição conveniente de árvores e arbustos ou seu equivalente, para servirem de protecção contra o vento. Estas obstruções não devem, contudo, ser tais que gerem turbulência, o que seria inconveniente para as observações.

As estações sinópticas devem estar situadas de modo a fornecer dados meteorológicos representativos da área em que se encontram.

Em geral, as estações climatológicas devem estar situadas num local e sob condições que permitam o funcionamento contínuo da estação durante, pelo menos, dez anos. A exposição deve permanecer inalterada durante um período de longa duração.

Nas estações de meteorologia aeronáutica ou de meteorologia agrícola os instrumentos devem ser colocados de modo a que sejam representativos das condições do aeródromo, ou das condições agrícolas e naturais da região respectiva.

II - 2 - Características recomendáveis dos instrumentos meteorológicos

As características mais importantes que os instrumentos meteorológicos devem possuir são:

a). a regularidade de funcionamento
b). a precisão
c). a simplicidade de concepção
d). a facilidade de utilização e de manutenção
f). a robustez de construção.

Durante o funcionamento, o instrumento deve manter um grau de precisão conhecido, durante um período longo. A simplicidade e a facilidade de utilização e de manutenção são

importantes, porque a maior parte dos instrumentos meteorológicos funciona continuamente ano após ano, e em muitos casos encontram-se afastados de boas oficinas de reparação.

Muitos instrumentos estão completa ou parcialmente expostos às condições de tempo, sendo particularmente importante que tenham uma construção robusta.

II - 3 - Tipos fundamentais de instrumentos meteorológicos

Os instrumentos podem ser:
a). instrumentos de leitura diversa
b). instrumentos registadores

Os primeiros são mais rigorosos, mas as medições dos elementos meteorológicos só podem ser executadas durante a leitura. Para obter medições a outras horas, é necessário utilizar instrumentos registadores, que mantêm um registo contínuo das medições: designam-se por instrumentos registadores.

A precisão de um instrumento registador pode ser melhorada por meio de calibração feita a intervalos regulares. Para tal, comparam-se as medições com as de um instrumento de leitura directa preciso, que mede o mesmo elemento meteorológico. Havendo diferença nos valores, o instrumento registador deve ser regulado para registar o valor correcto.

II - 4 - Instrumentos registadores

Na maior parte dos instrumentos registadores utilizados em Meteorologia, o movimento das peças é amplificado por meio de alavancas. Estas fazem deslocar uma pena sobre um gráfico colocado sobre um tambor, que é movido por um mecanismo de relojoaria.

Nos instrumentos registadores o atrito deve ser reduzido ao mínimo, não só nos suportes, como entre a pena e o papel, devendo haver meios de regular a pressão entre a pena e o papel. Se esta pressão fôr reduzida ao mínimo, produz-se um traço contínuo legível.

No caso de um registador movido por um mecanismo de relojoaria é importante determinar com precisão, o momento em que foi registado qualquer dos pontos do traço. Para evitar qualquer erro eventual, é necessário provocar no próprio registo marcas de tempo rigorosas.

Estas devem ser provocadas pelo menos uma vez por dia, anotando-se a hora certa até ao minuto mais próximo.

O traço ideal é o que tenha o mínimo de espessura possível sem ser ilegível, ou sem arranhar o papel. Para tal, é necessário tratar a pena cuidadosamente, e limpá-la com álcool desnaturado quando se obstruir com tintas.

II - 5 - Mecanismos de relojoaria e cilindros registadores

Nos instrumentos registadores há duas combinações possíveis do cilindro com o mecanismo de relojoaria:

1) - o mecanismo de relojoaria está fixo ao instrumento e só o cilindro gira
2) - o mecanismo de relojoaria está fixo ao interior do cilindro e gira com ele.

O primeiro sistema facilita a eliminação de ressaltos, que constituem uma das principais causas de erro de cronometragem; diminui também o risco de avaria do mecanismo de relojoaria, visto que só é necessário retirar o tambor quando se mudam os gráficos.

II - 6 - Gráficos para instrumentos registadores

Em muitos instrumentos, a pena de registo está fixa a uma alavanca - o "braço da pena" - que gira sobre um eixo situado numa das extremidades. O mecanismo move-se quando o elemento - temperatura, pressão, etc. - varia. Consequentemente, o braço da pena gira sobre o eixo, e a pena desloca-se segundo uma linha curva.

Assim, as linhas que, nos gráficos, marcam o tempo, são arcos de circunferências. Estas linhas curvas, aparecem no sentido vertical, e estão espaçadas de acordo com a velocidade de rotação do cilindro. As linhas "horizontais" do gráfico, representam valores do elemento e estão espaçadas de acordo com a amplitude do movimento da pena.

Para se fixar o gráfico ao cilindro registador, ou se usam molas que se aplicam às extremidades do cilindro, ou uma tira de metal presa com uma charneira ou metida numa ranhura na extremidade inferior do cilindro e fixa na extremidade superior por um encurvamento da própria tira de metal.

O gráfico deve ser colocado bem ajustado, e é fundamental utilizar o gráfico próprio para cada instrumento registador.

II - 7 - O nónio

Alguns instrumentos meteorológicos, como por exemplo, os barómetros têm acoplada uma pequena escala móvel. Esta utiliza-se para subdividir a distância entre duas marcas de graduação da escala principal, fixa. A escala móvel chama-se nónio.

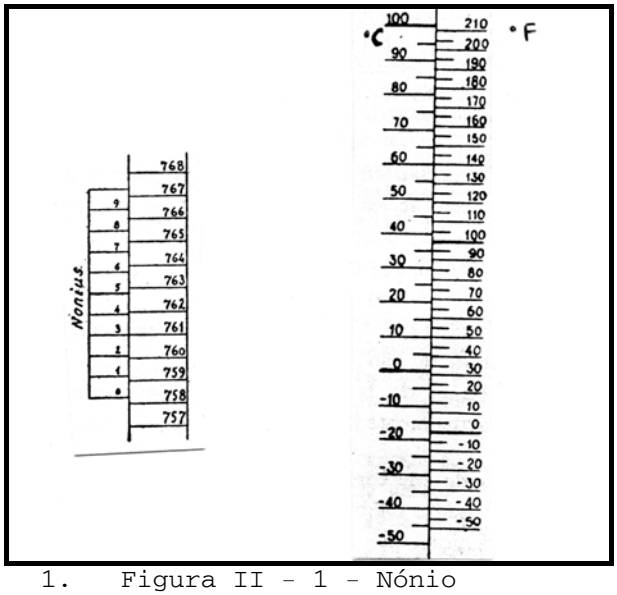
Com a leitura efectuada no nónio obtém-se um grau de precisão igual à diferença entre uma divisão da escala principal e uma divisão do nónio. Esta diferença chama-se a "precisão da leitura" do instrumento.

II - 8 - Leitura dos instrumentos meteorológicos

As observações devem indispensavelmente ser feitas com pontualidade. Não podem ser executadas instantâneamente, mas as observações da pressão devem ser feitas à hora prescrita. Dez minutos deverão ser suficientes para efectuar as restantes observações, imediatamente antes da pressão.

É necessário verificar o resultado das observações, o que não significa que todas as leituras tenham de ser repetidas. A verificação destina-se a assegurar que não houve omissão ou erro grave, e por outro lado, permite assegurar que estejam em correspondência uns com os outros.

O observador deve assegurar-se que as observações não dão origem a dúvidas no espírito das pessoas que utilizarão esses dados. A utilização pode ser para efeitos de previsão imediata, ou alguns anos depois, em estudos climatológicos.



1. Figura II - 1 - Nónio
2. Figura II - 2 - Leitura dos termómetros Escalas centígrada e escala Fahrenheit

CAPÍTULO III - DETERMINAÇÃO DA TEMPERATURA

Sob o ponto de vista da Meteorologia (à superfície) interessa conhecer as temperaturas do ar, do solo e das grandes superfícies líquidas.

Tratam-se de seguida, a determinação da temperatura atmosférica junto à superfície do Globo, e da temperatura do solo. Posteriormente, tratar-se-á da determinação da temperatura da superfície do mar, embora grande parte das informações se apliquem a qualquer delas.

III - 1 - Escalas de temperatura

Em Meteorologia a temperatura é referida, para quase todos os efeitos, em valores da escala de Celcius - t ^{O}C; os pontos fixos desta escala são o ponto de fusão do gelo (0 ^{O}C) e o ponto de ebulição da água (100 ^{O}C) (os quais devem ser verificados em condições de pressão normal).

Em alguns países, ainda se usa, para efeitos de observação, a escala de Fahrenheit - t ^{O}F, para a qual os pontos fixos são 32 ^{O}F (ponto de fusão do gelo) e 212 ^{O}F (ponto de ebulição da água).

A O.M.M. adoptou a escala de Celsino para troca internacional de mensagens de observação. A equação de conservação de graus Fahrenheit em graus Celsino é:

$$t\,°C = \frac{5}{9}(t\,°F - 32)$$

Para muitos fins científicos usa-se a escala termodinâmica absoluta da temperatura, de

Kelvin - T ^{O}K. O ponto fixo fundamental é o ponto triplo da água pura, onde ocorrem juntamente em equilíbrio os estados sólido, líquido e gases da água. A equação de conversão de graus Kelvin em graus Celsius é:

$$t\ ^{O}C = T\ ^{O}K - 273,15$$

III - 2 - A temperatura do ar à superfície

Em linguagem meteorológica entende-se por temperatura do ar à superfície, a temperatura ao ar livre a uma altura acima do nível ao solo compreendida entre 1,25 e 2 m.

Para as necessidades da agricultura, pode ser útil determinar a temperatura a níveis diferentes entre o nível do solo e cerca de 10 m acima do limite superior da vegetação predominante.

As determinações da temperatura devem ser feitas a horas fixas, juntamente com os valores extremos atingidos durante o dia.

III - 3 - Exposição dos termómetros

Para que a leitura feita seja representativa da temperatura do ar, os termómetros devem estar protegidos da radiação proveniente do Sol, do Céu, da Terra e dos objectos circundantes. Devem, também, ser convenientemente ventilados.

Os sistemas de protecção actualmente mais utilizados são:

a) abrigo meteorológico de persianas
b) protecções de metal polido, como as que protegem o psicrómetro de Assmann.

A orientação do abrigo meteorológico é importante, de modo a evitar que o Sol incida sobre os reservatórios dos termómetros em qualquer momento em que a porta do mesmo esteja aberta. Assim, a porta abre para Norte, no Hemisfério Norte e para Sul no Hemisfério Sul.

III - 4 - Termómetros de líquido em vidro (ou termómetros de líquido em tubo capilar de vidro)

Para as observações de rotina da temperatura do ar, incluindo as das temperaturas máximas e mínimas, usam-se quase invariavelmente termómetros de líquido em vidro.

O mercúrio não pode ser utilizado como líquido do termómetro abaixo de -36 ^{0}C aproximadamente, visto que o seu ponto de congelação se situa imediatamente abaixo desta temperatura.

Para temperaturas inferiores é apropriado o álcool etílico puro.

Uma liga de mercúrio e lítio utiliza-se também para temperaturas negativas não inferiores a -58 ^{0}C.

III - 5 - Leitura dos termómetros de líquidos em vidro

A temperatura do ar é a indicada pelo termómetro seco de um psicrómetro.

Indica a seguir, o modo como se deve proceder à leitura de um termómetro de líquido em vidro. A leitura deve efectuar-se no intervalo de tempo estritamente necessário para tal, de modo a que se faça com precisão, e a fim de se evitar variações de temperatura devidas à presença do observador.

No caso do líquido termométrico ser o mercúrio, a extremidade da coluna de mercúrio forma uma superfície curva, que se designa por menisco. A leitura correcta corresponde ao ponto extremo do menisco ou seja.

A escala do termómetro está gravada no tubo de vidro e fica ligeiramente mais próxima do observador do que a coluna de mercúrio. Consequentemente, a posição da extremidade da coluna de mercúrio em relação à escala, varia com o ângulo de visão. Para evitar erros de paralaxe, a leitura deve ser feita pelo observador de tal modo que entre os seus olhos e a extremidade do menisco exista uma linha recta perpendicular ao tubo.

A leitura da temperatura do ar é feita com aproximação até ao décimo de grau, precisão esta necessária para a determinação da humidade atmosférica. Quando a escala do termómetro só tem subdivisões de meios graus onde quintos de grau, a leitura de décimos de grau deve ser feita por estimativa.

III - 6 - Termómetro de temperatura máxima

O termómetro de temperatura máxima mais comum é um termómetro de mercúrio em vidro com um estrangulamento no tubo abaixo da graduação mínima. Quando a temperatura desce depois de atingir o valor máximo, o mercúrio não volta à parte do tubo abaixo do estrangulamento, desde que o termómetro se encontre na horizontal.

O tubo termométrico leva uma estrangulação em A; quando desce a temperatura o mercúrio retrocede, a coluna se rompe em B

Figura III – 1 – Estrangulamento do tubo de um termómetro de temperatura máxima

Na prática, um termómetro deste tipo é colocado numa posição em que forma um ângulo de cerca de 2° com a horizontal, sendo a extremidade mais baixa aquela em que está o depósito. Assim, se ocorrer qualquer vibração, como eventualmente poderá suceder ao colocar o termómetro no abrigo meteorológico depois de preparado, evita-se que a coluna de mercúrio se afaste do estrangulamento.

III - 7 - Leitura e preparação do termómetro de temperatura máxima

A leitura do termómetro de temperatura máxima faz-se normalmente duas vezes por dia. O valor dado no termómetro de máxima deve ser igual ou superior ao de qualquer valor do termómetro seco indicado no momento da preparação anterior ou depois dela. Evitar erros de paralaxe.

Depois da leitura, o termómetro de máxima deve ser posto em estado de funcionar, tendo aquela sido efectuada às horas indicadas oficialmente. A operação designa-se por "preparação" e a finalidade é a de fazer com que o mercúrio passe em sentido contrário pelo estrangulamento, ficando a coluna contínua. Isto consegue-se, segurando firmemente o termómetro, envolvendo-o com a mão de modo a que o termómetro fique com o reservatório fora dos dedos, mas se estenda dentro do envólucro formado pelos dedos e se prolongue ao longo do braço. Levanta-se o braço estendido, acima da cabeça, e num movimento rápido, sacode-se o braço sempre estendido, até abaixo. Deve ter-se o cuidado de não deixar escapar o termómetro, e de evitar que este choque com qualquer obstáculo, incluindo o observador.

Depois de preparado, o termómetro de máxima deve indicar o mesmo valor que o termómetro seco. É colocado de novo no suporte, primeiro o depósito e inclina-se depois cuidadosamente o tubo, até a extremidade oposta assentar no suporte.

III - 8 - Termómetro de temperatura mínima

O tipo mais comum de termómetro de mínima é o termómetro de álcool. No interior do líquido existe um indicador de vidro escuro, muito leve e em forma de haltere. Este desloca-se livremente no interior do álcool, mas não emerge facilmente do líquido, devido à tensão superficial. A Fig.. III - 3 mostra o que se acaba de descrever. De salientar que, ao contrário do mercúrio, o álcool é um líquido que molha o vidro.

É o álcool o que leva no seu interior um índice de esmalte AB, que deixa passar o líquido livremente quando cresce a temperatura e é arrastado pelo menisco M, quando diminui

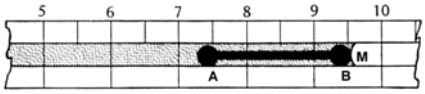


Figura III - 2 - Indicador do termómetro de temperatura mínima

Se o termómetro de mínima for inclinado de modo a que a extremidade do depósito fique para cima, o índice de vidro desliza ao longo do tubo, até que atinge o menisco. Ao atingir esse ponto pára, devido à resistência oferecida pela tensão superficial do menisco.

O termómetro de mínima é colocado no abrigo meteorológico numa posição próxima da horizontal, ficando ligeiramente inclinado com o depósito para baixo.

Quando a temperatura diminui, o álcool do depósito contrai-se e o indicador de vidro é arrastado pelo menisco em direcção ao depósito. Devido à posição do termómetro, o movimento do indicador em direcção ao depósito é ligeiramente auxiliado pela gravidade.

Quando a temperatura aumenta, o álcool dilata-se, mas não se exercendo qualquer força sobre o indicador de vidro, este mantém-se na mesma posição, enquanto o menisco se situará para além daquele.

Instalação dos termómetros extremos. Os dois instrumentos vão suspensos ligeiramente inclinados com o depósito para abaixo, por médio de sendos cordelinhos C e objectos D, a um marco bastidor MM. O contacto com os corpos sólidos é tão escasso que só influencia sobre os termómetros a temperatura do ar.

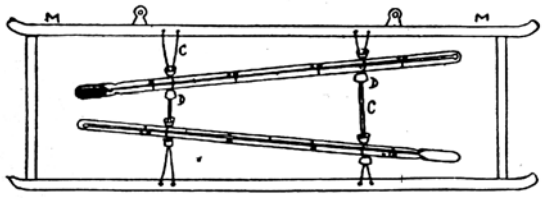


Figura III – 3 – Estrangulamento do tubo de um termómetro de temperatura máxima

III - 9 - Leitura e preparação do termómetro de temperatura mínima

A leitra do termómetro de mínima que, normalmente se faz duas vezes por dia, deve ser igual ou inferior à do termómetro seco, tal como no momento da preparação anterior ou depois disso.

O valor da leitura é indicado pela extremidade do índice de vidro mais afastada do depósito (que se indica pela letra A na figura III - 3). São de evitar os erros de paralaxe, devendo a linha recta que une a vista do observador ao ponto A, ser perpendicular ao tubo do termómetro.

Depois da leitura do termómetro de mínima, e desde que a hora oficialmente fixada deverá preparar-se o termómetro. Para o ajuste, inclina-se ligeiramente o termómetro, de modo a que o indicador deslize ao longo do tubo e entre em contacto com o menisco. A extremidade do índice mais afastada do depósito deve indicar a temperatura do ar nesse momento, isto é, deve coincidir com o valor indicado pelo termómetro seco.

Deve evitar-se o aquecimento do depósito, quer devido ao contacto com a mão do observador, quer à radiação solar, ou outras causas.

Ao repor um termómetro de mínima no abrigo meteorológico, inclina-se ligeiramente o instrumento com o depósito para cima, assentando primeiro a extremidade oposta ao depósito. Depois faz-se descer cuidadosamente o depósito, assegurando que o indicador não desliza na direcção daquele.

III - 10 - Termógrafo bimetálico

O termógrafo permite um registo contínuo da temperatura.

O funcionamento do instrumento baseia-se no facto de dois metais diferentes terem diferentes índices de contracção ou de expansão, no sentido do comprimento. As duas tiras de metal estão fortemente unidas pelas respectivas superfícies planas e encontram-se normalmente enroladas em espiral. A tira exterior (normalmente de iman) tem um índice de expansão muito menor do que o da tira interior (normalmente de latão). Devido à diferença de índices de expansão, um aumento de temperatura obriga a espiral a desenrolar-se. O movimento é ampliado por um sistema de alavancas simples, utilizando um longo braço provido de uma pena. Pode fazer-se a afinação rigorosa deste braço por meio de um dispositivo, de tal modo que o zero pode ser mudado, quando necessário.
A Fig.. III - 4 mostra as características principais do termógrafo:

A - Pena
B - Espiral bimetálica
C - Parafuso de regulação do "zero"
D - Alavanca de transmissão
E - Amplificação e fixação da pena
F - Vareta para afastar a pena
G - Cilindro com mecanismo de relojoaria
H - Protecção do órgão sensível
J - Frasco de tinta

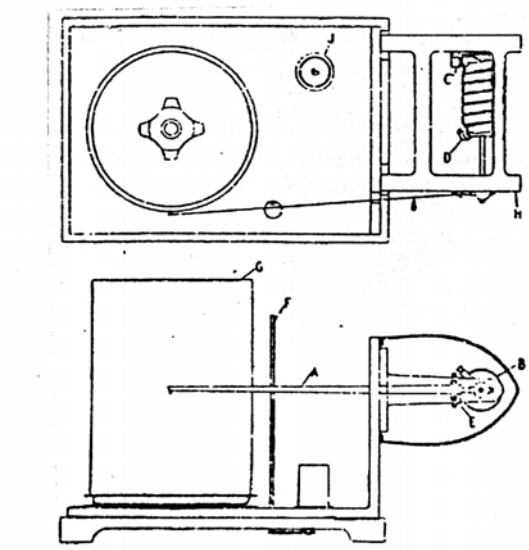


Figura III - 4 - Termógrafo bimetálico

III - 11 - Manutenção e afinação do termógrafo bimetálico

O termógrafo bimetálico é um instrumento de material robusto, que, sendo correctamente manuseado, não deve danificar-se. Não deve ser lubrificado, mas os suportes dos eixos devem ser limpos com um pouco de gasolina ou outro fluido de limpeza, quando necessário.

A pena está fixada de modo a que o aparo exerça sobre o gráfico a função mínima necessária. Deverá assim produzir-se um traço contínuo sobre o papel. Havendo necessidade, podem fazer-se afinações rodando ligeiramente o suporte da pena para assegurar um traço regular e uniforme.

Quando o gráfico está correctamente ajustado, não deve haver necessidade de afinação. No entanto, no caso de haver desvios até 1,5 °C a menos nos dois extremos da amplitude térmica do gráfico, pode-se afinar o parafuso de cabeça serrilhada, (Fig.. III - 4). Quando os afastamentos são maiores não deve aplicar-se este método. Deve haver o cuidado, depois de cada afinação, que a mola do regulador do zero esteja fortemente em contacto com a barra de

retenção.

Para afastamentos superiores a B-C terá que se desenroscar o parafuso que liga o braço da pena ao respectivo eixo; faz-se girar o braço em torno do eixo, até o aparo registar aproximadamente a temperatura correcta, apertando-se então o parafuso. Fez-se então uma afinação de precisão, utilizando o parafuso de cabeça serrilhada (B).

Todos os dias, deve fazer-se uma marca horária no gráfico. Para tal, toca-se levemente no braço da pena junto do suporte. Deve também anotar-se no registo a hora exacta com aproximação aos minutos, para entrada posterior no próprio registo.

III - 12 - Substituição do gráfico do termógrafo

O tambor com mecanismo de relojoaria está concebido para executar uma rotação completa num período ligeiramente superior a uma semana. O gráfico está impresso de forma a comportar um registo de sete dias. Para mudar o gráfico, deve proceder-se do seguinte modo:

a) Afastar a pena do gráfico por meio da vareta, F.
b) Anotar a hora, e abrir cuidadosamente a caixa do instrumento.
c) Retirar o tambor do eixo, soltar o "clip" e remover o gráfico preenchido.
d) Dar corda ao mecanismo de relojoaria e afinar o regulador, no caso de haver adiantamento ou atraso.
e) Pôr tinta no aparo, limpando-o primeiro no caso de o registo anterior apresentar um traço grosso ou com outras imperfeições. Havendo necessidade, substituir o aparo por um novo.
f) Colocar um novo gráfico, já preparado com os pormenores de identificação, no tambor. O gráfico deve ficar em contacto com o tambor em todos os pontos. A margem inferior deve tocar no rebordo da base do tambor, as linhas do gráfico devem coincidir nas duas extremidades, e a parte final deve sobrepôr-se à inicial (e não vice-versa).
g) Colocar o tambor no eixo. Pôr a ponta do aparo quase em contacto com o

gráfico, e fazer a afinação para a hora certa girando o tambor em sentido contrário ao dos ponteiros do relógio, quando visto de cima.

h) Fechar cuidadosamente a caixa do instrumento.

i) Com auxílio da vareta própria para afastar a pena, fazer com que a ponta do aparo entre em contacto com o gráfico.

j) Examinar o instrumento, a fim de verificar se o aparo começou a traçar convenientemente.

k) Completar no gráfico retirado os permonores de identificação, que incluem as horas de início e fim do registo e das marcas cronométricas.

III - 13 - Termógrafo de tubo de Bourdon

Este instrumento é, no seu aspecto geral, muito semelhante ao tipo bimetálico.

O seu elemento sensível à temperatura tem a forma de tubo de metal curvo de secção elíptica achatada e está cheio de álcool.

O tubo de Bourdon é menos sensível do que o elemento bimetálico, exigindo normalmente um dispositivo de amplificação por alavancas para indicar um valor de escala suficiente.

III - 14 - Termógrafo de mercúrio em envólucro metálico

Este instrumento utiliza um tubo de Bourdon para actuar sobre a pena registadora.

O termómetro propriamente dito está cheio de mercúrio a alta pressão e está ligado ao tubo de Bourdon por meio de tubos capilares de aço.

Este instrumento é muito útil para registos à distância, até cerca de 50 metros.

III - 15 - Termómetro de temperatura mínima de relva

Este instrumento é por vezes conhecido por termómetro de radiação terrestre. Indica a temperatura mínima do ar junto do solo, e fornece informações sobre geadas no solo, à noite.

Trata-se de um termómetro de mínima de álcool, semelhante ao termómetro de mínima vulgar, mas com revestimento. É exposto horizontalmente sobre relva curta, com o depósito quase em contacto com as folhas de relva, como se esquematiza na Fig.. III-5:

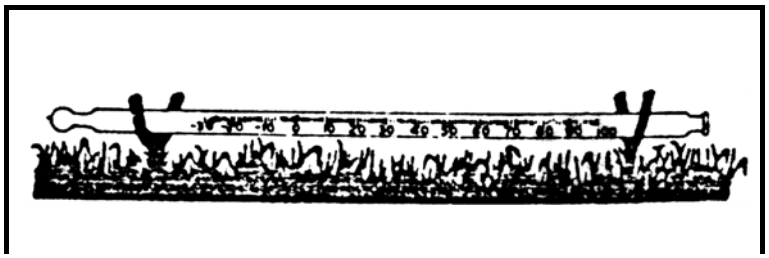


Figura III – 5 – Termómetro de temperatura mínima na relva

Podem aparecer bolhas na coluna de álcool, geralmente quando se verificam condições de frio intenso ou quando o termómetro esteve exposto ao Sol. A fim de evitar a condensação do álcool, é aconselhável não deixar o termómetro exposto durante o dia. Assim, e depois de fazer
a leitura de manhã, deve colocar-se no abrigo, e voltar a colocá-lo na relva ao fim da tarde, depois de preparado. Nessa altura, o valor indicado deve ser igual ao do termómetro do abrigo.

Pode também evitar-se ou atenuar a condensação, protegendo a parte superior do tubo com um revestimento de metal preto com cerca de 5 cm de comprimento. Absorvendo a radiação, este revestimento mantém essa parte do tubo a uma temperatura ligeiramente superior à do depósito.

III - 16 - Temperatura do solo

A temperatura do solo é determinada, a profundidades diferentes, por meio de

termómetros enterrados a profundidade desejada.

Existem dois padrões de exposição:

a) no interior do solo descoberto;

b) sob uma camada de relva curta.

Para efeitos de comparação sempre que possível, devem utilizar-se ambos os padrões.

As profundidades padrão, para determinações da temperatura do solo são 5, 10, 20, 50 e 100 cm abaixo da superfície, podendo incluir-se profundidades adicionais. Quando o solo está aberto de neve, é aconselhável determinar a temperatura desta abertura, também.

Nas estações agrometeorológicas é aconselhável fazer-se um registo contínuo das temperaturas do solo e do ar a níveis diferentes na camada adjacente ao solo. Estes níveis situam-se entre o solo e cerca de 10 m acima do limite superior da vegetação predominante.

Para local destinado aos termómetros, deve escolher-se um em que o solo seja representativo das condições locais. Deve depois indicar-se o tipo de solo, a respectiva cobertura, além do grau e direcção da inclinação do terreno.

III - 17 - Termómetros de profundidade, no solo

Para as determinações da temperatura do solo, utiliza-se, geralmente, termómetros de mercúrio em vidro. Para profundidades de 5,10 e 20 cm, do termómetro mais convenientes são de tubo dobrado em ângulo recto e noutro ângulo aprofundado, tendo as escalas voltadas para cima, o que permite a sua leitura, sem necessidade de se lhes tocar.

Podem ocorrer erros pequenos, embora apreciáveis, se a parte exposta do tubo estiver ao Sol. A Fig.. III - 6 mostra um termómetro de profundidade de tubo dobrado.

Para grandes profundidades (50 e 100 cm) são recomendados termómetros suspensos em tubos de ferro, enterrados à profundidade desejada. Estes termómetros devem estar encerrados em tubos de vidro, e os seus depósitos revestidos de cera, como se mostra na Fig.. III - 7.

Tubo de acera acabado em ponta

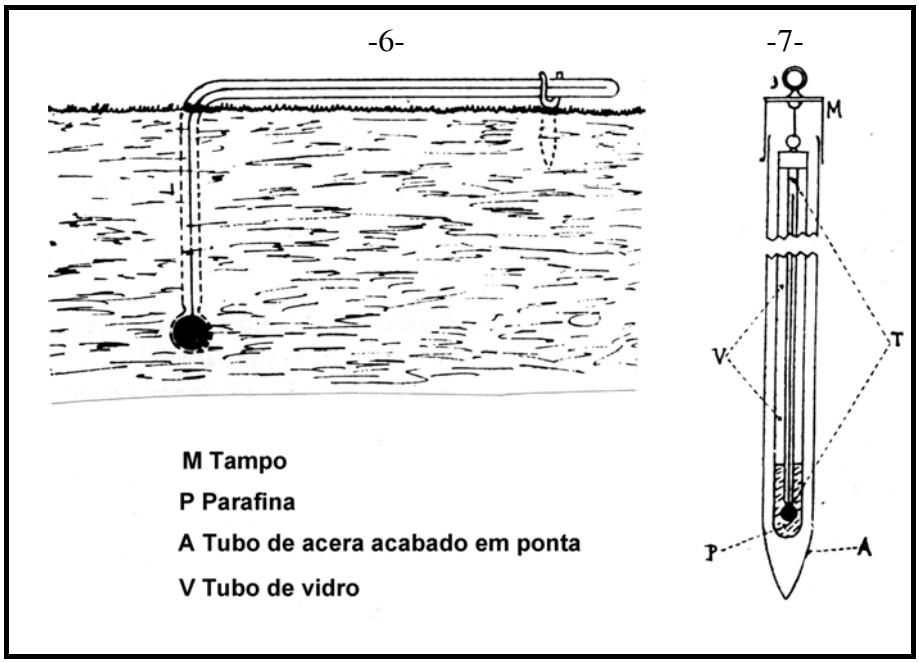


Figura III - 6 - Termómetro de profundidade de tubo dobrado
Figura III - 7 - Termómetro de profundidade com protecção metálica.

O espesso revestimento permite retirar os instrumentos dos tubos, e fazer a leitura antes de haver tempo para variações apreciáveis da temperatura.

Atendendo a que as variações da temperatura do solo em profundidade são lentas, a perda de sensibilidade não conduz a imprecisões na sua determinação.

Evita-se a acumulação de água nos tubos de ferro adaptando pequenas tampas de metal aos mesmos, aos quais se prendem as correntes que seguram os termómetros.

Para a determinação das temperaturas do solo podem também utilizar-se termómetros eléctricos, incluindo os de indicação à distância.

III - 18 - Instalação dos termómetros de profundidade

Os termómetros de tubo dobrado são muito frágeis, e devem ser manejados com muito cuidado. Na sua instalação deve prestar-se atenção ao seguinte:

a) a curvatura em ângulo recto não deve ficar sujeita a qualquer tensão, tratando-se do ponto fraco do termómetro

b) o solo deve ser remexido o mínimo possível, de modo a que as leituras possam representar, com o máximo de aproximação, as condições do solo intacto imediatamente adjacente.

Nas estações agrometeorológicas deve instalar-se um conjunto de termómetros em solo descoberto e outro em solo coberto de relva curta.

Para fazer as perfurações usa-se uma barra de ferro com o mesmo diâmetro dos depósitos dos termómetros. Numa ocasião em que o solo esteja húmido e firme, faz-se a perfuração até uma profundidade ligeiramente superior à necessária, introduzindo uma pequena amostra do solo. Ao introduzir-se o termómetro, o depósito deve assentar nessa amostra de solo, quando a parte horizontal graduada do tubo estiver em contacto com o terreno. Não se deverão verificar interrupções no filamento de mercúrio.

Os orifícios são preenchidos com solo peneirado, comprimindo-o com um pedaço fino de madeira; o solo adjacente deve ser remexido o menos possível.

Para o caso de termómetros instalados em tubos de ferro deve fazer-se primeiro uma

perfuração experimental com um trado. Pode então introduzir-se o tubo sem necessidade de martelar excessivamente. Para amortecer as pancadas deve colocar-se um bloco de madeira sobre o tubo. Este deve ficar em posição vertical.

III - 19 - Leitura dos termómetros de profundidade

Os termómetros de profundidade de tubo dobrado não estão montados em suportes, nem têm revestimento protector, sendo a leitura feita sem os tirar da posição em que se encontram. A leitura é feita até ao décimo de grau.

Com o tempo seco, e especialmente no solo argiloso, geram-se fendas no solo. Pode acontecer que a secção vertical de um termómetro fique situada numa fenda. No sentido de atrasar a formação de fendas, e quando se aproxima o tempo quente e seco, passa-se levemente com um ancinho sobre a superfície do solo. Este tratamento, pode fazer-se em qualquer momento depois da chuva, quando o solo está praticamente seco e em boas condições, e executando-o com o mínimo de agitação do solo.

Sempre que há secas prolongadas, nada há a fazer, devendo aceitar-se os valores indicados e anotar a existência de fendas, quer na coluna de registo destinada a observações, quer no registo mensal próprio.

No caso de termómetros de profundidade suspensos em tubos de ferro, que estão encerrados em tubos de vidro, os mesmos devem ser elevados até à superfície, e até ao nível da vista quando se procede à sua leitura, para evitar erros de paralaxe. A leitura que é feita até aos décimos de grau, deve ser feita o mais rapidamente possível, e protegendo o instrumento dos raios solares.

As diversas determinações da temperatura de que temos vindo a tratar, indicam os efeitos directos ou indirectos da absorção de energia solar. A energia que atinge a atmosfera produz diferenças de temperatura que afectam a densidade do ar. A pressão atmosférica varia quando

ocorrem alterações no peso do ar por unidade de superfície. Ocupar-nos-emos da pressão atmosférica no próximo capítulo.

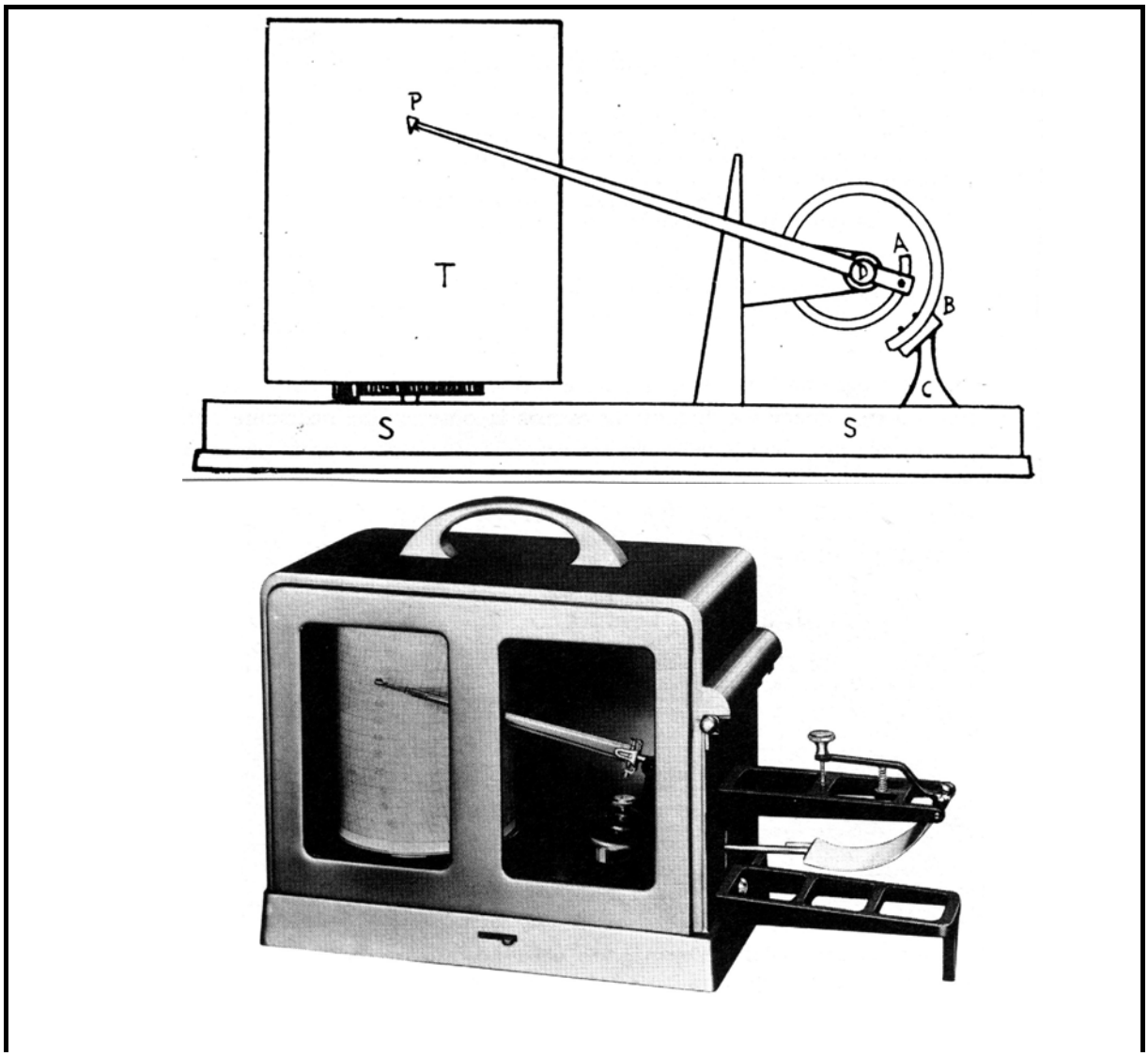


Figura III - 8 - Esquema do termógrafo
Orgão sensível AB esta sujeito no B ao suporte e empurra pelo seu extremo A a alavanca DP; T = tambor giratório; SS = suporte.

CAPÍTULO IV - MEDIÇÃO DA PRESSÃO ATMOSFÉRICA

A pressão atmosférica sobre uma dada superfície é a força por unidade de superfície exercida devido ao peso do ar. É, portanto, igual ao peso de uma coluna vertical de ar que tem por base a unidade de superfície e se estende, em altura, até ao limite superior da atmosfera.

Em Meteorologia, a pressão atmosférica mede-se geralmente com barómetros de mercúrio e barómetros aneróides. Considera-se de seguida, a maneira de utilizar estes instrumentos para medir a precisão atmosférica junto à superfície do Globo.

IV - 1 - Unidades de pressão atmosférica

Junto à superfície do Globo a pressão atmosférica é aproximadamente 1 bar:

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ N/m}^2 \qquad 1 \text{ Pa} = 1 \text{ N m}^{-2}$$

Durante o dia ocorrem pequenas variações, pelo que se utiliza uma unidade menor, que é o milibar. Todas as escalas de barómetros devem ser graduadas em milibares.

$$1 \text{ milibar} = 10^{-3} \text{ bar}$$

Muitos barómetros estão graduados em milibares ou em polegadas de mercúrio em condições normais, sempre que se torne implicito que se tratam de condições normais, podem utilizar-se, abreviadamente, as expressões "milimetro de mercúrio" ou "polegada de mercúrio" para as unidades referidas.

Em condições normais, uma coluna de mercúrio com altura real de 760 mm exerce uma pressão de 1013,250 hPa. São, então, os seguintes os factores de conversão:

a) 1 hPa = 0,750062 mm Hg em condições normais $(mm\ Hg)_n$

b) 1 $(mm\ Hg)_n$ = 1,333224 hPa

Atendendo a que 1 polegada = 25,4mm, aplicam-se também os seguintes factores de conversão:

a) 1 hPa = 0,02953 polegada de Hg em condições normais, $(in\ Hg)_n$

b) 1 $(in\ Hg)_n$ = 33,8639 hPa

c) 1 $(mm\ Hg)_n$ = 0,03937008 $(in\ Hg)_n$

IV - 2 - Barómetros de mercúrio

O princípio fundamental do barómetro de mercúrio é o da pressão atmosférica ser contrabalançada pelo peso de uma coluna de mercúrio. O comprimento da coluna de mercúrio mede-se numa escala graduada em unidades de pressão.

Os dois tipos mais vulgares de barómetros de mercúrio são:

a) o barómetro de tina fixa
(barómetro padrão do tipo Kew)

b) o barómetro de Fortin.

A altura a medir é a distância entre a extremidade superior da coluna de mercúrio e a superfície de mercúrio contido na tina.

Qualquer mudança de altura da coluna de mercúrio é acompanhada de uma mudança de nível do mercúrio da tina. Isto pode ser levado em conta do seguinte modo:

a) No barómetro padrão do tipo Kew, a escala gravada do barómetro contraí-se , compensando as mudanças de nível do mercúrio da tina.

As características essenciais do barómetro padrão de Kew mostram-se na Fig.. IV -1.

b) O barómetro de Fortin, o nível do mercúrio da tina pode ser ajustado de forma a entrar em contacto com um ponteiro de marfim. A extremidade deste ponteiro fica no zero da escala do barómetro:

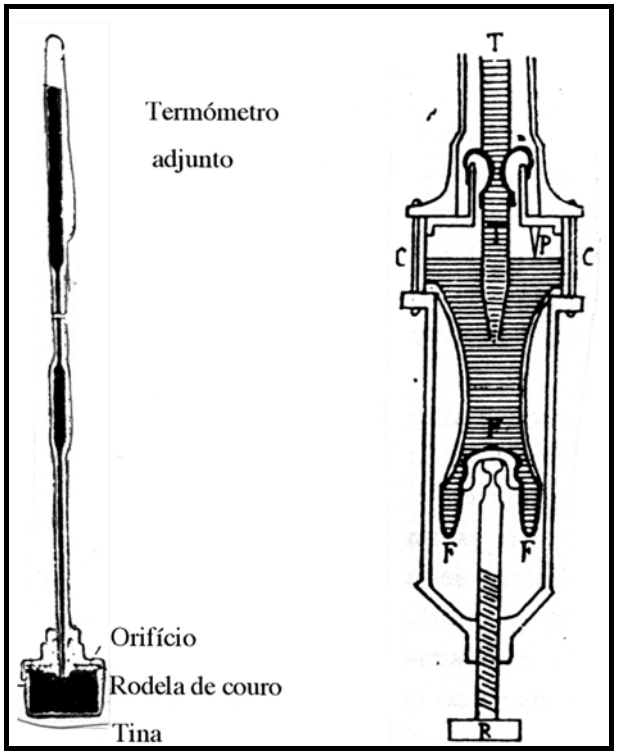


Figura IV - 1 - Barómetro padrão do Kew

Figura IV - 2 - Ajustamento do tipo no barómetro de Fortin *

Tina de fundo variável
TT = Tubo barométrico
P = Ponta de marfim
FFF = Fundo da Tina, de gamuza
R = Parafuso regulador

* Introduzindo mais ou menos o parafuso R, o fundo flexível da Tina sobe e desce, com o que varia o nível do mercúrio. Nivela-se quando a ponta P toca exactamente a sua imagem reflectida sobre a superfície do Hg; a posição CC da armadura da Tina é de vidro

IV - 3 - Condições normais

A altura da coluna de mercúrio de um barómetro depende de outros factores, além da pressão atmosférica, sendo particularmente importantes a temperatura e a aceleração da

gravidade.

Há portanto que especificar as "condições normais" para determinar o valor real da pressão.

A temperatura normal a que se reduzem os valores da leitura do termómetro de mercúrio é $0^{\circ}C$. Assim, a densidade real do mercúrio à temperatura observada relaciona-se com a densidade padrão do mercúrio a 0° C, que é considerada igual a 13595,1 Kg/m^3.

O valor de aceleração local da gravidade deve ser reduzida ao valor dessa aceleração, g_n, que é uma constante convencional de valor

$$g_n = 9.80665 \text{ m/s}^2$$

IV - 4 - Escalas barométricas

As escalas dos barómetros de mercúrio devem ser graduadas de tal modo que forneçam directamente valores reais da pressão em unidades padrão e em condições normais, o que se verificaria se todo o instrumento fosse mantido à temperatura normal de $0^{\circ}C$, com o valor da aceleração normal da gravidade de 9.80665 m/s^2.

IV - 5 - Correcção das leituras da pressão às condições normais

Para que se possam comparar os valores de leituras de barómetros de mercúrio feitas a

horas diferentes e em locais diferentes, é necessário proceder às seguintes correcções:

a) correcção do erro instrumental

b) correcção da gravidade

c) correcção da temperatura.

No caso de qualquer barómetro utilizado numa posição fixa, estas correcções podem facilmente estar combinadas numa tabela única. Feita a leitura da temperatura do termómetro adjunto, as correcções combinadas a), b) e c) podem obter-se.

Esta prática tem o conveniente de forçar a elaboração de tantas tabelas quantos os barómetros que uma estação use ao longo do seu funcionamento.

IV - 6 - Exposição dos barómetros

A localização do barómetro numa estação deve ser escolhida com grande cuidado. As principais características que o local de exposição deve ter são:

- boa iluminação
- temperatura uniforme
- colocação sólida na posição vertical
- protecção contra descuidos de manejo.

IV - 7 - Leitura dos barómetros de mercúrio

A leitura de um barómetro de mercúrio do tipo Kew deve fazer-se do seguinte modo:

a) Proceder à leitura do termómetro adjunto. Esta leitura deve ser feita o mais rapidamente possível, uma vez que a temperatura do termómetro pode subir devido à presença do observador.

b) Bater levemente, duas ou três vezes, no instrumento com as pontas dos dedos, o que estabiliza a superfície do mercúrio.

c) Iluminar o papel ou painel branco, situado por detrás do instrumento, se a iluminação natural não for suficiente.

d) Ajustar a escala do nónio.

Ao lado do barómetro há um parafuso de cabeça serrilhada que faz deslocar uma

pequena escala móvel - o nónio. Fazendo girar levemente o parafuso pode elevar-se ou baixar o nónio. Os bordos inferiores anterior e posterior do cilindro devem ser alinhados com o máximo de curvatura do menisco da coluna de mercúrio. Quando o alinhamento é correcto deve ver-se luz através de cada um dos lados do menisco, mas não acima da convexidade. Deverão evitar-se os erros de paralaxe.

e) Proceder à leitura da escala.

1) Anotar em primeiro lugar o valor da divisão da escala coincidente com a base do nónio ou que se encontra imediatamente abaixo.

Nos nónios é costume aparecer uma escala fixa que está graduada em milibares. Em alguns instrumentos omite-se o zero final de cada número da escala. Assim 101 indica 1010 hPa.

Observa-se que a graduação imediatamente inferior ao zero do nónio é 1012 hPa.

2) Em seguida, procura-se no nónio, uma divisão que coincida com uma das divisões da escala fixa (principal). Neste caso (ver figura IV - 3) é a divisão 7. O valor da leitura é 0.7 hPa superior a 1012 hPa.

3) Juntar os valores de leitura 1) e 2): o valor real é 1012,7 hPa.

No barómetro de Fortin existe um índice de regulação, cónico ou em forma de cutelo, acima do mercúrio da tina. Este índice está representado na Fig.. Iv - 2 e designa-se por índice de referência.

Feita a leitura do termómetro adjunto (e antes da leitura da escala do barómetro), leva-se o mercúrio a coincidir exactamente com o nível de referência, rodando o parafuso de cabeça serrilhada que se encontra na base da tina. Esta operação é facilitada se as condições de iluminação forem tais que se veja claramente a imagem do nível de referência reflectida na superfície do mercúrio.

É depois necessário corrigir o valor obtido para condições normais. O valor corrigido representa a pressão à altitude do ponto zero do barómetro.

IV - 8 - Barómetro aneróide

Embora o funcionamento dos barómetros aneróides seja de menor precisão, estes instrumentos têm sobre os de mercúrio a grande vantagem de serem portáteis e compactos. Por estes factos são convenientes para utilização no mar ou no campo.

As partes essenciais de um barómetro aneróide são:

a) uma cápsula metálica, estanque, onde foi criado o vácuo total ou parcialmente

b) um forte sistema de molas que evita que as paredes da cápsula se unam devido à pressão atmosférica externa.

Existe em cada momento um equilíbrio entre a força exercida pela mola e a força exercida pela pressão exterior. A cápsula aneróide é constituída por materiais- aço ou uma liga de cobre e berílio - com características de elasticidade tais, que a própria cápsula funcione como uma mola.

Os barómetros aneróides devem ser calibrados por comparação com os barómetros de mercúrio.

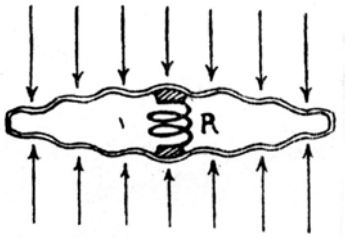
IV - 9 - Leitura dos barómetros aneróides

A leitura deve ser feita com o instrumento na mesma posição (vertical ou horizontal) em que se encontrava quando foi calibrado. Sempre que possível, deve ser feita até ao décimo de milibar.

Em geral, o barómetro aneróide deve estar regulado para indicar a pressão existente ao

nível do instrumento. No entanto, a bordo de navios ou em estações situadas em terras baixas, o instrumento pode estar regulado para indicar a pressão ao nível médio das águas do mar.

As leituras devem ser corrigidas em relação a erros do instrumento. Presume-se normalmente que este está suficientemente computado em relação à temperatura. Quanto à gravidade não é necessária qualquer correcção.



A pressão atmosférica, representada pelas setas, tende a pressionar a cápsula, entanto que o mola R tende a contrair-se. Quando a pressão aumenta a mola encolhe-se, em quanto que se diminui, distende-se.

Figura IV – 3– Corte de uma cápsula barométrica

IV - 10 - Barógrafo aneróide

O barógrafo é um instrumento que fornece um registo contínuo da pressão atmosférica.

O elemento sensível é, normalmente, um conjunto de cápsulas aneróides em que se produz o vácuo e que se expandem com a diminuição da pressão atmosfera e se contraem quando esta aumenta. As paredes da cápsula são mantidas afastadas por meio de uma mola.

O movimento resultante das cápsulas é muito amplificado por um sistema de alavancas que desloca um aparo sobre um gráfico colocado num tambor rotativo.

As características essenciais do barógrafo aneróide mostram-se na Fig.. IV - 4.

SS - Suporte
B - Cápsula barométrica
R - Mola
PPPP - Jogo de alavancas
G - Cadeado
T - Pinhão
V - Índice

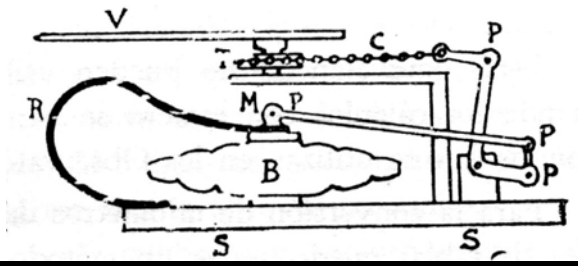


Figura IV – 4– Barógrafo aneróide

A - Pena
B - Cápsula aneróides
C - Parafuso de acerto do zero
D - Alavanca amplificadora
E - Fixação da pena
F - Vareta para afastar a pena
G - |
H - &Alavancas de transmissão
J - |
K - Cilindro com sistema de relojoaria

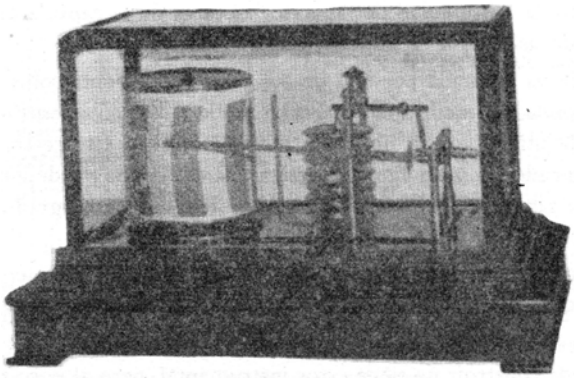


Figura IV – 5 – Barógrafo aneróide

V - Pena
S - Suporte
C - Parafuso de acerto do zero
PPP - Alavanca amplificadora
E - Fixação da pena
B - Vareta da cápsula barométrica
RR - Braço porta pena
H - Alavancas de transmissão
T - Tambor
E - Cilindro com sistema de relojoaria

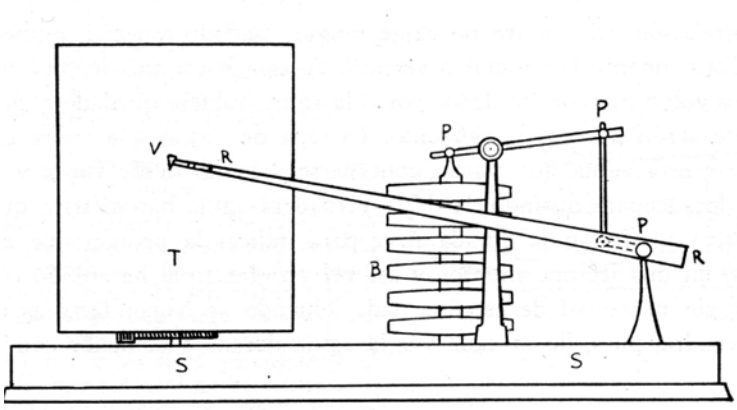


Figura IV – 6 – Esquema do Barógrafo

Quando o barógrafo está convenientemente compensado em relação à temperatura, e não tem defeitos mecânicos, o registo apresenta as variações da pressão atmosférica ao nível da estação.

Deve proceder-se a um ajustamento, fazendo primeiro a leitura de um barómetro padrão de mercúrio e corrigindo a leitura para condições normais. O barógrafo indicará então a pressão ao nível da estação.

IV - 11 - Manutenção e afinação dos barógrafos aneróides

A manutenção e a afinação dos barógrafos são semelhante às que foram descritas para os termógrafos (ver III - 11). As afinações rudimentares fazem-se desaparafusando o parafuso que liga a pena ao respectivo eixo. Ao de precisão fazem-se por meio do parafuso C -- Fig.. IV - 4.

Os gráficos são colocados como se descrevem em II - 6. Tal como para os termógrafos, todos os dias se deve fazer uma marca horária no gráfico.

IV - 12 - Substituição dos gráficos.

Faz-se de modo semelhante ao descrito para os termógrafos. Devem anotar-se os valores da pressão à hora da colocação e remoção do gráfico.

IV - 13 - Variação barométrica

Nas Estações onde se fazem observações de 3 em 3 horas, há dois métodos para determinar a variação da pressão na estação:

a) a variação pode ser indicada pelo barógrafo

b) a variação pode ser determinada a partir dos registos apropriados do

barómetro de mercúrio, com os valores corrigidos para o nível da estação (H_p), ou seja, recorrendo a pressões na estação.

Sempre que existe um barógrafo de alta qualidade, utiliza-se o método a).

IV - 14 - Redução da pressão aos níveis padrão

Para que se possam comparar as pressões de estações diferentes, é necessário que os respectivos valores se encontrem referidos ao mesmo nível. Na maior parte dos países, a pressão atmosférica observada é reduzida ao nível médio do mar.

Para as estações que não estão situadas ao nível médio do mar, é necessário considerar uma coluna de ar imaginária que tem por base a unidade de superfície, e se estende desde o ponto zero do barómetro até ao nível médio do mar. O aumento de pressão devido a esta coluna imaginária depende de:

a) Altura da coluna de ar. Esta é igual à altitude (H_Z) do ponto zero do barómetro acima do nível do mar.

b) Valor médio da aceleração da gravidade na coluna.

c) Densidade do ar na coluna. Esta, depende da temperatura média do ar na coluna e do respectivo conteúdo de vapor de água.

É difícil calcular a densidade provável do ar da coluna imaginária. Podem fazer-se suposições relativas à temperatura média e ao conteúdo de vapor de água do ar.

Quando as pressões estão reduzidas ao mesmo nível padrão, é possível comparar os respectivos valores. As diferenças de pressão conduzem à circulação atmosférica, e esta a evoluções do estado do tempo. Quando se pretende prever estas evoluções, é necessário

medir o conteúdo da humidade do ar.

TT - Tabuleiro vertical
S - Suporte
A - Anel de suspensão
V - Bainha de protecção
VV´ - Janela
I - Índice
R -Parafuso do índice
T´T´ - Termómetro unido
C - Tina
A´A´ - Anel de segurança
R´ - Parafuso da Tina
P - Ecran iluminado

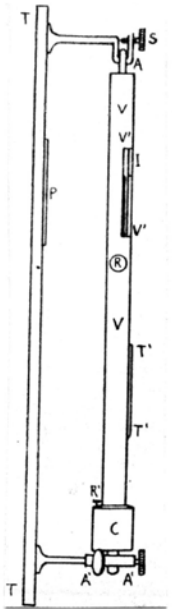


Figura IV – 7 – Barómetro

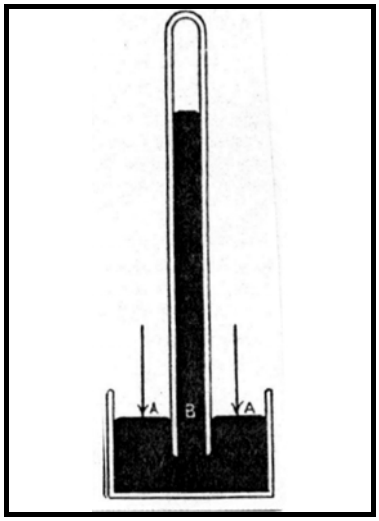


Figura IV – 8 – Experiência de Torricelli

CAPÍTULO V - MEDIÇÃO DA HUMIDADE ATMOSFÉRICA

Ar constituído por uma mistura de ar seco e de vapor de água, diz-se ar húmido.

Uma amostra de ar recolhida junto à superfície do Globo contém sempre uma certa quantidade de vapor de água, geralmente inferior à necessária para que o ar fique saturado. Em algumas regiões esta quantidade é tão pequena, que é difícil medi-la por processos simples.

Descrevem-se a seguir não só alguns dos instrumentos utilizados na medição da quantidade de vapor de água contido no ar, mas também alguns métodos e técnicas de observação utilizados para calcular a humidade atmosférica.

V - 1 - Definições e unidades

Humidade relativa é a razão entre a massa real de vapor de água contida na unidade de volume de ar e a massa de vapor que seria necessária para que este volume de ar ficasse saturado à mesma temperatura. Expressa-se vulgarmente sob a forma de percentagem.

Para ar não saturado, a humidade relativa é também aproximadamente igual à razão entre a tensão real de vapor de água no ar, e a tensão de vapor de saturação à mesma temperatura. A tensão do vapor mede-se em milibar.

A temperatura do ar é a indicada pelo termómetro seco, pelo que

$$H.R\ (\%) = \frac{\text{tensão real do vapor de água à temperatura do termómetro seco}}{\text{tensão do vapor de saturação à temperatura do termómetro seco}} \times 100 \qquad (V - 1)$$

A tensão do vapor de saturação diminui quando a temperatura desce, pelo que a quantidade de vapor de água necessária para a saturação é menor.

Admitindo que a pressão é constante, se a massa de vapor de água presente no ar for constante, a uma temperatura inferior à presente acabará por ser suficiente para saturar o ar. Esta temperatura designa-se por ponto de orvalho.

Acabamos de ver, que a tensão do vapor de saturação no ponto de orvalho é, igual à tensão real do vapor à temperatura inicial do termómetro seco pelo que para observação do valor da HR (%) pela seguinte fórmula:

$$H.R\ (\%) = \frac{\text{tensão do vapor de saturação no ponto de orvalho}}{\text{tensão do vapor de saturação à temperatura do termómetro seco}} \times 100 \qquad (V - 2)$$

V - 2 - Instrumentos de medida da humidade atmosférica à superfície

Higrómetros - são instrumentos utilizados na medição da humidade ou conteúdo de vapor de água da atmosfera.

Para a medição da humidade do ar junto à superfície do Globo há dois tipos principais de instrumentos:

a) higrómetros compostos por um termómetro seco e um termómetro molhado
b) higrómetros de cabelo.

Os primeiros (a)) são também conhecidos por psicrómetros, havendo dois tipos a considerar:

i) os psicrómetros para abrigo meteorológico fixo
ii) os psicrómetros de "aspiração"

V - 3 - Ventilação dos psicrómetros e tabelas psicrométricas

O princípio de funcionamento do psicrómetro para determinar a humidade do ar, baseia-se no facto de a evaporação provocar descida de temperatura.

O termómetro seco é um termómetro sensível, vulgar, que indica a temperatura real do ar no momento da observação.

O termómetro molhado é semelhante ao termómetro seco, mas o seu bolbo é conservado permanentemente húmido por meio de um invólucro de musselina ligado a uma torcida que mergulha num reservatório que contém água pura.

Quanto mais seco estiver o ar, mais rápida será a evaporação da água do termómetro molhado. Aumenta assim o efeito de arrefecimento, que se traduz por uma maior diferença entre as temperaturas indicadas pelos termómetros seco e molhado.

Contudo, esta diferença depende também da ventilação a que está sujeita a musselina atrás referida, além de, obviamente, depender da H. R. do ar.

Assim, é necessário conhecer a velocidade a que o ar passa pelo termómetro molhado, havendo tabelas de cálculo elaboradas em função da velocidade do vento.

V - 4 - Psicrómetro simples, sem ventilação artificial

Os termómetros seco e molhado são colocados verticalmente num suporte. A Fig.. V - 1

mostra um psicrómetro para abrigo meteorológico fixo. É aconselhável manter o reservatório de água destilada ao lado do termómetro, com a boca ao mesmo nível ou ligeiramente abaixo da parte superior do depósito do termómetro.

Quando o reservatório de água não é provido de um pequeno gargalo, será conveniente colocar-lhe uma tampa provida de um orifício para a passagem da torcida. Evita-se assim que a evaporação da água humedeça o ar junto ao termómetro.

Deverá evitar-se que o comprimento da musselina seja tal que, em tempo seco, permita que esta seque. Além disso tanto a musselina como a torcida deverão estar isentas de gordura.

A musselina, que deve estar bem esticada, deve ajustar-se ao bolbo do termómetro por meio de um fio que se ata ao nível da junção do bolbo com o tubo do termómetro.

A substituição da musselina deve fazer-se a intervalos regulares atendendo a que poeiras e sais dissolvidos na água tendem a depositar-se nela, obstruindo assim o fluxo de água, o que conduz a leituras erradas, mesmo do fim de poucos dias.

A água a utilizar no reservatório deverá ser, ou água destilada ou água da chuva. Nunca se deverá utilizar água do mar.

V - 5 - Leitura do psicrómetro simples

A leitura deverá ser feita até ao décimo de grau, evitando cometer erros de paralaxe.

A substituição da musselina e torcida deve efectuar-se imediatamente depois de uma leitura ou bastante tempo antes de se proceder a nova leitura quando uma ou outra forem descidas. O intervalo de tempo necessário será tanto maior quanto maior for a diferença de temperatura da água e a temperatura ambiente. Garante-se assim que o termómetro molhado indique a temperatura correcta.

A leitura dos dois termómetros deve fazer-se simultaneamente, tanto quanto possível.

Se a temperatura desce abaixo da do ponto de orvalho, então o equilíbrio dá-se entre o gelo e vapor de água, ou seja, trata-se da sublimação do gelo (curva de equilíbrio gelo-vapor de água).

V - 6 - Normas especiais para a leitura do psicrómetro simples em climas frios

Em regiões de climas frios há que prestar especial atenção durante geadas ou em ocasiões em que a temperatura do termómetro molhado seja inferior ao ponto de orvalho. A congelação da água na torcida ou no tecido pode impedir a humidade de atingir o depósito do termómetro. Para uma leitura correcta, o depósito deve estar coberto por uma película de gelo, a partir da qual se realiza a evaporação, tal como acontece a partir de uma superfície da água.

Molha-se a musselina com água à temperatura de congelação, pelo menos 15 minutos antes da observação, utilizando uma escova de pelo de camelo ou uma pena.

Quando a musselina está humedecida, a temperatura do termómetro molhado mantém-se no ponto de congelação, 0 ^{0}C, até toda a água se converter em gelo, descendo depois, gradualmente até ao valor do termómetro molhado. A leitura só deverá ser feita depois da temperatura estacionar.

A água a utilizar deverá retirar-se de gelo em fusão, necessitando-se de uma quantidade muito pequena. Caso contrário levaria muito tempo a congelar e a atingir-se a temperatura real de evaporação.

V - 7 - Psicrómetros com ventilação artificial

Os valores da humidade obtidos em psicrómetros expostos em abrigo padrão estão sujeitos a imprecisões, devido às variações de velocidade do ar que passa pelo depósito do

termómetro. Desprezam-se em geral, para efeitos de climatologia ou de meteorologia sinóptica vulgares. Quando há necessidade de valores mais rigorosos, ventila-se o psicrómetro a uma velocidade controlada. Tal psicrómetro diz-se "de aspiração".

Um dos sistemas de aspiração consiste numa ventoinha accionada por um motor eléctrico ou por um mecanismo de relojoaria. Fazendo girar os termómetros a uma velocidade controlada pode também conseguir-se a aspiração.

Podem citar-se os seguintes tipos de psicrómetro de aspiração:

a) psicrómetro de Assman
b) psicrómetro de abrigo ventilado
c) psicrómetro de funda.

a) O psicrómetro de Assman é ventilado por um mecanismo de relojoaria. É constituído por um tubo que se prolonga por duas tubuladuras, no interior do qual se encontram dois termómetros do tipo Assman.

A ventoinha é accionada por um potente mecanismo de relojoaria que obriga uma corrente de ar a passar pelo tubo, onde se encontram os termómetros presos por fricção. Os depósitos dos termómetros estão rodeados por uma protecção contra radiação, altamente polida e de parede dupla, que pode ser retirada quando é necessário humedecer o depósito do termómetro molhado.

O mecanismo de relojoaria de cada vez dura 10 minutos aproximadamente.

b) No caso do psicrómetro de aspiração para abrigo, a aspiração consegue-se por uma ventoinha accionada por um motor eléctrico ou por um mecanismo de relojoaria.

c) No psicrómetro de funda, os termómetros estão montados paralelamente numa armação de metal com uma pega que permite executar o movimento giratório. Um dos termómetros têm um revestimento constituído por um pedaço de tubo de tecido de algodão que pode ser humedecido. Estes psicrómetros não estão suficientemente protegidos da radiação solar directa, devendo ser utilizados em local abrigado desta. Isto ainda deverá

suceder sempre que haja precipitação, que ao atingir o termómetro seco contribuirá para uma leitura errado.

V - 8 - Normas de observação aplicáveis aos psicrómetros de ventilação artificial

As observações feitas com o psicrómetro de Assman devem ter lugar ao ar livre. O instrumento deve estar suspenso de uma argola ou gancho ligado a um poste fino, ou seguro com a mão a todo o comprimento do braço, com as entradas de ar ligeiramente inclinadas na direcção do vento. Sempre que os ventos são fortes, deve utilizar-se a protecção da ventoinha da ventilação que acompanha o aparelho.

Entre leituras, deverá manter-se o instrumento em sala não aquecida, protegida da precipitação e da radiação forte.

Procedimento para utilização do psicrómetro de Assman:

a) Humedecer o termómetro molhado

b) Accionar o mecanismo de relojoaria (ou motor-eléctrico)

c) Esperar até que o termómetro molhado estacione (cerca de 2-3 minutos)

d) Proceder à leitura do termómetro seco

e) Proceder à leitura do termómetro molhado

f) Confirmar a leitura do termómetro seco. Deve evitar-se que a presença do observador influencie os valores das leituras dos termómetros.

De igual modo se procede com os psicrómetros para abrigo meteorológico fixo.No caso do psicrómetro de funda, o termómetro molhado deve ser humedecido antes do começo da observação. A rotação é feita com o psicrómetro em frente do observador, do lado do vento e à sombra. Devido à rotação, o efeito da radiação fica atenuado, mas pode ser acentuado ao proceder-se à leitura.

A fim de se obter a velocidade desejada de, pelo menos, 2.5 m/s do ar que passa pelos termómetros, um psicrómetro de 30 cm de comprimento deve ser girado à velocidade de cerca de 4 rotações/s.

A velocidade com que o depósito do termómetro corta o ar não é necessariamente igual à velocidade real da ventilação do termómetro.

A rotação deve terminar gradualmente e a leitura deve ser feita com a maior rapidez, após cerca de 2 minutos de rotação.

Repete-se depois o processo. Se as leituras não forem idênticas, repete-se a rotação até haver duas leituras consecutivas igual. Evitar respirar sobre os termómetros ao efectuar a leitura.

V - 9 - Causas de erro em psicrometria

As principais causas de erro verificadas na utilização de psicrómetros são:

a) erros instrumentais
b) erros devidos à ventilação
c) erros devidos à espessa cobertura de gelo sobre o termómetro molhado
d) erros devidos à existência de sujidade na musselina ou de impurezas na água.

Se forem conhecidos os erros instrumentais em relação à amplitude térmica real, podem fazer-se as correcções às leituras antes de se utilizarem as tabelas de humidade.

Os erros devidos a ventilação insuficiente podem ser importantes, se forem utilizadas tabelas de humidade inadequadas. A precisão de um psicrómetros simples sem ventilação é muito inferior à de um psicrómetro sujeito a uma ventilação forçada constante.

As tabelas utilizadas na determinação da humidade a partir de um psicrómetro simples são geralmente calculadas a partir da hipótese de que a velocidade do vento que passa pelos termómetros é de cerca de 1 a 1,5 m/s.

Na prática as velocidades do ar que passa pelos termómetros pode ser muito diferente destes valores. A grandeza dos erros depende da humidade e da temperatura do ar.

No caso de ar seco, o erro pode facilmente atingir 10% da humidade relativa, mas normalmente é inferior a este valor nas latitudes temperadas.

A ventilação dos psicrómetros de Assman ou dos psicrómetros com motor deve verificar--se uma vez por mês, pelo menos.

Para o caso dos psicrómetros de funda há que assegurar que a ventilação está de acordo com as tabelas.

Sempre que se forma uma espessa camada de gelo sobre o termómetro molhado, o erro aumenta. Deve retirar-se imediatamente o gelo, mergulhando o depósito do termómetro em água destilada.

Nas estações costeiras, deve evitar-se que a acumulação de sal na musselina e torcida conduza a erros apreciáveis. Deve também garantir-se que a água no reservatório seja pura.

V - 10 - Condições especiais para as regiões tropicais e polares

O efeito dos erros de leitura do termómetro molhado varia com a temperatura. Quando o termómetro seco indica o valor correcto da temperatura do ar, um erro de 0.5 ^{0}C na temperatura do termómetro molhado afecta a humidade relativa do seguinte modo:

Temperatura do ar (^{0}C):	-25	-15	-5	+5	+15
Erro na humidade relativa (%):	44	20	11	7	2

O erro é relativamente pequeno a temperaturas moderadas. No entanto, a temperaturas baixas, um erro de alguns décimos de grau pode dar origem a uma observação absurda.

Nas regiões polares é essencial que os termómetros sejam ventilados, caso contrário é difícil lidar com o termómetro molhado, no sentido de determinar com precisão suficiente a sua temperatura.

Nas regiões tropicais o problema principal reside em garantir que a musselina se conserva molhada, devido a humidades relativas baixas.

V - 11 - Tabelas psicrométricas

Obtidas as temperaturas dos termómetros seco e molhado, e usando a tabela apropriada para a ventilação, podem utilizar-se as tabelas psicrométricas para determinar o ponto de orvalho ou a humidade relativa.

Assume-se que a velocidade média real do ar que passa pelos depósitos é de 1 - 1.5 m/s para os psicrómetros para abrigo meteorológico fixo, e de 2.4 m/s para os de Assman.

Há que utilizar tabelas diferentes, quando o termómetro seco indica um valor inferior ao ponto de congelação, e o termómetro molhado estiver coberto de gelo ou de água em sobrefusão.

V - 12 - Princípio do higrógrafo de cabelo

O higrógrafo é um instrumento que fornece um registo contínuo da humidade relativa.

O cabelo humano, isento de óleo ou gordura, altera o seu comprimento em função da humidade relativa.

O higrógrafo de cabelo faz uso deste comportamento. Por meio de um sistema de alavancas, a alteração do comprimento é amplificada, e registada por uma pena sobre um gráfico aposto a um cilindro que roda em movimento uniforme.

As respostas do cabelo às mudanças de humidade relativa são lentas, e como as alterações de comprimento dos cabelos são pequenas, o sistema de alavancas é equilibrado com precisão e está montado em suportes finos.

No entanto, a velocidade de resposta do higrógrafo depende muito da temperatura do ar. Por exemplo, a -10°C o atraso do instrumento é cerca de 3 vezes superior as que se verifica a

10 °C. Quando as temperaturas estão compreendidas entre 0 °C e 30 °C, e humidades relativas entre 20% e 80% e para ocaso de um bom higrógrafo sujeito a uma variação subida de H.R, o instrumento deve indicar 90% da mudança em 3 minutos.

O comprimento dos cabelos aumenta com a humidade, mas não há uma relação de proporcionalidade. Assim, uma mudança de H.R de 90% para 95% produz um aumento muito maior de comprimento dos cabelos do que uma mudança de 40% para 45%.

Em certos tipos de higrógrafo o mecanismo está concebido de modo a compensar estas diferenças. O movimento da pena sobre o gráfico é, então, uniforme e a escala de humidade do gráfico é linear.

V - 13 - Higrógrafo de escala linear

A Fig.. V - 3 (Pág. 52) indica os principais elementos de um hidrógrafo de escala linear, em vista de lado e vista superior, respectivamente.

Não se mostram nem a gaiola metálica que normalmente, encerra os cabelos, nem a caixa de vidro do instrumento.

O feixe de cabelos está seguro pelas duas maxilas A, A, e é puxado, aproximadamente a meio, pelo gancho B. O eixo horizontal da alavanca C, onde se fixa o gancho, está ligado à peça excêntrica D:

D está por sua vez em contacto com uma segunda peça excêntrica E por meio da mola F. E está presa ao eixo da pena pelo parafuso G.

As variações do comprimento do cabelo com a humidade são amplificadas e transmitidas ao aparo. A maior parte da amplificação das alterações de comprimento do cabelo resulta da acção da pena e da alavanca C. No entanto, parte da amplificação é também devida às peças excêntricas e ao ângulo formado pelo cabelo.

As afinações podem proceder-se do seguinte modo:

a) em relação ao erro de zero

i) as afinações grosseiras fazem-se deslocando a maxila A, e quase consegue desaparecendo o parafuso H.

ii) as afinações de precisão (até 5% de H.R) podem ser executadas girando o parafuso D. No entanto, alterações importantes do ângulo do cabelo, afectam a amplificação, pelo que se não deverão ser feitas com o parafuso I.

b) em relação ao valor da escala

i) a amplificação das variações do comprimento do feixe pode ser quase proporcionalmente aumentada ou diminuida fazendo descer ou subir o

gancho B da alavanca C, podendo-se para tal usar o parafuso J.

ii) usando o parafuso G, pode fazer-se variar a amplificação rodando o eixo da pena em relação às peças excêntricas.

A rotação da pena no sentido dos ponteiros do relógio diminui a amplificação sobre todo o gráfico. Rodando em sentido contrário, aumenta-se a amplificação.

Em estações de campo, não se deve tentar produzir alterações no valor da escala. É que a lentidão da resposta e flutuações da H.R., dificultam a comparação com outros instrumentos.

V - 14 - Exposição e funcionamento do higrógrafo de cabelo

O higrógrafo deve estar colocado num abrigo meteorológico.

O bom funcionamento do instrumento depende em grande parte do cuidado tido com os cabelos.

O pó atrasa a resposta, e partículas de sal ou gordura contribuem para erros. A exposição a humidades muito baixas (como as que se verificam nas zonas do interior) dá origem a deformações ou a desvios semipermanentes nos registos.

Os inconvenientes descritos podem ser consideravelmente reduzidos lavando

regularmente todo o feixe de cabelos com água destilada, utilizando uma escova macia. Durante a limpeza não se deve tocar com os dedos nos cabelos.

Depois do excesso de água ter escorrido, mas quando os cabelos estão completamente molhados, o instrumento deve indicar 95%. Se for necessário há que repetir o processo de humedecimento para confirmar a leitura. Quando a humidade é baixa, a evaporação da água dos cabelos é rápida e o valor indicado pode manter-se durante muito pouco tempo em 95%. Os suportes nunca devem ser oleados. No entanto, devem ser periodicamente limpos usando detergente que é aplicado com uma escova macia.

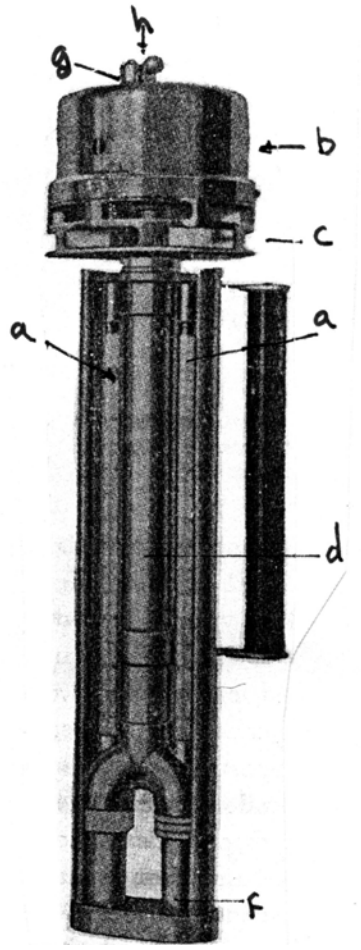
A superfície das peças excêntricas deve manter-se limpa, e polidas ocasionalmente com mata-borrão esfregado com lápis de chumbo. Reduz-se assim o atrito, tornando o instrumento mais sensível a pequenas variações de humidade.

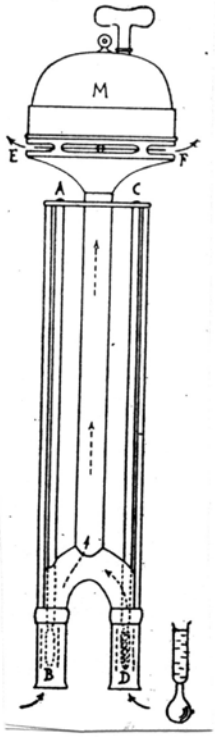
V - 15 - Normas de observação aplicáveis ao higrógrafo de cabelo

Entre as substituições dos gráficos deve evitar-se ao máximo tocar no higrógrafo, excepto para fazer marcas horárias.

As marcas horárias devem ser feitas com precisão, pois a humidade do ar pode mudar muito rapidamente. Deve evitar-se, no entanto, esticar os cabelos, o que poderia conduzir a um erro de zero.

O gráfico deve ser substituído como descrito para o termógrafo .





AB - CD - Termómetros seco e húmido

M - Invólucro de protecção do sistema de relojoaria. Motor

EF - Ventoinha e saídas de ar

BD - Tubos de ventilação e. Entradas de ar

J - Tubos de metal polido para protecção dos reservatórios

G - Chave do sistema de relojoaria

H - Anel de suspensão do psicrómetro para permitir que funcione na posição vertical

I - Reservatório de água para humedecer a musselina do termómetro molhado

Figura V - 1 - Psicrómetro de Assman

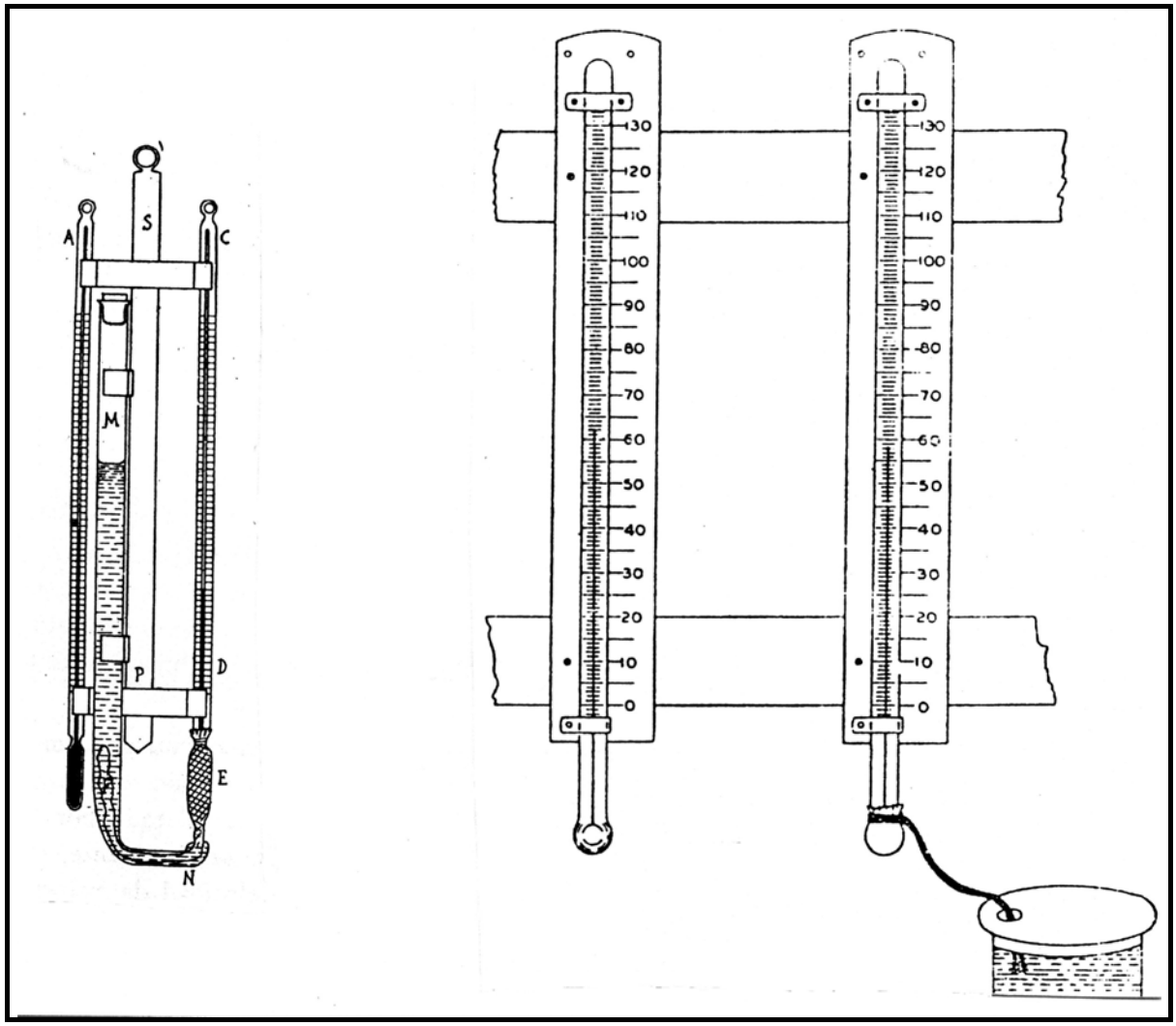
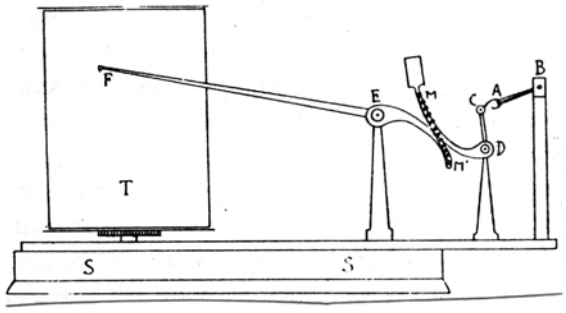
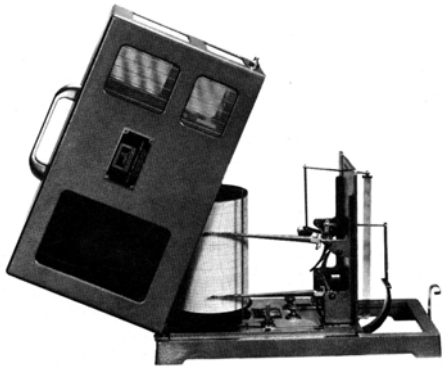


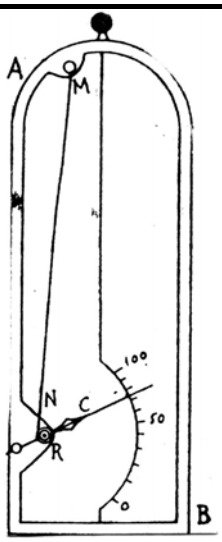
Figura V - 2 - a) Psicrómetro para abrigo meteorológico fixo. b) Psicrómetro AB - termómetro seco
CD - termómetro húmido E - envoltura de musselina F mecha de algodão
MN - Depósito tubular de vidro cheio de água SP - suporte





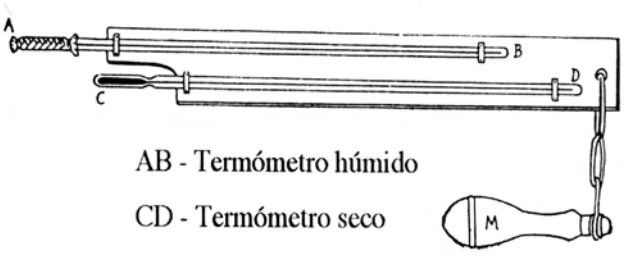
AA - Maxilas de aperto do feixe de cabelo
B - Gancho que prende o feixe de cabelos pelo meio
C - Alavanca
D - Primeiro excêntrico
E - Segundo excêntrico
F - Pequena mola que monta os excêntricos de contacto
G - Parafuso de fixação do segundo excêntrico ao eixo da pena
H - Parafuso de regulação , de cabeça facetada, que permite deslocar a maxila de fixação A(regulação grosseira do zero)
I - Parafuso de regulação de precisão
J - Parafuso que permite levantar ou baixar o gancho B (para regular a amplitude da pena)

Figura V - 3 - Higrógrafo de cabelo



AB - Bastidor

C - Agulha indicadora



AB - Termómetro húmido

CD - Termómetro seco

M - Manga

Figura V - 4 Higrómetro de absorção . - Psicrómetro de Honda

I.N.M.G-DIVISÃO DE CLIMATOLOGIA

Humidade Relativa do Ar (%) em Função da Temperatura do Ar (°C) e da Depressão da Temperatura do Termómetro Molhado

Construída com P=1013.3hPa Válida para Valores de P de 973.3hPa a 1053.2hPa ou Valores de HB inferiores a 340.0m

	Depressão da Temperatura do Termómetro Molhado (° C)																					
T(Seco)	.0	.2	.4	.6	.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6	3.8	4.0	4.2	4.4	4.6
-10.0	100	94	88	81	75	69	63	57	51	45	39	33	27	21	15	9								
-9.0	100	94	88	83	77	71	65	60	54	48	43	37	31	26	20	15	9							
-8.0	100	94	89	84	78	73	67	62	57	51	46	41	35	30	25	20	15	9						
-7.0	100	95	90	84	79	74	69	64	59	54	49	44	39	34	29	24	19	14	10	5				
-6.0	100	95	90	85	80	76	71	66	61	56	52	47	42	38	33	28	24	19	15	10	6			
-5.0	100	95	91	86	81	77	72	68	63	59	54	50	45	41	37	32	28	24	19	15	11	6		
-4.0	100	96	91	87	82	78	74	69	65	61	57	52	48	44	40	36	32	28	23	19	15	11	7	
-3.0	100	96	92	87	83	79	75	71	67	63	59	55	51	47	43	39	35	31	27	23	20	16	12	8
-2.0	100	96	92	88	84	80	76	72	69	65	61	57	53	50	46	42	38	35	31	27	24	20	16	13
-1.0	100	96	92	89	85	81	77	74	70	66	63	59	56	52	48	45	41	38	34	31	27	24	20	17
.0	100	96	93	89	86	82	78	75	71	68	65	61	58	54	51	47	44	41	37	34	31	28	24	21
1.0	100	97	93	90	86	83	79	76	73	69	66	63	60	56	53	50	47	43	40	37	34	31	28	25
2.0	100	97	93	90	87	84	80	77	74	71	68	64	61	58	55	52	49	46	43	40	37	34	31	28
3.0	100	97	94	91	87	84	81	78	75	72	69	66	63	60	57	54	51	48	45	43	40	37	34	31
4.0	100	97	94	91	88	85	82	79	76	73	70	67	65	62	59	56	53	50	48	45	42	40	37	34
5.0	100	97	94	91	88	86	83	80	77	74	71	69	66	63	61	58	55	53	50	47	45	42	39	37
6.0	100	97	94	92	89	86	83	81	78	75	73	70	67	65	62	60	57	54	52	49	47	44	42	39
7.0	100	97	95	92	89	87	84	81	79	76	74	71	69	66	64	61	59	56	54	51	49	46	44	42
8.0	100	97	95	92	90	87	85	82	80	77	75	72	70	67	65	63	60	58	55	53	51	48	46	44
9.0	100	97	95	92	90	88	85	83	80	78	76	73	71	68	66	64	62	59	57	55	53	50	48	46
10.0	100	98	95	93	90	88	86	83	81	79	76	74	72	70	67	65	63	61	59	56	54	52	50	48
11.0	100	98	95	93	91	88	86	84	82	79	77	75	73	71	68	66	64	62	60	58	56	54	52	50
12.0	100	98	95	93	91	89	87	84	82	80	78	76	74	72	69	67	65	63	61	59	57	55	53	51
13.0	100	98	96	93	91	89	87	85	83	81	79	77	74	72	70	68	66	64	63	61	59	57	55	53
14.0	100	98	96	94	92	89	87	85	83	81	79	77	75	73	71	69	67	66	64	62	60	58	56	54
15.0	100	98	96	94	92	90	88	86	84	82	80	78	76	74	72	70	68	67	65	63	61	59	57	56
16.0	100	98	96	94	92	90	88	86	84	82	80	79	77	75	73	71	69	68	66	64	62	60	59	57
17.0	100	98	96	94	92	90	88	87	85	83	81	79	77	76	74	72	70	68	67	65	63	62	60	58
18.0	100	98	96	94	92	91	89	87	85	83	81	80	78	76	74	73	71	69	68	66	64	63	61	59
19.0	100	98	96	94	93	91	89	87	85	84	82	80	79	77	75	73	72	70	68	67	65	64	62	60
20.0	100	98	96	95	93	91	89	88	86	84	82	81	79	77	76	74	72	71	69	68	66	65	63	61
21.0	100	98	96	95	93	91	90	88	86	85	83	81	80	78	76	75	73	72	70	68	67	65	64	62
22.0	100	98	97	95	93	91	90	88	87	85	83	82	80	78	77	75	74	72	71	69	68	66	65	63
23.0	100	98	97	95	93	92	90	88	87	85	84	82	81	79	77	76	74	73	71	70	68	67	66	64
24.0	100	98	97	95	93	92	90	89	87	86	84	82	81	79	78	76	75	74	72	71	69	68	66	65
25.0	100	98	97	95	94	92	90	89	87	86	84	83	81	80	78	77	76	74	73	71	70	68	67	66
26.0	100	98	97	95	94	92	91	89	88	86	85	83	82	80	79	77	76	75	73	72	70	69	68	66
27.0	100	98	97	95	94	92	91	89	88	86	85	84	82	81	79	78	77	75	74	72	71	70	68	67
28.0	100	98	97	95	94	92	91	90	88	87	85	84	82	81	80	78	77	76	74	73	72	70	69	68
29.0	100	99	97	96	94	93	91	90	88	87	86	84	83	81	80	79	77	76	75	74	72	71	70	68
30.0	100	99	97	96	94	93	91	90	89	87	86	84	83	82	80	79	78	77	75	74	73	71	70	69
31.0	100	99	97	96	94	93	92	90	89	87	86	85	83	82	81	80	78	77	76	74	73	72	71	70
32.0	100	99	97	96	94	93	92	90	89	88	86	85	84	82	81	80	79	77	76	75	74	72	71	70
33.0	100	99	97	96	94	93	92	90	89	88	87	85	84	83	81	80	79	78	77	75	74	73	72	71
34.0	100	99	97	96	95	93	92	91	89	88	87	86	84	83	82	81	79	78	77	76	75	73	72	71
35.0	100	99	97	96	95	93	92	91	90	88	87	86	85	83	82	81	80	78	77	76	75	74	73	72
36.0	100	99	97	96	95	93	92	91	90	88	87	86	85	84	32	81	80	79	78	77	75	74	73	72
37.0	100	99	97	96	95	94	92	91	90	89	87	86	85	84	83	81	80	79	78	77	76	75	74	72
38.0	100	99	97	96	95	94	92	91	90	89	88	86	85	84	83	82	81	79	78	77	76	75	74	73
39.0	100	99	97	96	95	94	93	91	90	89	88	87	85	84	83	82	81	80	79	78	76	75	74	73
40.0	100	99	98	96	95	94	93	91	90	89	88	87	86	84	83	82	81	80	79	78	77	76	75	74
41.0	100	99	98	96	95	94	93	92	90	89	88	87	86	85	84	82	81	80	79	78	77	76	75	74
42.0	100	99	98	96	95	94	93	92	91	89	88	87	86	85	84	83	82	81	79	78	77	76	75	74
43.0	100	99	98	96	95	94	93	92	91	90	88	87	86	85	84	83	82	81	80	79	78	77	76	75
44.0	100	99	98	96	95	94	93	92	91	90	89	87	86	85	84	83	82	81	80	79	78	77	76	75
45.0	100	99	98	97	95	94	93	92	91	90	89	88	87	85	84	83	82	81	80	79	78	77	76	75
46.0	100	99	98	97	95	94	93	92	91	90	89	88	87	86	85	84	83	82	81	80	79	78	77	76
47.0	100	99	98	97	95	94	93	92	91	90	89	88	87	86	85	84	83	82	81	80	79	78	77	76
48.0	100	99	98	97	96	94	93	92	91	90	89	88	87	86	85	84	83	82	81	80	79	78	77	76

VI - MEDIÇÃO DO VENTO À SUPERFÍCIE

Por vento à superfície entende-se a componente horizontal do movimento do ar junto à superfície do Globo.

Devido a efeitos locais é, muitas vezes, difícil obter valores verdadeiramente representativos do vento à superfície. A direcção do vento varia, e a velocidade aumenta com a altitude.

Para comparação de observações feitas numa rede de estações, estabeleceu-se que o vento à superfície se deve referir à altura de 10 m acima do solo em terreno aberto.

Uma vez que se trata de uma quantidade vectorial, caracterizada por intensidade e direcção, ocupar-mos-emos destes dois aspectos, à altura de 10 m acima do solo.

A velocidade do vento raramente é consistente durante um período de tempo considerável. Varia rápida e continuamente e as variações são irregulares tanto em período como em duração. Esta característica denota-se por turbulência.

Para efeito de meteorologia sinóptica requer-se muitas vezes a velocidade média, que então é determinada num período de 10 minutos.

Sempre que possível deverá utilizar-se um bom equipamento para determinar o vento à superfície, em vez de estimar quer a direcção, quer a velocidade do vento.

VI - 1 - Determinação da direcção do vento.

Definição e unidades.

A direcção do vento é a direcção da qual o vento sopra. Exprime-se em graus medidos a partir do Norte geográfico, no sentido dos ponteiros do relógio. Pode também exprimir-se em termos de pontos da bússola.

VI - 2 - Cata-vento

Para indicar ou registar a direcção do vento à superfície usa-se um cata-vento.

VI - 3 - Indicadores e registadores da direcção do vento

No caso de observações sinópticas, há que determinar a direcção média do vento, referente ao período de 10 minutos que precedem a observação. Aconselha-se o uso de um cata-vento tipo registador.

Em medições para fins aeronáuticos há necessidade de registo à distância. Além disso, o instrumento deve ser capaz de responder a variações bruscas da direcção.

VI - 4 - Estimativa da direcção do vento

A maior parte dos cata-ventos não responde a mudanças de direcção do vento, quando a velocidade é inferior a 1 m/s. Neste caso, e na ausência de instrumentos, e ainda quando os instrumentos estão temporariamente fora de uso, é necessário estimar a direcção do vento.

Para isso, são úteis os seguinte factores:

a) a "manga" de aterragem num aeroporto
b) a direcção do fumo que sai de uma chaminé alta
c) o movimento de bandeiras
d) o movimento das folhas
e) a oscilação das árvores

Há, no entanto, que tomar as seguintes precauções:

i) colocou-se na vertical por baixo do indicador a fim de evitar erros de paralaxe.
ii) não confundir remoinhos locais devidos a edifícios, obstruções, etc. pela

direcção geral do vento.

Em terreno descoberto, pode calcular-se por estimativa com bastante precisão, a direcção do vento à superfície, se o observador se colocar de frente para o vento.

VI - 5 - Medições da velocidade do vento: unidades.

Designam-se por anemómetros os instrumentos utilizados na medição da velocidade do vento à superfície.

Em mensagens sinópticas a velocidade do vento é referida em m/s. A média da velocidade referente a um período de 10 minutos deve ser determinada até ao 0.5 m/s.

Quando a velocidade do vento é inferior a 0.5 m/s diz-se que é uma situação de calma.

VI - 6 - Indicadores e registadores da velocidade do vento

Para fins sinópticos é preferível um anemómetro que possa ser lido ou que possa registar à distância, o que facilita a determinação da velocidade média do vento à superfície, referente a um período de 10 minutos. A tarefa estará simplificada se, se usar um anemógrafo, instrumento este que faz um registo contínuo da velocidade do vento.

Para exigências da aeronáutica, o instrumento deve ser capaz de responder às rajadas.

Quando se dispõe de um anemómetro com indicação por contacto, a velocidade do vento deve ser obtida contando o número de contactos durante o intervalo exacto de tempo que se escolheu.

No caso de um anemómetro de leitura directa, a velocidade média deve ser obtida pela observação do mostrador durante um período escolhido. Obtém-se então a média dos valores extremos das flutuações sucessivas.

Para medições de rotina da velocidade do vento utilizam-se geralmente instrumentos de dois tipos principais:

a) os anemómetros de rotação

b) os anemómetros de tubo de pressão

VI - 7 - Anemómetros de rotação

O anemómetro de tipo rotativo, é o anemómetro de conchas ou copos. Consiste, em geral, de 3 conchas montadas a distâncias iguais e formando ângulos rectos com um eixo vertical. A força exercida pelo vento na superfície interna é maior do que na externa, pelo que as conchas giram.

A velocidade de rotação é aproximadamente igual à velocidade do vento, desde que esta seja constante e superior à velocidade mínima necessária para pôr os copos em movimento.

Há três tipos principais de anemómetros de conchas:

a) Os anemómetros de contactos.

Estão equipados com contactos eléctricos de modo que, quando ligados a uma bateria e a um vibrador, produzem sinais auditivos com uma frequência proporcional à velocidade do vento.

b) Os anemómetros de contador (ou totalizadores).

São providos de um mecanismo semelhante ao conta quilómetros de um automóvel. Permitem determinar o trajecto do vento num intervalo de tempo dado,

definindo-se por trajecto do vento a distância por este percorrida no intervalo de tempo considerado.

c) Os anemómetros vulgares.

O elemento móvel do instrumento acciona um gerador eléctrico. A voltagem

do gerador aumenta com a velocidade do vento, que é evidenciada num mostrador graduado em m/s.

Há, no entanto, outros anemómetros de tipo rotativo, que são:

a) O anemómetro de hélice

A hélice é mantida de frente para o vento, por meio de um cata-vento. A sua rotação é transmitida a um indicador.

b) O anemómetro de moinho de vento ou de palhetas.

Baseia-se no princípio do moinho de vento. Quando da frente para o vento, regista num mostrador o número de rotação das pás durante um intervalo de tempo medido. O número de rotações é proporcional ao trajecto do vento, podendo obter-se o valor da velocidade do vento a partir de uma tabela.

Este tipo de anemómetro requer um pouco mais de cuidado do que o anemómetro de copos, pelo que muitas vezes se utiliza para medições a alturas inferiores à altura padrão de 10 m.

VI - 8 - Princípio do anemómetro de tubo de pressão

Se tivermos um tubo, aberto numa das extremidades e fechado na outra que é mantido em posição horizontal com a extremidade aberta voltada para o vento, a pressão do ar no interior do tubo aumenta com o aumento da velocidade do vento.

Se tivermos um tubo semelhante ao anterior mas perfurado com pequenos orifícios, e se fôr mantido na vertical, tal que o vento passe pelos orifícios, a pressão no interior do tubo baixa há um efeito de sucção.

No anemómetro de tubo de pressão utilizam-se as diferenças de pressão produzidas deste modo para medir a velocidade do vento. O tubo de pressão horizontal está ligado a um cata--vento, que o mantém orientado na direcção do vento. O tubo de sucção faz parte da secção vertical que suporta o cata-vento. Esta unidade, que é suportada por um mastro de aço sólido, designa-se por cabeça do anemómetro - ver Fig.. IV - 1.

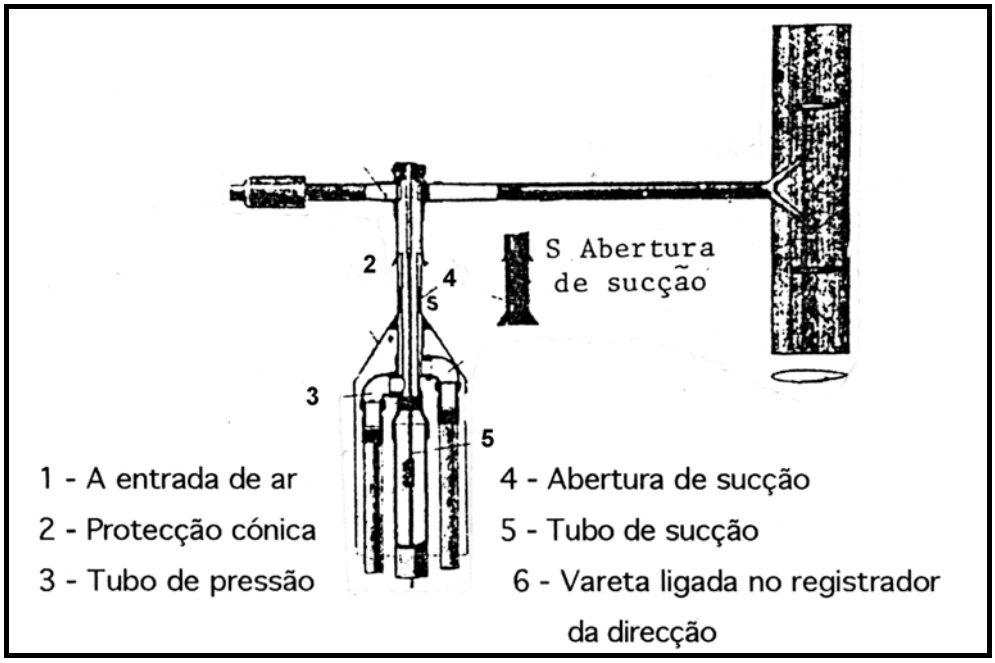


Fig. VI. 1 Cabeça do anemógrafo de tubo de pressão de Dines

Os efeitos de pressão e sucção são transmitidos, através de tubos, a um indicador da velocidade do vento, do tipo de flutuador, ou tipo aneróide.

No indicador do tipo de flutuador, os efeitos de pressão e sucção são transmitidos da cabeça a um manómetro de água sensível (um manómetro é um instrumento utilizado para medir a pressão de um fluido).

O manómetro de água é provido de um depósito em envoltura exterior cilíndrico que está devidamente nivelado. O depósito está aproximadamente meio de água e possui um indicador para fazer o ajustamento do nível de água.

Existe um flutuador oco, aberto no fundo, parcialmente imerso na água. Na parte superior do flutuador está encerrada numa certa quantidade de ar. A sua ligação ao tubo de pressão da cabeça faz-se por meio de um tubo vertical.

O ar no exterior do flutuador, ou seja, na parte superior do depósito, está ligado ao tubo de sucção da cabeça.

As variações da velocidade do vento produzem variações de pressão no ar encerrado no flutuador (efeito de pressão) e no ar do depósito, exterior ao flutuador, (efeito de sucção). O flutuador é assim levado a movimentar-se na vertical.

Ligada à parte superior do flutuador existe uma vareta que atravessa o que é praticamente um anel hermético situado na parte superior do depósito. A velocidade do vento é dado por um indicador ligado à citada vareta.

Para o ar com uma densidade normal, a pressão disponível para fazer subir o flutuador é proporcional ao quadrado da velocidade do vento. No entanto, a forma do flutuador determina que o movimento seja proporcional à velocidade.

VI - 9 - Anemógrafo de tubo de pressão

No anemógrafo de tubo de pressão, a parte superior do flutuador está ligada a uma vareta provida de uma pena, que traça um registo contínuo da velocidade do vento num gráfico aposto a um tambor que gira por acção de um mecanismo de relógio.

Pode também traçar-se num registo da direcção do vento, quando os movimentos do cata--vento da cabeça são transmitidos a um registador.

Então o registador combinado é constituído por quatro partes principais:

a) Mastro e torre
b) Cabeça e cata-vento
c) Registador da velocidade do vento
d) Registador da direcção do vento

O mastro e a torre suportam a cabeça, e contém os aparelhos de transmissão para:

a) os tubos de pressão e sucção do registador da velocidade do vento
b) o registador da direcção do vento.

A Fig. VI - 2 mostra as partes registadoras do anemógrafo de tubo de pressão.

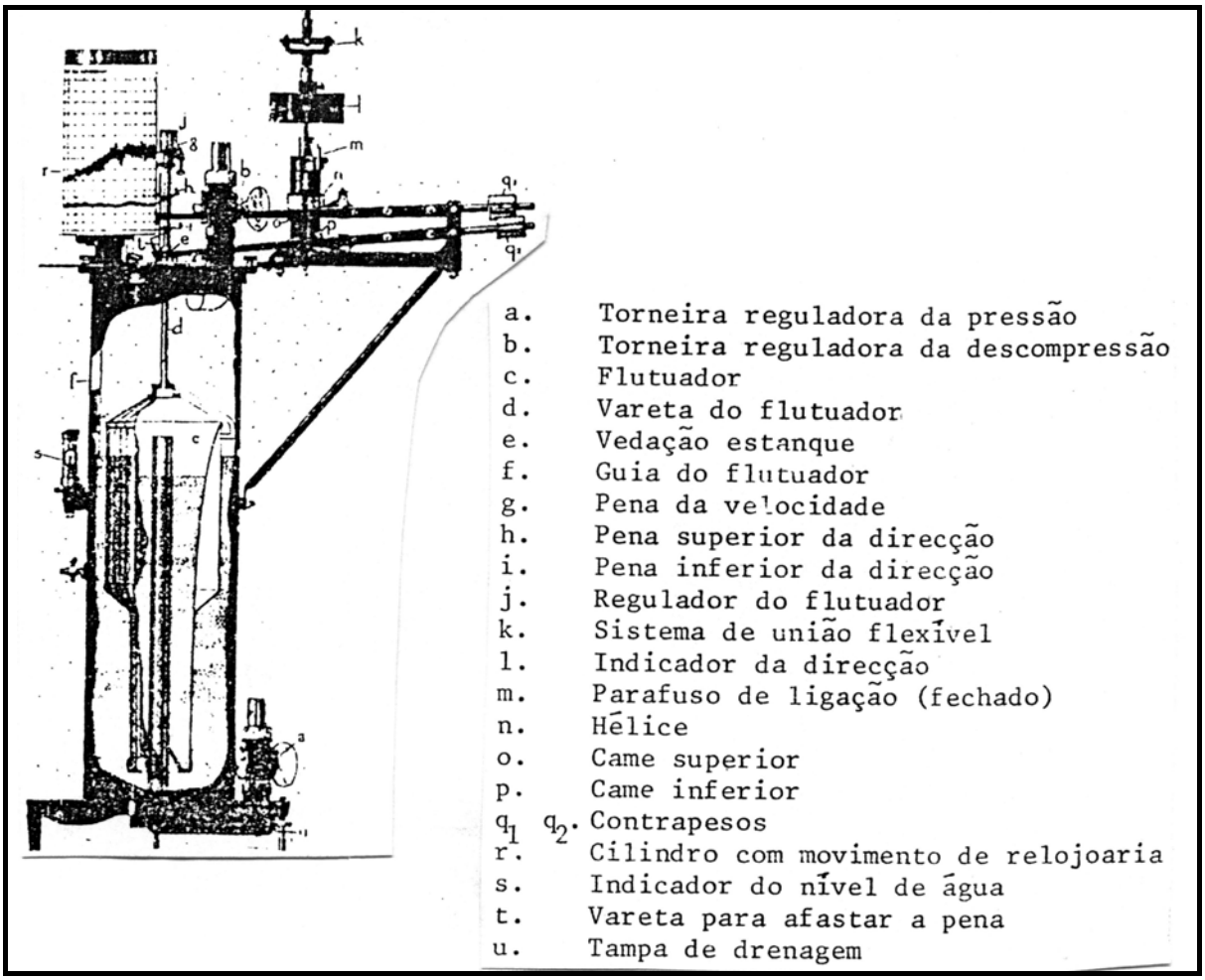


Figura VI - 2 - Registador do anemógrafo de tubo de pressão de Dines

O registador de direcção tem um certo número de características especiais. O cata-vento está ligado a uma vareta vertical que desce pelo interior do mastro de aço. Ao outro extremo da vareta está ligado um pequeno cilindro de latão. Este possui uma ranhura em espiral, na qual encaixa uma saliência de um braço preso a um eixo. A este braço está ligada uma pena registadora.

Quando a direcção do vento muda, os movimento do cata-vento fazem girar o cilindro de latão. A pena desloca-se então sobre o gráfico.

A escala de direcção do gráfico desenvolve-se no sentido N-E-S-W-N, de baixo para cima. Para obstar a dificuldade que se levantaria no caso do cilindro de latão executar uma volta completa, há dois braços e duas penas. Uma regista continuamente, enquanto que a outra "descansa" em qualquer das posições N, superior ou inferior do gráfico.

VI - 10 - Manutenção do anemómetro de tubo de pressão

Estações que possuam um instrumento deste tipo deverão igualmente possuir instruções pormenorizadas para a sua manutenção. No entanto, indicam-se de seguida as características mais importantes.

Mesmo que a afinação mecânica seja correcta deverá garantir-se que as três penas registam os movimentos continuamente e com clareza. Uma vez que estas penas executam muito mais movimentos do que as dos outros instrumentos deverá haver a certeza de que possuem tinta e que estão devidamente limpas.

Para que não haja descontinuidades no registo da direcção do vento no caso da pena ficar presa, deverá manter-se a vareta do flutuador limpa e seca. Não deve usar-se qualquer polimento metálico ou óleo lubrificante. Deverá antes esfregar-se com mata-borrão previamente tratado com lápis de chumbo.

Ocasionalmente deverá verificar-se se o aparelho está nivelado, o que se pode fazer colocando um nível sobre a placa superior, e ajustando o nivelamento por meio de três

parafusos.

Deverá verificar-se o nível de água de 15 em 15 dias, visto que pode haver perda de água por evaporação. A adição de água destilada faz-se retirando a tampa serrilhada do tubo de vidro ao lado do depósito. Se, por outro lado, o nível da água estiver demasiado alto devido à entrada de água das chuvas através dos tubos de ar, deverá retirar-se o tampão aparafusado ao lado da torneira reguladora da pressão, para permitir a saída de água.

A rotina diária inclui a substituição do gráfico, afinação e recarga de tinta às penas, a execução de marcas horárias e a manutenção dos gráficos anotados e em dia. Para tal, as instruções são semelhantes às de outros instrumentos registadores, apenas com ligeiras modificações, sendo uma das importantes, a execução de marcas horárias. Para o fazer, fecham-se primeiro as torneiras de passagem e anota-se a hora exacta até ao minuto. Deixa-se a pena da velocidade do vento chegar à linha zero do registo. No caso de o ar estar calmo, faz-se subir ligeiramente o flutuador para executar a marca vertical.

VI - 11 - Estimativa da velocidade do vento

Na ausência de equipamento de medição da velocidade do vento, a observação deve ser feita por estimativa. As estimativas baseiam-se no efeito do vento entre objectos móveis, podendo para isso servir quase tudo o que se desloque livremente sob a acção do vento.

Ao calcular por estimativa a velocidade do vento, o observador deve colocar-se em terreno plano e aberto, e mais afastado possível de obstáculos. De notar que mesmo pequenos obstáculos podem causar acentuadas diferenças na velocidade e na direcção do vento, especialmente a sotavento dos obstáculos.

Para estimativa da velocidade do vento pode ter utilidade a Tabela 1, em que as velocidades se referem a uma altura padrão de 10 m acima de terreno plano e aberto (Pág. 79).

VI - 12 - Flutuações na velocidade do vento

Devido à inconstância do vento à superfície, o cata-vento raramente aponta uma direcção fixa, mantendo-se em deslocação de um lado para o outro entre certos limites. Similarmente, a inconstância da velocidade do vento também tem uma certa amplitude, verificando-se uma sucessão de "máximos" e de "acalmias".

Para efeitos de Meteorologia Sinóptica, a velocidade do vento refere-se à média das velocidades nos momentos de "máximo" e de "acalmia" durante os 10 minutos que antecedem a observação.

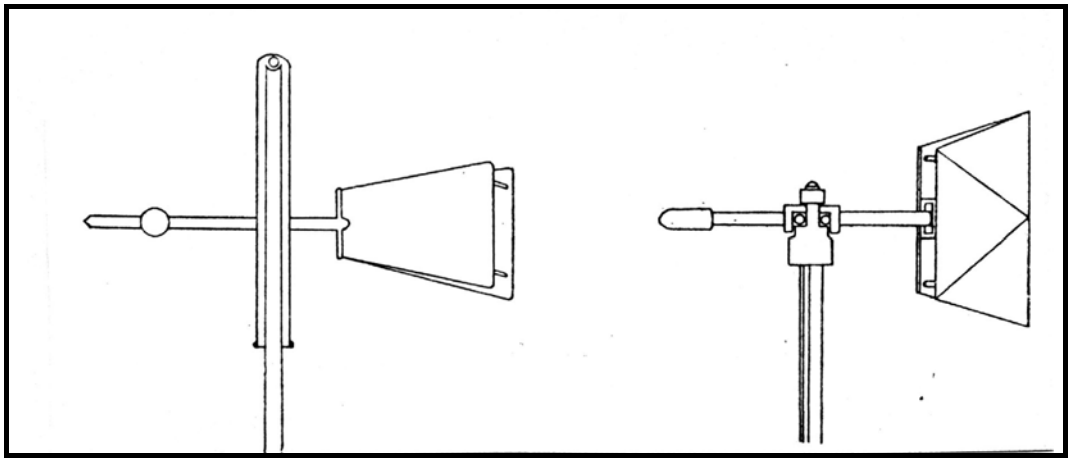


Fig.. VI . 3 Dois tipos de "veletas".

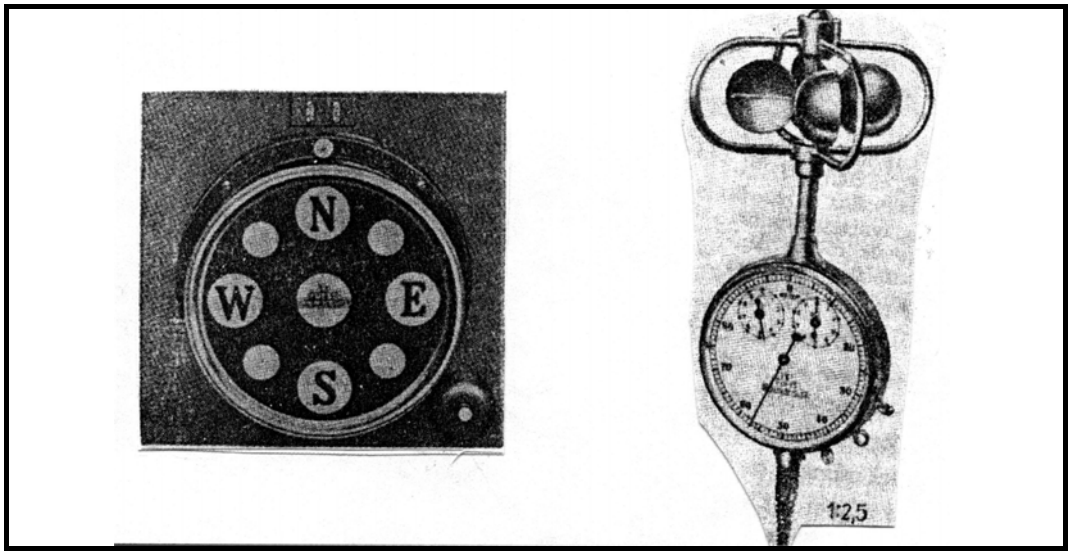


Fig. VI . 4 a) Transmissor e receptor de "veleta" com transmissão eléctrica
Fig. VI . 4 b) Anemómetro de copos

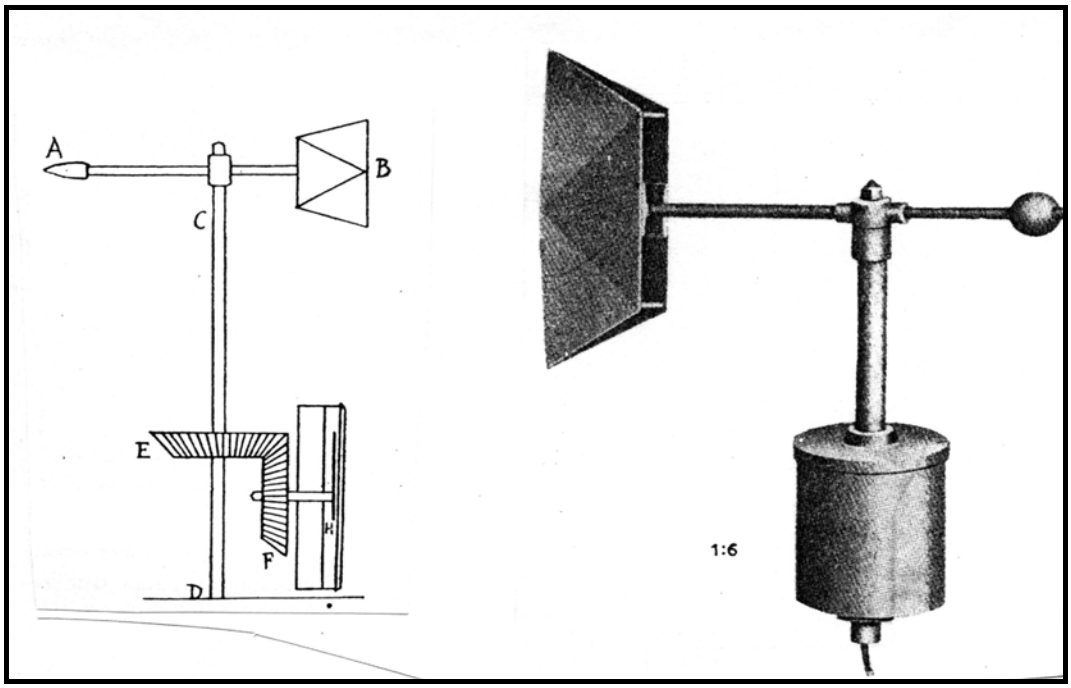


Fig.. VI . 5 a "veleta" indicadora de transmissão mecânica. AB = "veleta".; CD = árvore da mesma; EF Engrenagem cónica; H = Agulha indicadora
Fig.. VI . 5 b Transmissor e receptor de "veleta" com transmissão eléctrica

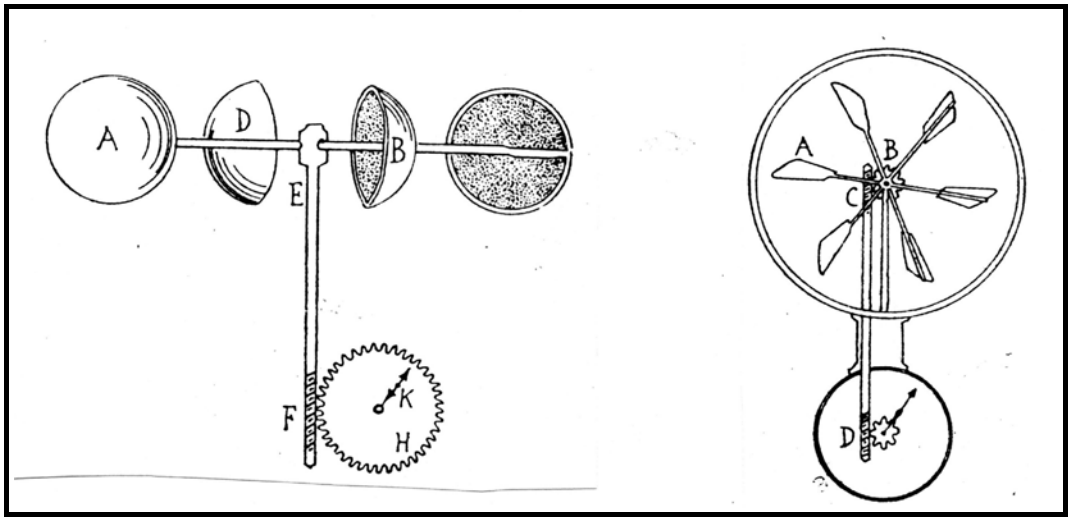
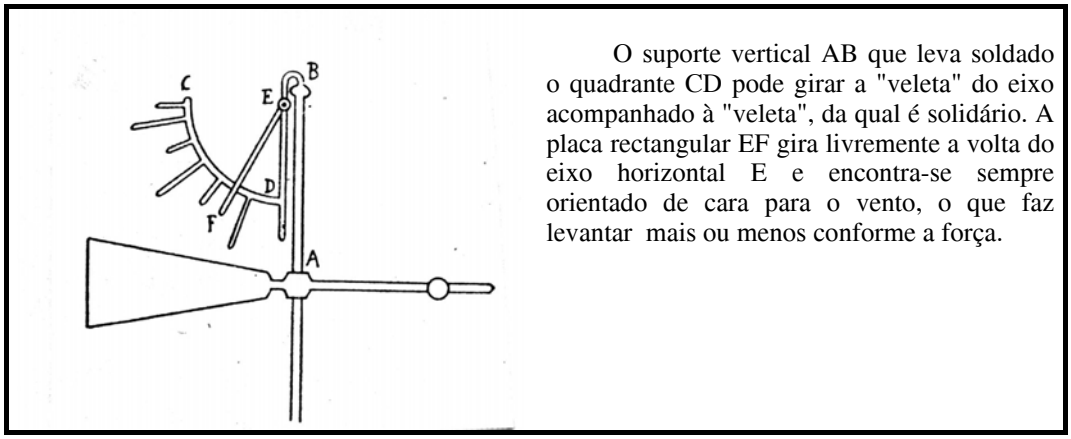


Fig. VI . 6 a) Esquema do anemómetro de copos. A cruz de copos da árvore imprime um movimento de rotação da árvore EF, o que transmite-se mediante o parafuso sem fim F a roda dentada H que faz mexer a agulha indicadora K: O contador tem um jogo de rodas dentadas e Pinhões, em vez de uma só roda, como foi desenhado na figura para facilitar.

Fig. VI . 6 b) Esquema do anemómetro de palhetas. A roda da paleta A transmite o seu movimento de rotação por médio do pinhão B e o parafuso sem fim C da árvore CD, a qual, por sua vez o transmite a agulha indicadora sem fim D e de um jogo de pinhões e rodas dentadas não representadas na figura.



O suporte vertical AB que leva soldado o quadrante CD pode girar a "veleta" do eixo acompanhado à "veleta", da qual é solidário. A placa rectangular EF gira livremente a volta do eixo horizontal E e encontra-se sempre orientado de cara para o vento, o que faz levantar mais ou menos conforme a força.

Fig. VI . 7 a ""veleta"" do anemómetro de Wild

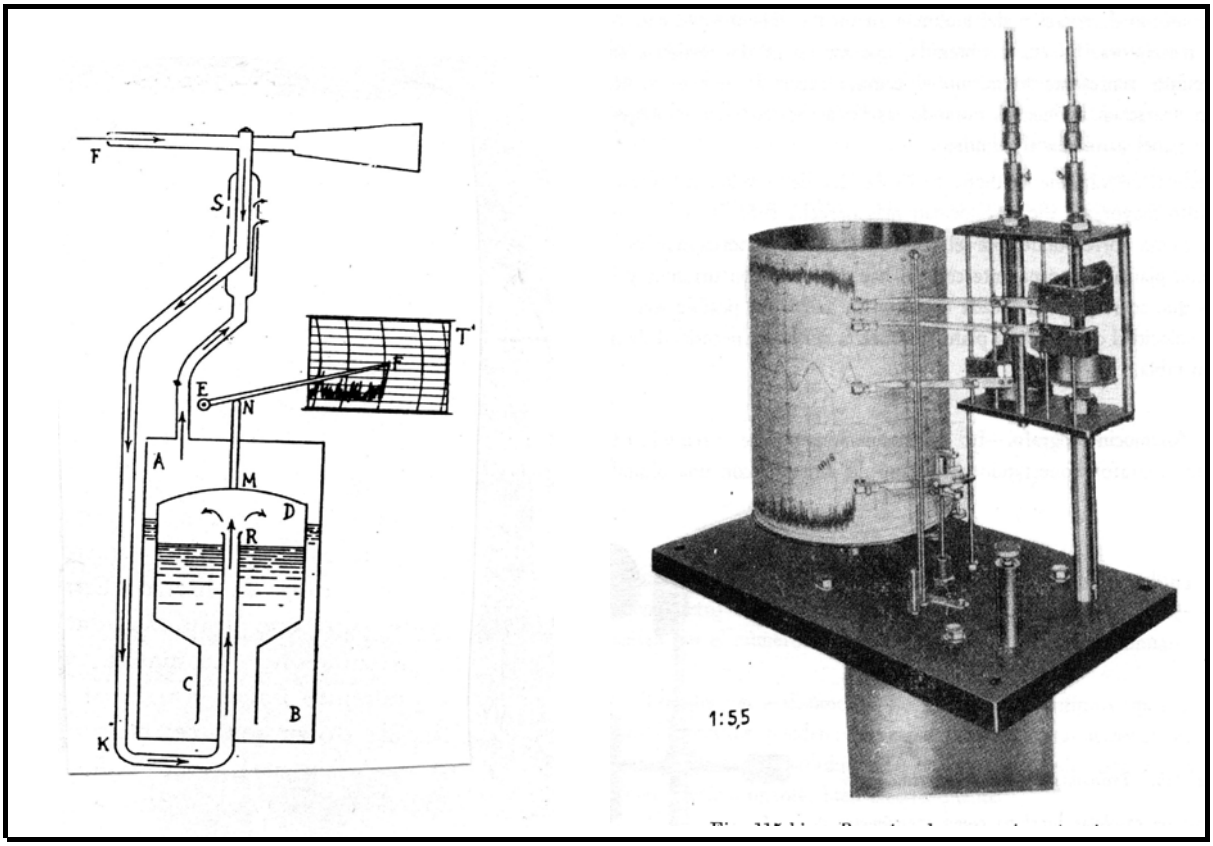


Fig. VI. 8 a) Anemómetro pneumático
AB = Depósito da água
CD = Flutuador aberto por C

Fig. VI .8 b Receptor de anemógrafo

O ar penetra pelo buraco F, e através dos tubos FKR exerce pressão sobre a água contida no flutuador, tendendo lhe expulsar, entanto que as janelas laterais S aspira o ar da câmara A e do depósito. Os movimentos verticais do flutuador, produzidos por ambas acções concordantes, são transmitidos ao braço porta-penas EF´ por meio de vareta rígida MN

As duas penas superiores, governadas pela "veleta", inscrevem a direcção do vento. A intermédia, governada pelo anemómetro Robinson, registra o recorrido, e a mais baixa, governada pelo anemómetro pneumático, as rajadas.

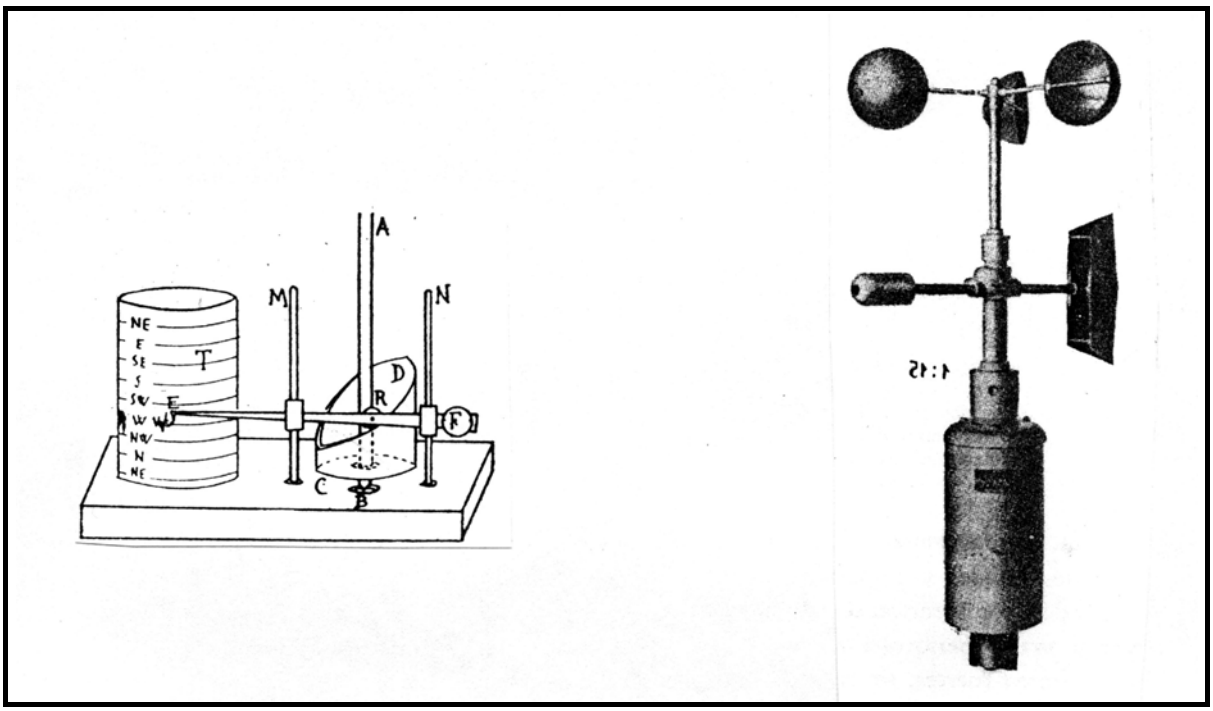


Fig.. VI. 9. a) "veleta" registradora

AB = árvore da "veleta"

EF = Braço porta penas

MN = Guias

T = Tambor

Fig. VI. 9. b) Transmissor de anecmocinemógrafo.

A roda de copos funciona como anemómetro de Robinson; a veleta faz o trabalho de tal e, além de, anemómetro pneumático.

Tabela 1 - Para estimativa da velocidade do vento

Grau	Nomes usuais	Definição dos ventos segundo as observações feitas em terra	Limite de velocidade a 6m de altura sobre o terreno raso
0	Calma	Calma. O fumo sobe verticalmente	0 a 0,2 m/s 0 a 1 km/h 0 a 1 nós
1	vento brando	Define-se a direcção do vento pelo fumo, mas não pelas bandeiras	0 a 1,5 m/s 1 a 5 km/h 1 a 3 nós
2	Froixo Brisa muito débil	O vento sente-se na cara. Movem-se as folhas das árvores. Ordinariamente movem-se as bandeiras.	1,6 a 3,3 m/s 6 a 11 km/h 4 a 6 nós
3	Fraco Brisa débil	As folhas das árvores agitam-se constantemente. Estendem-se as bandeiras	3,4 a 5,4 m/s 12 a 19 km/h 7 a 10 nós
4	Suave moderado Brisa moderada	Levanta-se o pó e os papeis pequenos. movem-se as ramas pequenas das árvores.	5,5 a 7,9 m/s 20 a 28 km/h 11 a 16 nós
5	Fresco (alguma coisa forte) Brisa fresca	Movem-se as árvores pequenas. Formam-se pequenas ondas nos tanques	8.0 a 10,7 m/s 29 a 38 km/h 17 a 21 nós
6	Fresco (forte) Brisa forte	Movem-se os ramos grandes das árvores. Assobiam os fios do telefone. Utilizam-se com dificuldade o guarda-chuva.	10,8 a 13 8 m/s 39 a 48 km/h 22 a 27 nós
7	Muito fresco Vento forte	Todas as árvores estão em movimento. É difícil caminhar contra o vento	13,9 a 17,1 m/s 50 a 61 km/h 28 a 33 nós
8	Duro	Rompem-se os ramos finos das árvores. Geralmente não se pode caminhar contra o vento	17,2 a 20,7 m/s 62 a 74 km/h 34 a 40 nós
9	Muito duro	Ocorrem alterações nas partes salientes dos edifícios, derrubando chaminés e levantando telhas	20,8 a 24,4 m/s 75 a 88 km/h 41 a 47 nós
10	Temporal	Observa-se rara vez em terra. Arranca árvores e ocasiona danos consideráveis nos edifícios	24,5 a 28,4 m/s 78 a 55 km/h 48 a 55 nós
11	Borrasca, Tempestade	Não há verdadeira experiência em terra. Ocasiona destroços em todas as partes	28,5 a 32,6 m/s 89 a 102 km/h 56 a 63 nós
12	Furacão	Não há experiência	32,7 a 36,9 m/s 103 a 117 km/h 64 a 71 nós

Se deverá aplicar-se a expressão "vento com rajadas" quando o desvio entre o máximo da rajada e a velocidade média ultrapassa 5 m/s.

Não se deve confundir "rajada" com "borrasca". Assim "rajada" refere-se a flutuações relativamente rápidas da força do vento junto à superfície do Globo, devido a turbulência. "Borrasca" é um vento forte que começa bruscamente, dura alguns minutos e depois pára de uma forma relativamente súbita. Mais especificamente, define-se como um súbito aumento da velocidade do vento de, pelo menos, 8 m/s, até 11 m/s ou mais, e durando pelo menos um minuto.

VI - 13 - Observações do vento à superfície

Para as mensagens sinópticas são necessárias informações sobre a direcção do vento em graus a partir do Norte verdadeiro e da velocidade em m/s, a uma altura padrão de 10 m acima do solo em terreno descoberto. Há também necessidade de informações suplementares sobre:

a) mudanças nítidas da direcção e da velocidade do vento
b) horas de começo e fim de borrascas, ventos muito forte, etc.
c) valores extremos da velocidade do vento nas rajadas, etc..

Na maior parte das estações sinópticas a direcção do vento é determinada por meio de um cata-vento e a velocidade é medida com um anemómetro. Com o anemógrafo de tubo de pressão obtém-se registos contínuos de direcção e velocidade num único gráfico. Neste caso, deve fazer-se a média dos valores registados no período de 10 minutos que precedem a hora da observação.

Por vezes, sucede que o registo indica uma mudança significativa na direcção média do vento durante os 10 minutos anteriores à observação. Neste caso não deve aplicar-se a regra de fazer a média dos 10 minutos. Deve então observar-se a pena durante 1 ou 2 minutos para determinar se as flutuações na nova posição. Em caso afirmativo, a nova direcção deve ser considerada como a direcção do vento no momento da observação. Os detalhes observados devem ser anotados na caderneta das observações.

As mudanças de direcção do vento são muitas vezes acompanhadas de alterações no desenvolvimento da velocidade.

CAPÍTULO VII - OBSERVAÇÃO DAS NUVENS

Uma nuvem pode ser definida como um conjunto visível de minúsculas partículas de água no estado líquido ou no estado sólido, ou nos dois, em suspensão na atmosfera. Este conjunto pode incluir partículas maiores de água líquida ou de gelo. Podem também estar presentes partículas sólidas e mesmo líquidas não aquosas, e partículas sólidas tais como as que se encontram nos vapores industriais, fumos ou poeiras.

VII - 1 - Aspecto das nuvens

O aspecto de uma nuvem é determinado pela **natureza, dimensões, número e distribuição espacial das partículas** que o constituem. Depende também da **intensidade e cor da luz** recebida pela nuvem, assim como das posições relativas do observador e da fonte luminosa, em relação à nuvem.

A melhor maneira de descrever o aspecto de uma nuvem é objectivar as suas **dimensões, forma, estrutura, textura, luminância e cor** da nuvem. Comecemos por considerar a luminância e a cor das nuvens.

a) Luminância

A **Luminância** (brilho) de **uma nuvem é determinada pela luz reflectida, difundida e transmitida pelas partículas que a constituem**.

A luz na sua maior parte, vem directamente da fonte luminosa ou do Céu. Pode também vir da superfície do Globo, sendo particularmente forte quando se trata da luz do Sol ou da sua reflectida por um campo de gelo ou de neve.

A luminância de uma nuvem pode ser modificada pela presença de bruma. Pode também sê-lo por fenómenos ópticos, tais como halos, arco-íris, coroas, glórias[1], etc..
Durante o dia, a luminância das nuvens é suficientemente elevada para ser fácil observá-las. Numa noite de luar, as nuvens são visíveis quando mais de um quarto da Lua se encontra iluminado. Numa noite sem luar, pelo contrário, as nuvens são geralmente invisíveis.

[1] É constituída por um ou mais séries de anéis coloridos, que o observador vê em volta da sua própria sombra projectada

Em zonas de iluminação artificial suficiente as nuvens são visíveis à noite. Um banco de nuvens iluminado deste modo pode constituir um fundo brilhante, contra o qual sobressaem, em relevo escuro, fragmentos de nuvens mais baixas.

b) Cor

Uma vez que as nuvens difundem, com intensidade quase igual, a luz de todos os comprimentos de onda, a cor das nuvens depende **principalmente da luz incidente**.

No caso de existir bruma entre o observador e a nuvem, as cores podem modificar-se, havendo a tendência para dar às nuvens uma aparência de distantes e uma coloração amarela, laranja ou vermelha. Fenómenos luminosos especiais podem também influenciar a cor das nuvens.

Quando o Sol está suficientemente acima do horizonte, as nuvens ou partes de nuvens que difundem principalmente a luz do Sol, são brancas ou cinzentas. As partes das nuvens que recebem luz principalmente do Céu azul, são de um cinzento azulado. **Quando a iluminação proveniente do Sol e do Céu é extremamente fraca, as nuvens tendem a tomar a cor da superfície subjacente**. A cor das nuvens varia com a altura e a posição destas em relação ao observador e ao Sol.

À noite, a luminância das nuvens é geralmente demasiado fraca para se ver a cor. Todas as nuvens perspectivas parecem negras ou cinzentas, excepto as iluminadas pela Lua, que tomam um aspecto esbranquiçado. No entanto, uma iluminação especial (fogos, luzes de grandes cidades) pode, por vezes, dar a certas nuvens uma coloração mais ou menos nítida.

VII - 2 - Observação das nuvens

A observação das nuvens, desde que seja **completa, rigorosa e correcta**, fornece uma grande **quantidade de informações sobre a estrutura da atmosfera**. Fornece também informações de utilidade para a previsão da evolução do estado do tempo.

A observação das nuvens divide-se em cinco partes:

a) estimativa da quantidade das nuvens ou nebulosidade
b) identificação das formas das nuvens
c) medição ou estimativa da altura da base das nuvens
d) determinação da direcção de onde vêm as nuvens
e) medição da velocidade de deslocação das nuvens,
de que se trata a seguir.

VII - 3 - Nebulosidade

A unidade de quantidade das nuvens é o oitavo. Esta unidade é um oitavo do Céu.

A escala usada para registar a quantidade de nuvens é a que se reproduz na tabela que segue:

Código numérico	**Nebulosidade**
0	Nenhuma
1	1/8, ou menos, mas não zero
2	2/8 de Céu coberto
3	3/8 de Céu coberto
4	4/8 de Céu coberto
5	5/8 de Céu coberto
6	6/8 de Céu coberto
7	7/8 ou mais, mas não inteiramente coberto
8	Céu completamente coberto
9	Céu obscurecido (por exemplo, por nevoeiro), ou impossibilidade de avaliar a quantidade das nuvens (devido à escuridão)

A nebulosidade só é codificada 0 quando o Céu está completamente limpo, sem único vestígio de nuvem. Só se usa o número de código 8 quando o Céu está completamente encoberto, isto é, não há abertas ou intervalos de qualquer espécie.

Os "vestígios" de nuvens devem ser indicados pelo número de código 1. Este número utiliza-se para quantidades até 1/8, (mas inferiores a 3/16).

"Encoberto, mas com abertas" deve ser indicado pelo número 7. Este número deve ser utilizado para quantidades de, pelo menos, 7/8, (mas mais do que 13/16).

A quantidade das nuvens deve ser avaliada supondo que as nuvens existentes se encontravam juntas umas às outras, formando uma camada contínua. Primeiro divide-se o céu em quatro em quatro quadrantes, por meio de diâmetros perpendiculares. Avalia-se

separadamente a quantidade existente em cada quadrante e depois somam-se as quatro quantidades.

É também necessário avaliar a quantidade das nuvens de determinada forma ou tipo, tais como nuvens baixas. Ao fazê-lo, a área ocupada por todas as outras formas ou tipos de nuvens, visíveis no momento, deve ser considerada como se fosse Céu azul.

Quando se pode ver o Sol ou as estrelas através do nevoeiro, poeira, fumo, etc., e não há provas de existência de nuvens, o número de código utilizado é 0. Quando se observam nuvens através de nevoeiro ou outros fenómenos, a quantidade deve ser avaliada do modo como as circunstâncias o permitirem.

VII - 4 - Formas das nuvens

A identificação das formas das nuvens não é fácil, dado que há uma transição gradual entre os diversos tipos de nuvens. A melhor maneira de fazer observações correctas das nuvens é manter uma vigilância, tanto quanto possível constante, sobre a sua evolução. Não basta fazer simplesmente um exame breve ao Céu à hora da observação.

O estudo das diversas formas das nuvens deve ser acompanhado de uma observação contínua de fotografias de nuvens. Quando se tenta identificar nuvens no Céu, é necessário, em caso de dúvida, ter sempre em consideração a sua definição correcta e examinar as fotografias correspondentes.

Já anteriormente se tratou da classificação das nuvens, assim como das definições das diversas formas das nuvens. (ver Tábua III.1.).

Apresentam-se, de seguida, algumas das características utilizadas para identificar as formas das nuvens mais importantes.

VII - 5 - Identificação do género das nuvens

Algumas das características utilizadas na distinção dos diversos géneros de nuvens são as seguintes:

(a) Cirro (Ci)

(i) Andar	Superior
(ii) Definição	Nuvens isoladas - filamentos brancos e delicados bancos ou faixas estreitas brancas ou quase brancas - aspecto fibroso ou sedoso.
(iii) Constituição física	Estas nuvens são constituídas por cristais de aspecto gelo. Quando se apresentam em bancos podem ter espessura suficiente para obscurecer o Sol. São sempre brancas quando o Sol está suficientemente acima do horizonte.
(iv) Principais diferenças entre os Ci e outras nuvens	**Ci e Cc** - Os cirros (**Ci**) têm um aspecto predominantemente fibroso ou. sedoso - Não incluem pequenos elementos nebulosos em forma de grãos, nem apresentam pregas, etc..
	Ci e Cs - Os cirros (**Ci**) têm uma estrutura descontínua. - Quando se apresentam em bancos ou faixas, os **Ci** têm menor extensão horizontal ou partes contínuas estreitas. - Frequentemente é difícil distingui-las, quando próximas do horizonte.
	Ci e Ac - As nuvens **Ci** são mais sedosas ou fibrosas. **Ci e As** - As nuvens **Ci** têm menor extensão horizontal e quase sempre um aspecto branco.
(v) Formação	No ar limpo formam-se muitas vezes tufos de **Ci**. Estes podem também resultar da transformação de **Cs** não uniformes, por evaporação das suas partes menos espessas

(b) Cirrocúmulo (Cc)

(i)Andar	Superior
(ii) Definição	Banco, lençol ou camada delgada de nuvens brancas, sem sombras próprias, constituídas por elementos muito pequenos em forma de grãos, de pregas, etc.; ligados ou não, e dispostos mais ou menos regularmente; a maioria dos elementos tem largura aparente inferior a um grau

(iii) Constituição física e aspecto.	Estas nuvens são constituídas quase exclusivamente por cristais de gelo. Podem existir gotículas de água sobrefundidas, mas em regra passam rapidamente a cristais de gelo. Podem apresentar-se em bancos com a forma de lente ou amêndoa. Raramente, os elementos são pequenos tufos. Sempre suficientemente pouco espessos para revelarem a posição do Sol ou da Lua. Observam-se por vezes irisações[2] ou. uma coroa[3]
(iv)Principais diferenças entre Cc e outras nuvens	**Cc e Ci -** Ver **Ci** – **Cc e Cs -** Dividido em elementos menores. - Podem incluir partes fibrosas ou sedosas mas estas não são predominantes. **Cc e Ac** - A maioria dos elementos é menor do que os dos Ac (inferior a 1 grau) e sem sombra própria.
(v) Formação	Os **Cc** podem formar-se no ar limpo. Os **Cc** podem também resultar de uma transformação de **Ci** ou **Cs**, ou de uma diminuição de dimensões dos elementos de uma formação de **Ac**
(c) Cirrostrato (Cs)	
(i) Andar	Superior
(ii) Definição	Véu nebuloso transparente e esbranquiçado, de aspecto fibroso ou liso, que cobre total ou parcialmente o Céu. Pode produzir fenómenos de halo[4].
(iii) Constituição física e	Esta nuvem é constituída principalmente aspecto cristais de gelo. Pode apresentar-se em forma de véu fibroso com estrias finas, pode assemelhar-se a um véu nebuloso. A orla pode ser às vezes bem nítida, mas é mais frequentemente franjada de cirros. Os Cs nunca são suficientemente espessos para impedir os objectos no solo de dar sombras .Os **Cs** ténues produzem

[2] São cores que aparecem nas nuvens, uma vez misturadas, outras vezes em forma de faixas sensivelmente paralelas aos bordos das nuvens. Predomina a cor-de-rosa, muitas vezes com tonalidades de pastel. As linhas de separação entre as cores não formam círculos com o Sol no centro mas si faixas que acompanham os contornos das nuvens.

[3] Uma ou mas séries (raramente mas de três) de anéis coloridos de diâmetro relativamente pequeno, centrado no Sol ou a lua. Em cada série o anel interno é o violeta ou azul e o exterior é o vermelho, entre eles podem ocorrer outras cores.

[4] Fenómeno óptico em forma de anéis, de arcos, de pilares ou de manchas brilhantes. É produzido pela refracção ou reflexão da luz por cristais de gelo em suspensão na atmosfera(nuvens cirriformes ou nevoeiro gelado, etc). Com o sol apresenta cores e com a lua são sempre brancos. O tipo mas vulgar de halo é um anel em volta do Sol ou da Lua.

	frequentemente fenómenos de halo. Às vezes, o **Cs** é tão ténue, que o halo constitui a única indicação da sua presença.
	Cs e Ci Ver **Ci.**
(iv) Principais diferenças entre Cs e outras nuvens	**Cs e Cc** - O **Cs** não apresentam características tais, como grãos, pregas etc.
	Cs e As - O Cs é menos espesso do que os As, e pode apresentar fenómenos de -halo.
	- A lentidão na variação de espessura aparente são características dos Cs, constituem indícios úteis para a distinção entre **Cs** e **As** ou **St**
	Cs e St - O **Cs** é esbranquiçado em toda a extensão e tem um aspecto fibroso.
	Cs e Bruma seca - O **Cs** distingue-se da bruma seca porque esta é opalescente ou tem uma cor entre amarelo sujo e acastanhado. - - Às vezes é difícil distinguir os Cs atravessada bruma seca**.**
(v) Formação	Os **Cs** formam-se em resultado da subida lenta de camadas de ar, de grande extensão horizontal, para níveis suficientemente altos. Podem também resultar da junção de **Ci** ou de elementos de **Cc.** Além disso, os **Cs** podem resultar do adelgaçamento de As ou do espraiamento da bigorna de um **Cb.**
(d) Altocúmulo (Ac)	
(i) Andar	Médio
(ii) Definição	Banco, lençol ou camada de nuvens brancas ou cinzentas, geralmente com sombras próprias, constituídas por lâminas, massas globulares, rolos, etc., às vezes parcialmente fibrosos ou difusos, ligados ou não. A maioria dos elementos dispostos regularmente têm largura aparente entre um e cinco graus.
(iii) Constituição física	Estas nuvens são parcialmente compostas por gotículas de água sobrefundidas. Podem verificar-se camadas de altocúmulos a dois ou mais níveis e com transparência bastante variável Observam-se frequentemente irisações ou uma coroa no **Ac**.

(iv) Principais diferenças entre **Ac** e outras nuvens	**Ac e Cc** - Se as nuvens tiverem sombras próprias são, por definição, **Ac**, mesmo que os seus elementos tenham uma largura aparente inferior a 1 grau. - As nuvens sem sombra própria são Ac se a largura aparente da maioria dos elementos regularmente dispostos for superior a 1 grau e inferior a 5 graus. **Ac e As** - **Ac** se houver qualquer indício de presença de lâminas, massas globulares, rolos, etc.. **Ac e Sc** - Se a maioria dos elementos regularmente dispostos tiver uma largura aparente de 1 a 5 graus, a nuvem é **Ac.**
(v) Formação	Os **Ac** formam-se frequentemente na orla de uma camada extensa de ar ascendente, ou como resultado da turbulência ou convecção no andar médio. Os **Ac** podem resultar do aumento de dimensões ou do espessamento de alguns elementos, pelo menos, de um lençol de **Cc** ou da transformação de **As** ou **Ns.** Os **Ac** formam-se muitas vezes como resultado do espraiamento de **Cu** ou **Cb.**

(e) Altostrato (As)

(i) Andar	Médio
(ii) Definição	Lençol ou camada de nuvens acinzentadas ou azuladas de aspecto estriado, fibroso ou uniforme, que cobre total ou parcialmente o Céu e tem porções suficientemente ténues para que se veja o Sol, pelo menos vagamente, como através de vidro despolido. O altostratos não produz fenómenos de halo.
(iii) Constituição física e aspecto	Os altostratos (**As**) são constituídos por gotículas de água e cristais de gelo, gotas de chuva e flocos de neve. Os As formam-se quase sempre em resultado da subida lenta de camada de ar, de grande extensão horizontal, para níveis suficientemente altos. Nos trópicos, os altostratos (**As**) resultam às vezes do espraiamento da porção média ou superior de um **Cb**. Podem também resultar de um Ac em camada ou do aumento da espessura de um **Cs** em véu.
(iv) Principais	**As e Cs** - Os altostratos **(As)** impedem os objecto no solo de

diferenças nuvens	darem sombra, e apresentam o efeito do vidro despolido, enquanto os Cs apresentam fenómenos de halo. **As e Ac ou SC** - Os altostratos distinguem-se pelo seu aspecto mais uniforme. **As e Ns** - Os altostratos têm sempre porções mais ténues que podem deixar ver o Sol. - Os altostratos têm também uma côr cinzenta mais clara e a superfície inferior geralmente menos uniforme do **que Ns.** - Quando, em noites sem luar, há dúvidas, trata-se de altostratos se não houver precipitação de chuva ou de neve.
(v) Formação	Os altostratos (**As**) resultam, na maioria dos casos, da subida lenta de camadas de ar, de grande extensão horizontal, para níveis suficientemente altos. Os altostratos podem também resultar do espessamento de Cs em véu ou do adelgaçamento de Ns em camada. Às vezes resultam do espraiamento de um **Cb** ou geram-se a partir de um Ac em camada.

(f) Estratocúmulo(Sc)

(i) Andar	Inferior
(ii) Definição	Banco, lençol ou camada de nuvens cinzentas ou esbranquiçadas, ou cinzentas e esbranquiçadas, quase sempre com porções escuras, constituídas por massas em mosaico, glóbulos, rolos, etc., de aspecto não fibroso (excepto quando virga), ligadas ou não. A maioria dos pequenos elementos dispostos regularmente têm largura superiora 5 graus.
(iii) Constituição física e aspecto	Estas nuvens são constituídas principalmente por gotículas de água. As dimensões, espessura e forma dos elementos são muito variáveis. Têm também uma transparência bastante variável.
(iv) Principais diferenças entre Sc e outras nuvens	**Sc e Ac** - Se a maioria dos elementos regularmente dispostos tiver largura superior a 5 graus, a nuvem é **Sc.** **Sc e As, Ns ou St** - Indícios da presença de elementos demonstram ser Sc. **Sc e Cu** - O Estratocúmulo (**Sc**) tem geralmente os elementos em grupos ou bancos e com topos achatados. - Quando os topos dos Sc têm a forma de cúpulas, assentam (ao contrário dos Cu) numa base comum.

(v) Formação - Os Estratocúmulo **(Sc)** formam-se frequentemente pelo espraiamento de Cu ou **Cb.**
Resultam também de turbulência ou convecção junto à base de **Ns** ou **As**.
Podem também formar-se como resultado da elevação de **estratos (St)** em camada.
Podem também resultar do aumento de dimensões de, pelo menos, alguns elementos de **Ac.**

(g) Nimbostrato(Ns)

(i) Andar
(ii) Definição

Pode formar-se nos andares inferior ou médio, mais geralmente no inferior.
Camada nebulosa cinzenta, muitas vezes sombria. O aspecto torna-se difuso pela queda mais ou menos contínua de chuva ou neve. É suficientemente espesso, em todos os pontos, para ocultar o Sol. Por baixo da camada, existem frequentemente nuvens baixas esfarrapadas, ligadas ou não a ela.

(iii) Constituição física e aspecto

Esta nuvem é constituída por gotículas de água, gotas de chuva, flocos de neve, cristais de gelo ou uma mistura destas partículas. O **Ns** forma-se, frequentemente, em resultado da subida lenta de camadas de ar, de grande extensão, para níveis suficientemente altos. Pode também resultar do espessamento de As. **O Ns** forma-se também, às vezes, pelo espraiamento **de Cb.**

(iv) Principais diferenças entre Ns e nuvens

Ns e As - Ver **As.**
Ns e Ac ou Sc - O **Ns** não tem elementos com contornos nítidos, nem uma base nítida.
Ns e St - O **Ns** produz chuva ou neve, enquanto a precipitação de St é em forma de chuvisco.
Ns e Cb - Quando o observador está por baixo de **um Cb** com aspecto de **Ns,** os relâmpagos, trovões ou saraiva identificam a nuvem como Cb.

(v) Formação

O Ns forma-se mais frequentemente na subida lenta de camadas de ar, de grande extensão horizontal, para níveis suficientemente altos. Pode também resultar do espessamento de As, ou raramente de Sc ou Ac. Há ocasiões em que se forma pelo espessamento **de Cb**.

(h) Estrato (St)

(i)Andar	Inferior
(ii) Definição	Camada nebulosa, geralmente cinzenta, de base bastante uniforme. Quando se vê o Sol através da camada, o contorno é nítido. Às vezes os **St** apresentam-se em forma de bancos esfarrapados. A precipitação, quando existe, é sob a forma de chuvisco
(iii) Constituição física e aspecto	Os **St** são, em regra, constituídos por pequenas gotículas de água. Quando espessos, podem conter gotículas de chuvisco, prismas de gelo ou neve em grãos. Geralmente apresentam-se uniforme, com base baixa. Podem ser tão ténues que permitam distinguir nitidamente o contorno do Sol ou a Lua.
(iv) Principais diferenças entre St e nuvens semelhantes	**St e As** - Os **St** não esbatem o contorno do Sol. **St e Ns** - Os **St** têm geralmente uma base uniforme e bem definida. Os **St** têm um aspecto "seco" que contrasta com o aspecto "molhado" do **Ns.** Quando acompanhados de precipitação distinguem-se facilmente, porque os **St** só dão precipitação fraca de chuvisco. **St e Sc** - Os St não revelam indícios da presença de elementos, ligados ou não. **St e Cu** - Os **St** em fragmentos esfarrapados são menos brancos e menos densos, e, têm menor extensão vertical.
(v) Formação	Os estratos em camadas resultam do arrefecimento das camadas mais baixas da atmosfera. Podem também formar-se St esfarrapados, em forma de nuvens acessórias, por efeito da turbulência, quando o ar fica mais húmido pela precipitação proveniente de **As, Cb, Ns** ou **Cu**. Os **St** podem resultar de **Sc**, quando a superfície dos **Sc** desce, ou perde, o relevo ou subdivisões aparentes. Um mecanismo vulgar da formação de **St**, é a subida lenta de uma camada de nevoeiro, por aquecimento da superfície do Globo ou aumento da velocidade do vento.

(i) Cúmulo (Cu)

(i) Andar	Inferior
(ii) Definição	Nuvens isoladas, geralmente densas e de contornos nítidos. Desenvolvem-se verticalmente em forma de montículos, cúpulas, torres, etc., cuja região superior parece muitas vezes uma couve-flor. As porções iluminadas pelo Sol são quase sempre de um branco brilhante, enquanto a base é realmente

sombria, e sensivelmente horizontal. Estas nuvens **(Cu**) são, às vezes, esfarrapadas.

(iii) Constituição física e aspecto

Os cúmulos são principalmente constituídos por gotículas de água. Podem formar-se cristais de gelo nas porções da nuvem em que a temperatura seja bastante inferior a 0 ^{o}C.
Os cúmulos **(Cu)** podem variar muito de extensão vertical, podendo ter um aspecto achatado ou chegar a parecer uma enorme couve-flor precipitação em forma de aguaceiros. Pode às vezes formar-se um cúmulo esfarrapado de mau tempo, por baixo de um grande cúmulo com precipitação.

(iv) Principais diferenças entre Cu e nuvens semelhantes

Cu e Sc - Devem classificar-se como cúmulo enquanto os topos tiverem a forma de cúpula e as bases não estiverem ligadas
Cu e As ou Ns - Se a precipitação for do tipo aguaceiros, a nuvem é um cúmulo.
Cu e Cb - Enquanto todas as partes superiores tiverem contornos bem nítidos, e não aparecer textura fibrosa ou estriada, a nuvem é cúmulo. Se vier acompanhado de relâmpagos, trovões ou saraiva, então é **Cb.**

(v) Formação

Os cúmulos (**Cu**) formam-se em correntes de convecção, que se estabelecem quando o gradiente vertical da temperatura nas camadas inferiores da atmosfera é bastante forte. Tais gradientes podem resultar de vários mecanismos, dos quais ou mais vulgares são:

- Aquecimento de ar junto à superfície do Globo.
- Arrefecimento ou advecção de camadas de ar frio com expansão vertical.
- Subida de camadas de ar com expansão vertical.

(j) Cumulonimbo (Cb)

(i) Andar — Inferior

(ii) Definição — Nuvem densa e forte de grande extensão vertical, em forma de montanha ou enormes torres. A região superior, pelo menos em parte, é, em regra, lisa, fibrosa ou estriada, e quase sempre achatada. Esta parte espraia-se frequentemente em forma de bigorna ou grande penhacho.

(iii)Constituição física e aspecto

O cumulonimbo **Cb**) é constituído por gotículas de água, e, sobretudo na parte superior, por cristais de gelo. Contém

também grandes gotas de chuva e, muitas vezes, flocos de neve, neve rolada, granizo ou saraiva. Muitas vezes as dimensões horizontais e verticais **do Cb** são tão grandes, que só se pode ver a forma característica da nuvem, em conjunto, quando observada a distância considerável

(iv) Principais diferenças entre Cb e nuvens

Cb e Ns - Quando cobre grande parte do Céu, pode facilmente confundir-se com Ns. Se a precipitação for em aguaceiros ou acompanhada de trovões, saraiva ou relâmpagos, considera-se que a nuvem é **Cb.**

Cb e Cu - Quando uma parte, pelo menos, da região superior, perde a nitidez de contornos, é um **Cb**.

- Trovões, relâmpagos ou saraiva indicam a presença de **Cb**

(v) Formação

Os **Cb** provêm normalmente de cúmulos **(Cu**) grossos e fortemente desenvolvidos, por evolução contínua.

Os **Cb** provêm às vezes de **Ac** ou **Sc**, cujas porções superiores têm protuberâncias em forma de pequenas torres. Podem também resultar da transformação, e evolução, de uma porção de As ou Ns.

.

VII - 6 - Altura da base das nuvens

Embora seja preferível determinar a altura da base de uma nuvem por medição, há muitas vezes necessidade de se recorrer a estimativas visuais.

Os principais métodos utilizados na determinação da altura de bases das nuvens, a partir do solo, são os seguintes:

- pequenos bolões-piloto
- projectores luminosos
- telémetros e métodos semelhantes
- informações dos pilotos das aeronaves
- estimativa visual

É necessário, porém, ter em atenção que as bases das nuvens apresentam frequentemente uma inclinação. Só se devem utilizar objectos a distâncias superiores a 5 Km quando as condições são homogéneas, numa região de grandes dimensões, o que se verifica geralmente com vento forte.

Na maior parte dos casos, a base da nuvem inclina-se para baixo em direcção às encostas da montanha. A estimativa feita por este processo pode, portanto, indicar alturas ligeiramente inferiores à da base da nuvem na atmosfera livre.

Em áreas planas, os observadores experientes podem calcular por estimativa a altura da base das nuvens, mas é difícil fazê-lo com precisão.

A Organização Meteorológica Mundial define base da nuvem como "**a zona mais baixa em que o tipo de escurecimento muda perceptivelmente do correspondente a ar limpo ou névoa para o correspondente a gotas de água ou cristais de gelo**".

Esta definição não constitui numa base conveniente para o projecto objectivo de instrumentos, sobretudo se os instrumentos têm que ser subsequentemente "ajustados" para estarem de acordo com as avaliações dos observadores.

a) Balões piloto

Determina-se a altura da base da nuvem, anotando o tempo decorrido entre a largada do balão e o seu desaparecimento na base da nuvem. Admite-se que o balão sobe a uma velocidade fixa conhecida desde que o vento não seja muito forte, a altura das nuvens até 800 m, pode medir-se pelo método do balão.

À noite, pode prender-se uma lanterna eléctrica.

Deve haver cuidado na utilização das medições feitas por meio de balão-piloto, visto que a velocidade média de subida pode ser diferente daquela que se suponha ao lançar o balão, e isto pode ser devido a correntes verticais, formato do balão, precipitação, turbulência atmosférica, entre outros factores.

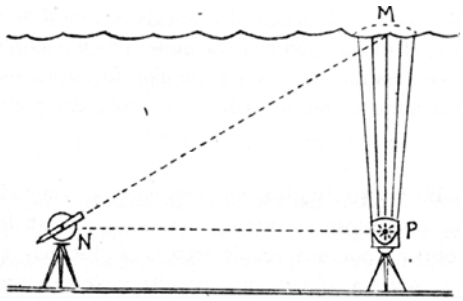
Os balões destinados à medição da altura da base das nuvens, durante o dia, não precisam de ser tão grandes como os balões utilizados para a determinação dos ventos em altitude. Os que pesam cerca de 5 a 10 g são suficientemente grandes.

Devem ser esféricos, e cheios de modo a subir a uma velocidade de cerca de 120 a 150 m/s. Para observar o balão deve usar-se um teodolito, um binóculo ou um telescópio.

b) Projectores luminosos

Na avaliação da altura da base das nuvens, durante a noite, utilizam-se, por vezes, projectores luminosos. Assim, projecta-se para a base da nuvem, um raio luminoso, a um ângulo conhecido, e de um dos extremos de uma distância horizontal fixa. A linha de base e o raio projectado devem situar-se no mesmo plano vertical.

Um observador colocado no outro extremo da linha de base, mede por meio de um clinómetro o ângulo formado pela horizontal e a mancha luminosa projectada na nuvem. Para determinar a altura da base da nuvem, h, poderão utilizar-se tabelas, em que as entradas são: comprimento da linha de base, ângulo do raio luminoso, h, e a altura e a mancha luminosa.



Exemplo de situações que se podem por as utilizar este método:

Alidade - régua de madeira ou metal, móvel em volta de um seus pontos e da qual uma das extremidades se move sobre um quadrante graduado. As alidades servem para medir ângulos, visando-se os objectos por meio de pínulas (alidade de pínulas) ou de uma luneta (alidade de óculo e de quadrante).

Clinómetro - espécie de nível de bolha de ar que mede a inclinação dum plano sobre o horizonte.

Telémetro - Instrumento que serve para medir a distância que separa o observador de um ponto.

c) Telémetros, e métodos semelhantes Para determinar a altura da base de uma nuvem podem utilizar-se as **medições simultâneas da elevação e do azimute da nuvem**, a partir dos dois extremos de uma linha de base, havendo para uso e necessidade de dois observadores. Contudo, a necessidade de comunicação entre os observadores torna o método inconveniente para aplicação de rotina. Fazendo uso de um **telémetro** pode utilizar-se o mesmo princípio, evitando a necessidade de dois observadores, e de uma longa linha de base, devendo haver, no entanto, condições de boa iluminação e contornos nítidos visíveis. Fazendo uso do telémetro, o alvo é examinado por meio de duas objectivas colocadas nas extremidades de um tubo; as imagens são dirigidas ao centro do aparelho por prisma donde o operador as vê com uma luneta; fazem-se coincidir as duas imagens modificando um dos trajectos ópticos por meio dum prisma corrector: nesse momento basta ler uma graduação sobre o disco que acciona esse prisma, para conhecer a distância (tendo havido prévia calibração do instrumento).

d) Informações dos pilotos das aeronaves

Informações deste tipo existem nos aeroportos e dever-se-ão ter em atenção, tendo

feito leituras precisas do altímetro. Deverá haver uma coincidência entre a base da nuvem observada pelo piloto, e pelo observador meteorológico.

e) Estimativa visual

A capacidade de avaliar satisfatoriamente, por estimativa, a altura das nuvens, só pode adquirir-se através de longa experiência. No entanto, a perícia do observador aumentará rapidamente para comparar as suas estimativas com medições instrumentais e com resultados determinadas por aeronaves ou radiossondagem.
Em terrenos acidentados as varetas de referência de altura conhecida podem dar indicações, se as nuvens forem mais baixas do que os cumes das elevações

VII - 7 - Movimento das nuvens

As observações da direcção do movimento e da velocidade das nuvens devem ser feitas com o máximo de frequência possível. Deve proceder-se com cuidado quando em condições de turbulência o movimento aparente devido à turbulência pode ser diferente do movimento real, que é representativo do movimento geral do ar em que a nuvem se forma.

Para minimizar os erros devidos a movimentos verticais, o observador deve, na medida do possível, escolher as nuvens ou elementos de nuvem que não se encontrem muito afastados do zénite.

a) Direcção do movimento

A direcção do movimento refere-se sempre ao sentido de onde a **nuvem se desloca.** Em comunicados sinópticos internacionais a direcção é expressa na escala 01 a 36, usada para o vento à superfície. A melhor maneira de verificar a direcção do movimento é observar a nuvem contra um ponto fixo. Para isso podem servir um mastro de bandeira, uma árvore ou a esquina de um edifício.

a) Velocidade das nuvens

Não é possível medir a velocidade linear de uma nuvem a partir de uma única estação de observação, a não ser que a altura seja conhecida. No entanto, a velocidade angular da nuvem e a direcção do seu movimento podem medir-se com um **nefoscópio**. o termo nefoscópio deriva da palavra grega "nephos" (nuvem). Em comunicados sinópticos internacionais a velocidade angular é expressa em radianos por hora.

Há dois tipos de nefoscópio de uso corrente:

- Os nefoscópios de visão directa, e
- Os nefoscópios de reflexão.

VII - 8 - Observação nocturna das nuvens

À noite surgem, por vezes, dificuldades na observação correcta da formação das nuvens, particularmente quando não se pode contar com o auxílio da luz proveniente da Lua ou das estrelas. Antes de poder identificar as formas das nuvens à noite, o observador deve ser capaz de as identificar de dia, com facilidade.

Em observações nocturnas das nuvens, a Lua presta um grande auxílio, não só proporcionando a luz para ver as nuvens, mas também indicando a espessura e o movimento das que por ela passam. Também as luzes das cidades ajudam o observador a identificar nuvens baixas, quando são reflectidas pela parte inferior das nuvens.

O tipo de nuvens observadas durante o dia indicará, pelo seu processo de formação, a possível presença de tipos semelhantes durante a noite. Também as condições locais terão grande influência sobre as nuvens que se formarão, assim como sobre a hora a que podem prever-se as quantidades máxima e mínima. Finalmente a circulação atmosférica tem nuvens características e o tipo de circulação pode ser identificado a partir de carta sinóptica.

Antes de tentar identificar a formação nublosa é conveniente habituar a vista à luz ambiente. Esta habituação não demora muito tempo e dá bons resultados.

De noite as formas das nuvens podem ser identificadas por meio de observações visuais directas ou indirectas.

a) Observações visuais directas
- Estes métodos incluem:
- Largada de balões;
- Projector luminosos para as nuvens;
- Luz da Lua ou das estrelas e reflexo das luzes das cidades.

Uma lanterna eléctrica, ou uma vela acesa fixa a uma pequena lanterna de papel, é ligada a um balão que se solta para subir a uma velocidade previamente determinada. O intervalo que decorre entre a largada e o momento em que o balão entra na base da nuvem confirmará se a nuvem é do tipo médio ou baixo.

Quando se verificam condições de Céu nublado a encoberto, o projector ajuda a determinar a altura, fornecendo também indicações sobre a forma das nuvens.

b) Observações visuais indirectas

O conhecimento das formas das nuvens predominantes no local, e das respectivas alturas, facilita a identificação das formas e a estimativa das alturas das nuvens. Quanto mais espessa e mais escura for a nuvem, maiores são as probabilidades de ela se encontrar num nível baixo. Em geral, a altura das nuvens que se encontram sobre o mar é inferior à das que estão sobre a terra. Normalmente as nuvens estratiformes tendem a formar-se durante a noite, ou às primeiras horas da manhã, e a dissipar-se pelo meiodia.

As nuvens convectívas, pelo contrário, formam-se e atingem o seu máximo durante a tarde, e dissipam-se normalmente com o arrefecimento.

É também útil o conhecimento das diferentes formas de nuvens associadas a massas de ar e a superfícies frontais.

O tempo predominante dará uma indicação das formas das nuvens associadas.

A intensidade dos aguaceiros indicará as dimensões das nuvens cumuliformes, e qualquer trovão ou relâmpago indicará um cumulonimbo. Chuva contínua indicará um nimbostrato ou um altostrato, enquanto o chuvisco pode ocorrer com um estrato ou um estratrocúmulo.

Antes do pôr do Sol, o observador deve dedicar um breve período ao estudo e exame da estrutura nebulosa no Céu. As informações assim obtidas constituirão um auxílio considerável na identificação das nuvens, uma vez que se pode presumir com segurança que, durante algum tempo depois do pôr do Sol, as condições serão semelhantes.

É necessário exercitar A atenção e o sentido de avaliação, uma vez que não é de maneira alguma fácil identificar nuvens durante a noite. Este é, talvez, o trabalho mais difícil do observador. É preciso, portanto, que o observador seja muito qualificado para obter resultados muito precisos.

Ao identificar formas de nuvens será útil ter presente as seguintes informações:

(a) Numa noite com luar:

Ci **Ci** - Podem ver-se contra a Lua, mas a luz não é afectada; se estas nuvens são espessas pode formar-se outras

Cs **Cs** - Aspecto leitoso em volta da Lua; possibilidades de halo lunar; estrelas difusas e possibilidades de outras, em volta da Lua, serem invisíveis.

Cc **Cc** - Pequenas nuvens que passam em frente da Lua, sem lhe produzirem esbatimento de contorno.

Ac **Ac** - Pequenos fragmentos de nuvem que passam em frente da Lua, mas não a obscurecem; as extremidades são mais ténues do que o centro; podem ver-se coroas mas não halos.

As **As** - Quando é ténue, pode ver-se vaga e uniformemente a Lua, quando a nuvem se desloca. Quando é espesso a Lua é invisível e há chuva fraca.

Ns **Ns -** Lua invisível. Normalmente acompanhado de precipitação fraca.

Sc **Sc -** SEM NUVENS POR CIMA: Lua temporariamente obscurecida. Extremidades ténues, com a Lua visível através delas; podem distinguir-se os contornos. A superfície inferior pode ser iluminada por baixo, sobre as cidades.

Sc - COM NUVENS POR CIMA: Quando as nuvens que se encontram por cima estão fragmentadas, situação igual à anterior. Quando por cima está uma nuvem contínua, então o **Sc** será invisível se a nuvem em questão não for do tipo cirroso.

Cu **Cu** - Vê-se facilmente e nota-se a forma característica. Quando é grande, pode vir acompanhado de aguaceiros.

Cb **Cb** - Só se distingue a distância; pode confundir-se com **Cu** de grandes proporções, ou com As em camadas, se não vier acompanhado de trovões e/ou relâmpagos.

St **St** - Quando é ténue, a Lua pode ser visível: o vento é fraco. Pode dar origem a chuvisco fraco; reflecte as luzes das cidades, etc.. Quando é espesso a Lua fica invisível, há queda de chuvisco e o vento é fraco.

Fs **Fs** - O fractostrato de mau tempo distingue-se pela fraca espessura **St** fractus e porque se desloca rapidamente em frente da Lua. Tem

normalmente outras nuvens por cima.

NOTA: É necessário cuidado quando há nevoeiro. A Lua pode ser pouco visível; em caso contrário, situação igual a ausência de luar. As luzes parecem amarelas.

b) Numa noite sem luar:

Ci ou Cc **Ci ou Cc -** Algumas estrelas brilhantes, outras esbatidas; quando iluminados antes do nascer e depois do pôr do Sol, têm uma cor avermelhada. O esbatimento das estrelas pode ser devido a neblina ou fumo.

Cs **Cs** - Todas as estrelas mais ou menos ofuscadas e com contornos difusos.

Ac **Ac** - Estrelas obscurecidas pelos fragmentos de nuvem, desaparecendo e reaparecendo a intervalos regulares.

As **As** - Se a nuvem cobre todo o Céu, as estrelas são invisíveis; se a camada não é contínua, algumas estrelas são visíveis mas sem desaparecerem e reaparecerem a intervalos regulares. Se a espessura aumenta e a base desce, pode vir acompanhado de chuva; esta fase será constatada por observações precedentes.

Ns **Ns** - Altostrato (As) de altura média, geralmente acompanhado de chuva.

Sc **Sc** - SEM NUVENS POR CIMA: O mesmo que para os Ac, mas ás vezes pode verificar-se chuvisco. Vento geralmente fraco. Sobre as grandes cidades, a superfície inferior é frequentemente iluminada pelas luzes. O uso de bons projectores de nuvens auxiliará a identificação.

COM NUVENS POR CIMA: A menos que a nuvem se situe sobre uma zona muito iluminada, só será visível com a ajuda de um projector de nuvens.

Cu **Cu** - Só pode distinguir-se de **Ac** ou de **Sc** fragmentados se for bem desenvolvido e acompanhado de aguaceiros.

Cb **Cb** - O mesmo que para **Cu,** excepto que podem ser acompanhados de

trovões e/ou relâmpagos.

St **St** Se a camada não é contínua há estrelas visíveis; só pode distinguir-se de As se vier acompanhado de chuva e neblina com vento fraco ou calma. Não deve confundir-se com Sc. Pode reflectir luzes de cidades, etc., e tem aspecto uniforme. Normalmente não se distinguem os estratos "fractus" de mau tempo devido às nuvens que haja por cima.

NOTA: É necessário cuidado quando há nevoeiro. A visibilidade é reduzida. As estrelas podem ser ligeiramente visíveis com contornos brumosos. As luzes de lâmpadas de fila- mento metálico ficam com aspecto amarelado

VII - 9 - Efeitos orográficos

A forma e a altura da base das nuvens são normalmente afectadas pelos movimentos do ar sobre as colinas, montanhas e serras.

A maior parte das observações de nuvens são feitas sem o auxílio de instrumentais - tratam-se de observações sensoriais.

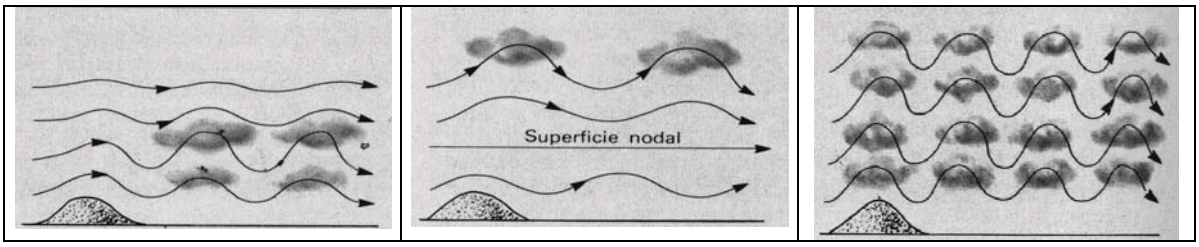


Fig. VII . 0 Mostra as nuvens formadas por arrefecimento adiabático do ar nas cristas das ondas de montanha

Tabela. VII.1 Classificação das nuvens

Género	Espécie	Variedades	Particularidades suplementarias e nuvens Acessórias	Nuvens Genitus	Mãe Mutatus
Cirro	fibratus uncinus- spissatus castellanus flucrus	incortus radiatus vertebratus duplicatus	mammas	Cirrocúmulus Altocúmulos Cumulonimbos	Cirrostatos
Cirrocúmulo	stratiformis lenticulares castellanus focus	undalatus lacunosus	virga mamma		Cirrus Cirrustratus Altocúmulus
Cirrrostrato	fibratus nebulosus	duplientus undulatus		Cirrocúmuos Cumulonimbos	Cirrus Cirruscúmulus Altocúmulus
Altocúmulo	stratiformis lenticulares castellanus focus	translucidos perlucidod opacus duplicatus undulatus radiatus lacutiosus	virga mamma	Cúmulos Cumolonimbos	Cirrocúmulos Altostratus Nimbostratos Estratocúmulos
Altostrato		translucidos opacus duplicatus undulatus radiatus	virga praecipitatio pammus mamma	Altocúmulo Cumulonimbos	Cirrostratos
Nimbostrato			Precipitatio virga pannus	Cúmulo Cumulonimbos	Altocúmulo Altostratos Estratocúmulo
Estratocú- mulo	stratiformis lenticulares castellanus focus	translucidos perlucidod opacus duplicatus undulatus radiatus lacutiosus	Precipitatio virga mama	Altostratos Nimbostratos Cúmulos Cumulonimbos	Altocúmulos Nimbostratos Estratos
Estrato	nebuloso fractus	translucidos opacus undulatus	Precipitatio	Nimbostratos Cúmulos Cumulonimbos	Estratocúmulos

Cúmulo	humilis mediocris congestus fractus	radiatus	pileus velum Precipitatio virga arcus pannus tuba	Altocúmulos Estratucúmulos	Estratocúmulos Estratos
Cumulonimbo	calvus capillatus		pileus velum Precipitatio virga arcus pannus tuba íncus mamma	Altocúmulos Altoestratos Nimbostratos Estratocúmulos Cúmulos	Cúmulos

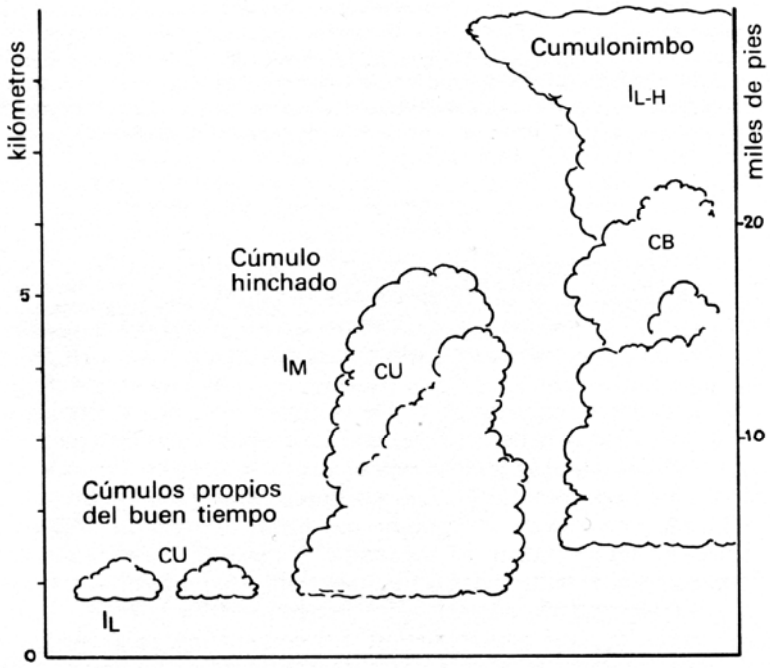
Tabela VII.2
Classificação das nuvens simples

GRUPO (av.)	**CA** Baixa (0-3 km)	**MA** Media (3-7 km)	**DA** Alta (>7 km)
I	Cúmulo de Bom tempo	Cúmulo Inchado	Cúmulo nimbos (sem precipitação.)
II	estrato	alto estrato	cirroestrato
III	estrato cúmulo	alto estrato	cirro estrato
IV (formadoras de Precipitação)	Nimboestrato	cúmulo	cirro
V (não usual)	enumerados	por	separado

GRUPO I Cúmulos

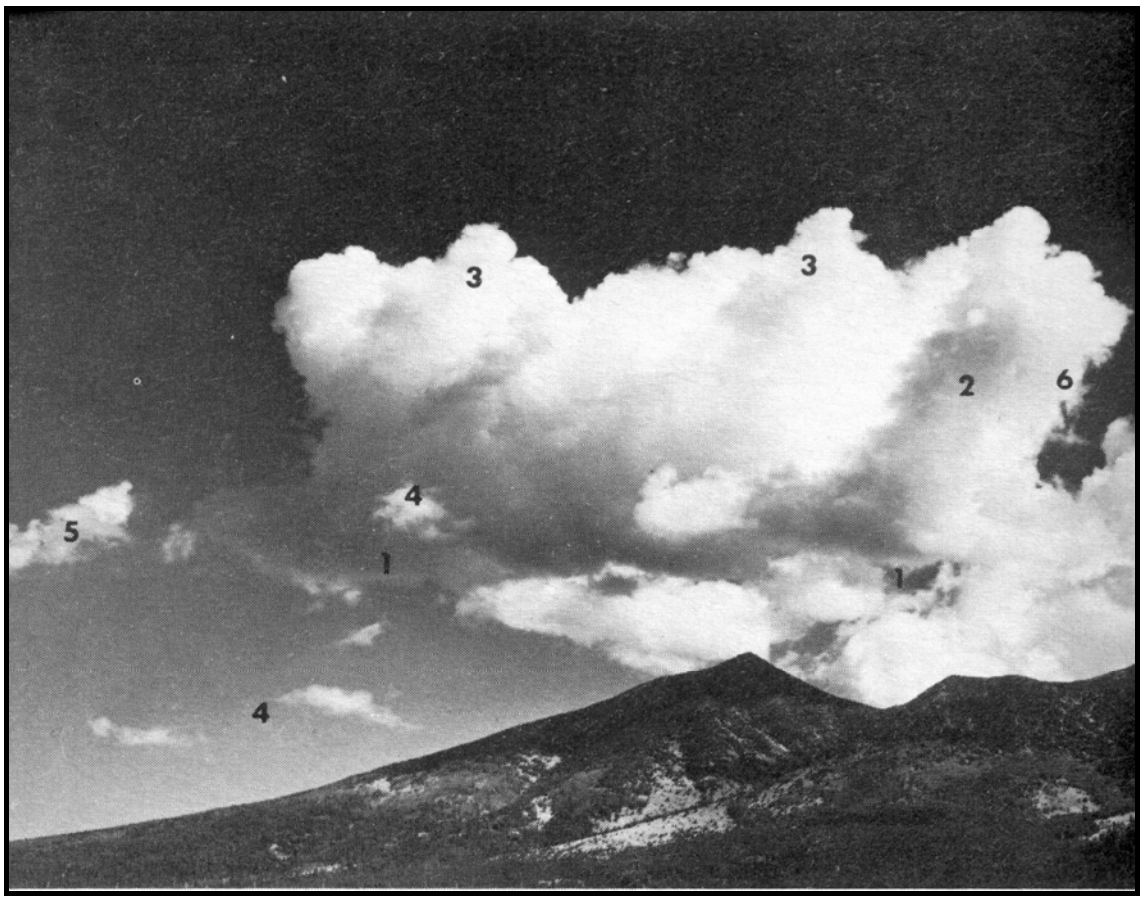
Família dos cúmulos

São nuvens de base plana, em forma de couve-flor, com bordes nitidamente definidos e parte superior da torres elevam-se até diferentes alturas. As dimensões verticais e horizontais dos cúmulos são aproximadamente as mesmas. As dimensões verticais oscilam de centenas de metros até de 20 km.. O diâmetro horizontal varia desde o tamanho de uma maçã até uns poucos km.



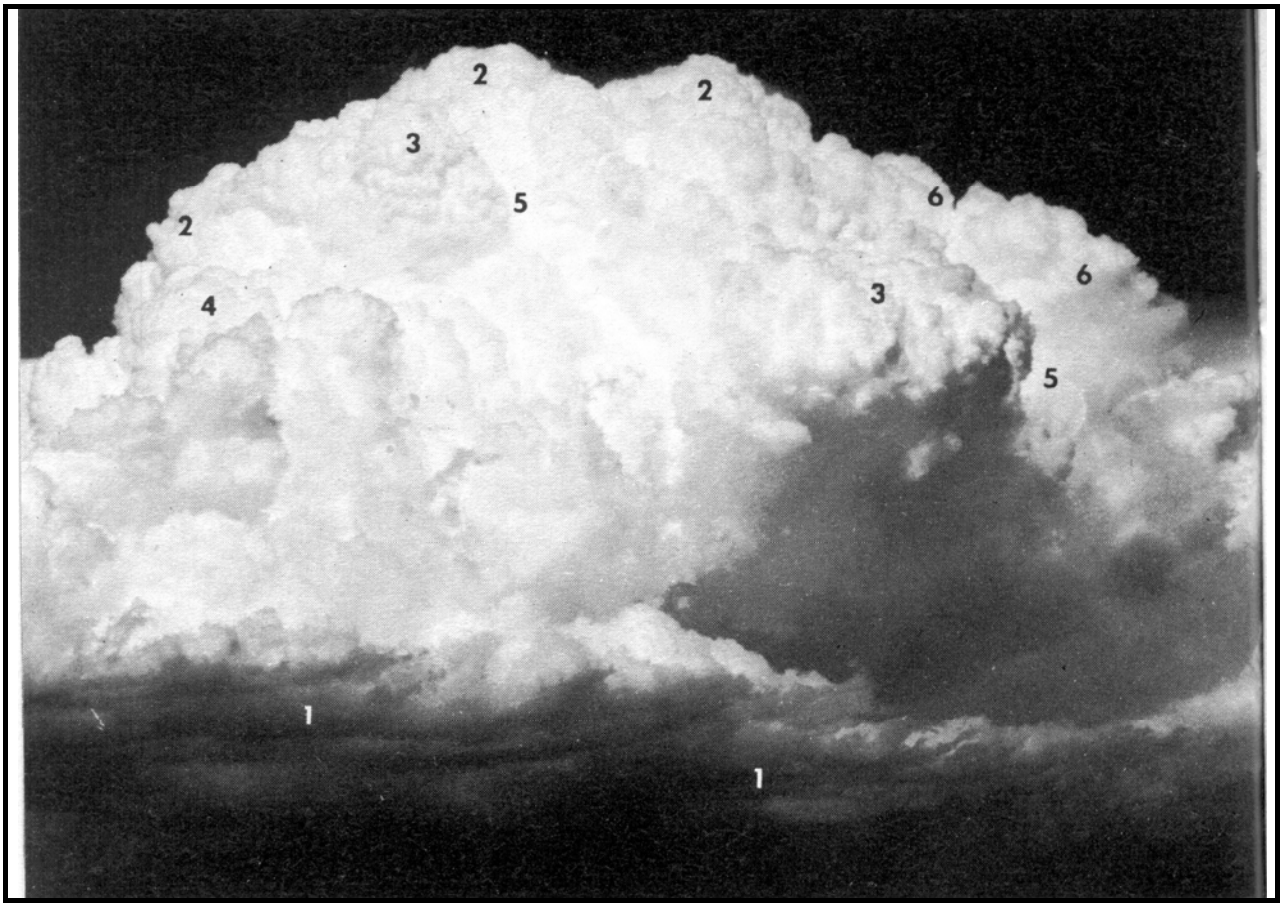
Lâmina VII.1

1 Apresenta a base aplanada das nuvens, correspondentes ao nível de condensação. **2** A parte superior das nuvens tem o aspecto de couve-flor pequena; os elementos arredondados assinalam a presença de muitas células de actividade convectiva, as células podem estar em qualquer fase de desenvolvimento (cada uma tem um tempo de vida talvez de 10 minutos). **3** apresenta um bordo da nuvem em processo de evaporação e adoptar um aspecto desfibrado. **4** é o resto de uma massa de nuvem que experimentou o seu ciclo vital, e consumindo a sua energia e agora esta descendendo e desintegrando-se em fractocúmulos ou cúmulos “esses cindidos”. **5** apresenta áreas claras em que o movimento predominante é para abaixo, o que compensa o movimento para acima indicado pela presença de nuvens.



Lâmina VII.2

1 O cúmulo inchado da foto (Grupo I_{LM})da foto representa um estado mas energético e mais estável da atmosfera, que permite que as células de convecção elevem-se para altitudes maiores. Como sucede com os cúmulos próprios do bom tempo, as bases são geralmente planas. Em **2** observa-se uma célula em forma de chaminé bem desenvolvida, com movimento para acima. A forma da couve-flor converte-se em forma de torre com cúpulas, **3**. Jirones de fractocúmulos encontram-se as vezes a volta da massa de nuvens, como em **4**, representando pequenos resíduos de vapor condensando. Em **6** o movimento vertical existe no interior de uma célula dirige-se para fora e para abaixo, sendo a causa de que comessem a evaporar-se elementos. Esta nuvem particular é muito alta, com base a uns poucos milhares de metros sobre o Monte Agassiz (no N de Arizona), que, pela sua parte, tem uma altitude de 3780 m. Por conseguinte as partículas de água estão provavelmente sobre-arrefecidas.



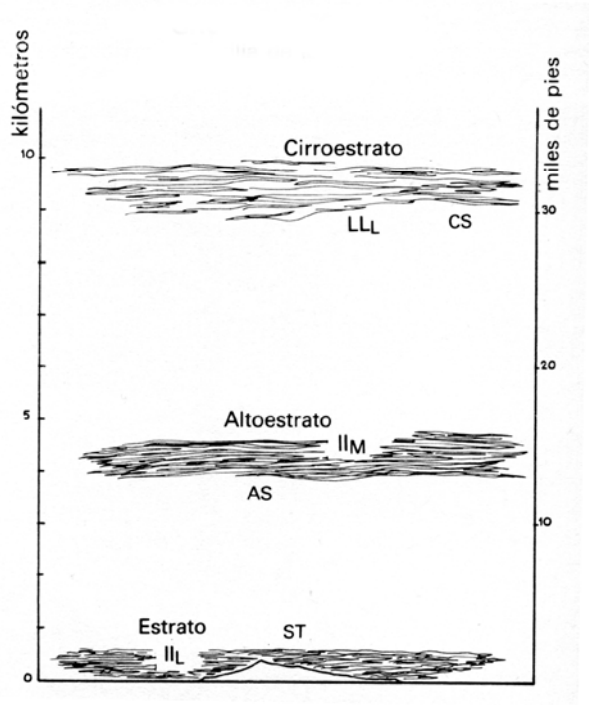
Lâmina VII.3

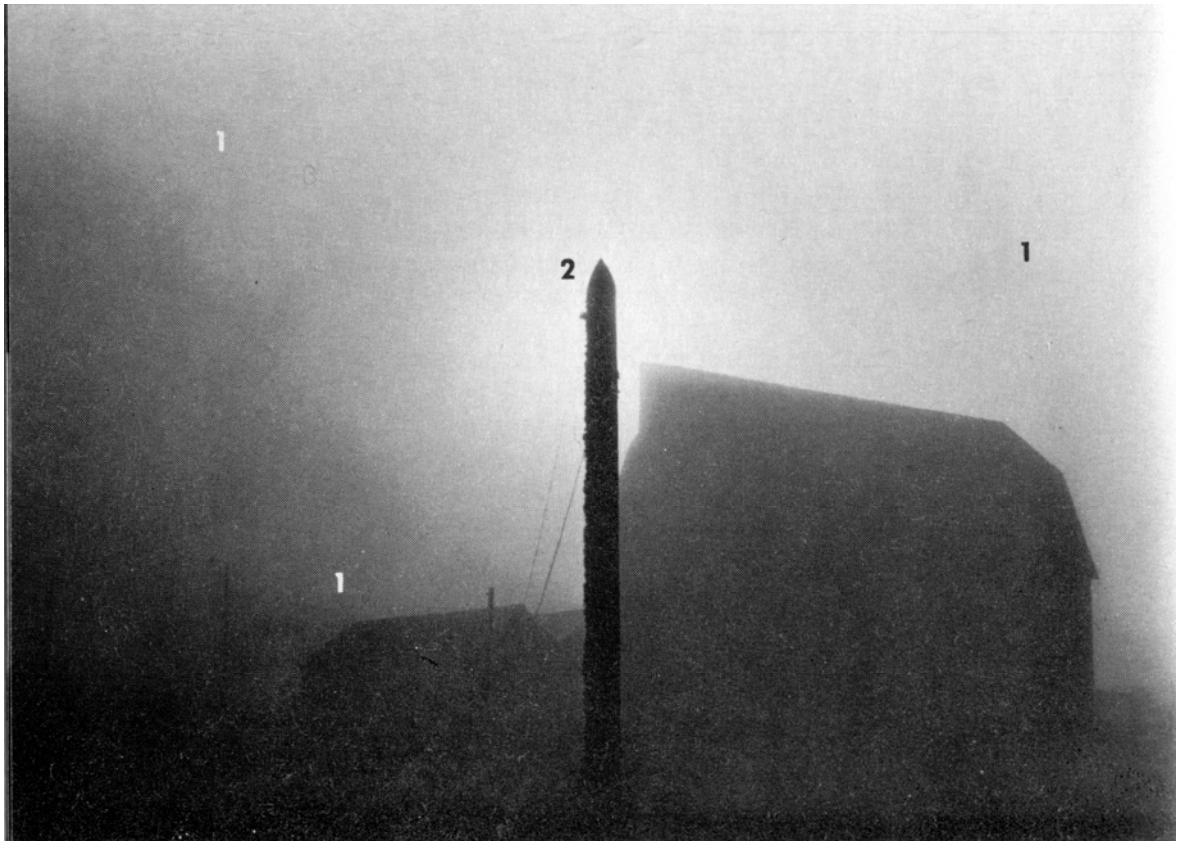
O cumulonimbo (Grupo **I_{LH}**) representa um estado ainda mas energético da atmosfera. Grandes quantidades de energia calorífica são libertadas à medida que o vapor de água eleva-se, condensa-se passando a forma líquida. Isto provoca o efeito de que o ar ascendente seja mais flutuante. Começando pelas bases escuras das nuvens em **1**, vemos a parte superior das nuvens em **2** ainda empurrando para cima.. A máxima actividade esta indicada em **3 e 4. 5** apresenta uma região em que pode haver um movimento descendente relativo.. Em **6**, a parte superior da nuvem, existe uma conversão em gelo, um dos distintivos da transição de entre cúmulo puro e cumulonimbo. Portanto, pode-se considerar esta nuvem como um cumulonimbo muito jovem.

GRUPO II ESTRATOS

Família dos estratos

Aparecem em camadas com a dimensão vertical pequena comparada com a horizontal. Em tanto que a grossura de um estrato típico pode ser de 0,5-1 km, a dimensão horizontal pode variar de 10 km a 1000 km. A área coberta pela nuvem pode ser de 1 000 000 de km^2





Lâmina VII.4

As nuvens do grupo **II$_L$** da família dos estratos situados sobre o solo constitui a névoa. a fotografia mostra o nevoeiro ao nível do solo, **1** desde dentro da nuvem. A nuvem carece de forma. A nuvem é o suficiente delgada como que se pode identificar a posição do sol, **2.**

Lâmina VII.5

Estratos baixos, conhecidos como nevoeiros de advecção. É uma nevoeiro sobre o Golden Gate Bridge que vai desde o Pacífico, **1** até a Bahia de San Francisco, **2**. De novo a névoa é uma nuvem, sem forma, na parte superior , **3**, nesta a base está mais nitidamente marcada que a base,**4**.

Lâmina VII.6

Os estratos existentes nas camadas médias (Grupo **II_M**) denominam-se altoestratos. Elevação compreendida entre os 3 e 6 km. Esta é uma camada que contém muitos altoestratos bastante típica, apresentando o efeito do vidro pulido,**1**, e um aspecto cinzento mate,**2**.

LâminaVII.7

Modelo uniforme de cirroestratos, 1, despleigado por todas as partes do céu. A nuvem parece mais grossa nas posições inferiores da fotografia, mais esta é uma ilusão é devida à perspectiva .

GRUPO III CÚMULOS E ESTRATOS

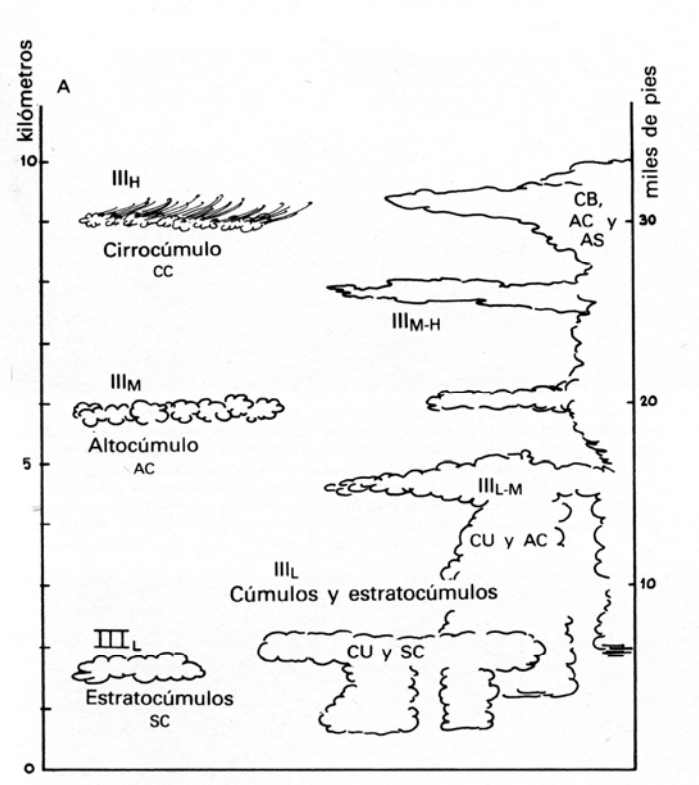
A presença de camadas estáveis na atmosfera converte o movimento vertical em horizontal. Isto sucede com a frequência tal que merece a consideração do grupo separado.

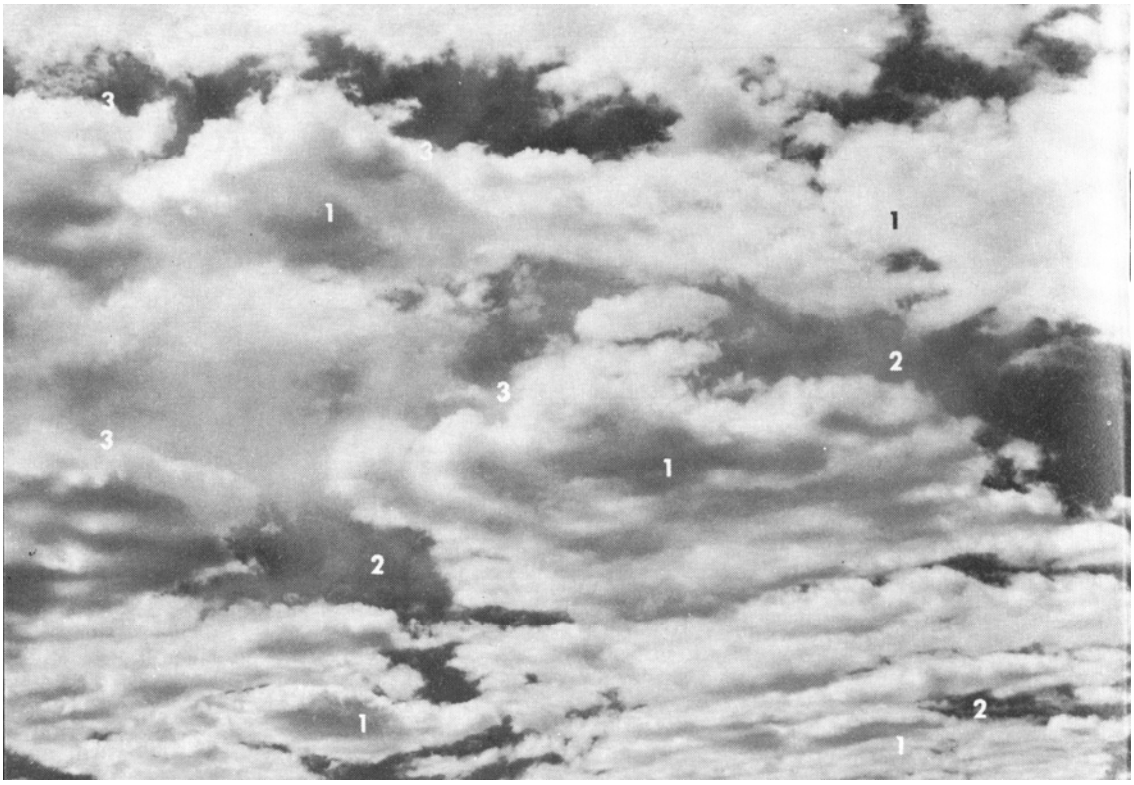
Ao nível mais baixo encontra-se Frequentemente nuvens estratiformes Estas apresentam provas de células convectivas que produzem regiões grossas e finas na nuvem e determinam os movimentos de elevação e descida respectivamente. Esta nuvem

denomina-se estratocúmulo.

Na camada média, o altocúmulo possuí a mesma composição celular. Algumas vezes as células estão dispostas em fios. Falando em geral, as regiões sem nuvens são mas pequenas que o espaço nebulado ocupado por o ar ascendente.

Nos níveis superiores, por cima do nível de congelação, persiste o mesmo modelo de uma nuvem formada por água sobre-arrefecida alguns cristais de gelo. as células individuais de convecção parecem mais pequenas , mais isto é principalmente devido a que estão a maior distância do observador. Esta nuvem é o Cirrocúmulo.



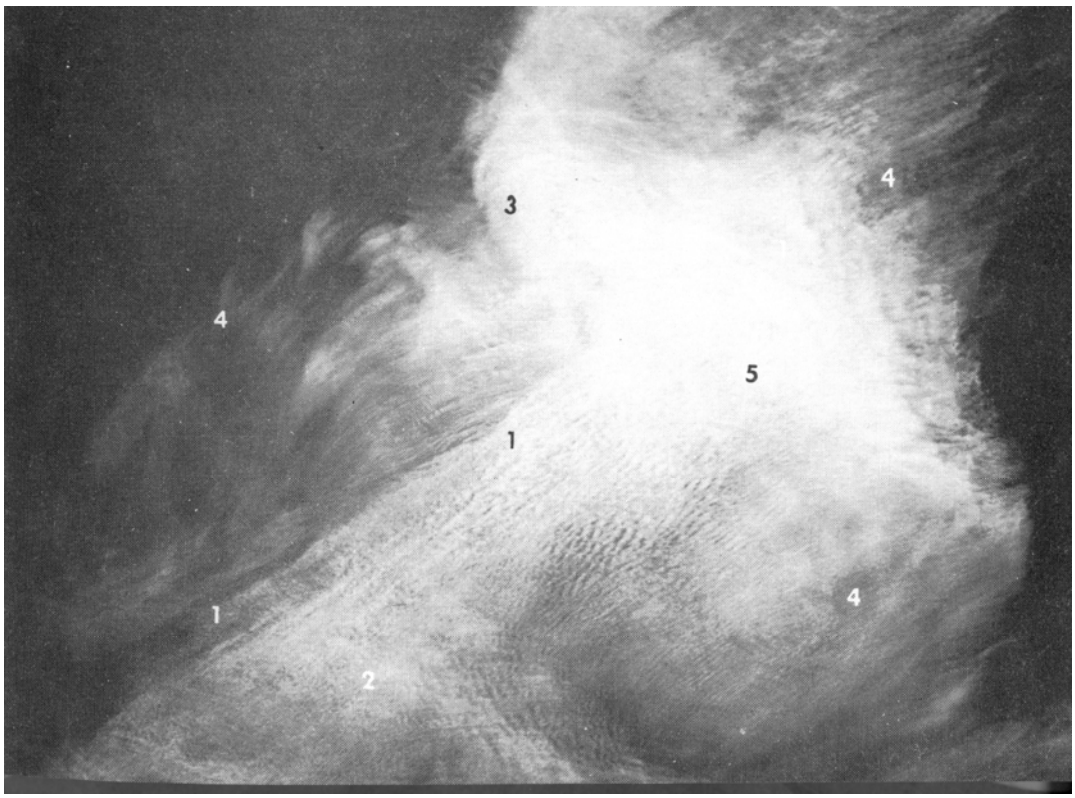


Lâmina VII.8

Estratocúmulo. As bases,1, estão situadas a uma altitude uniforme, a elevação aparente que aparece em 1º plano da base é devida à perspectiva. Os espaços abertos, 2 indicam a presença da porção descendente da célula de convecção, 3, assinala a parte superior da nuvem. A grossura máxima da nuvem estima-se em 0,3 km. As bases pode estar situadas a 1 km de altitude.

Lâmina VII.9

Altocúmulo (Grupo **III$_M$**) **1** identifica regiões inchadas da nuvem, nas quais o ar eleva-se. A descida **2**,está marcado quer por um espaço aberto ou pela fraca espessura da nuvem.



Lâmina VII.10

À direita está um cirrocúmulo (Grupo **III$_H$**), nuvem formada principalmente por gotículas de água sobre arrefecidas com alguns cristais de gelo. Os elementos globulares estão alinhados em forma de fios que vão desde a esquerda da parte inferior à direita da parte superior em **1** mais mudam de orientação em **2**. O centro mais denso em que misturam-se cirrocúmulos e cirros estão em **3**. **4** apresenta as margens de cirro da nuvem. **5** é uma região onde perdeu-se o alinhamento e ainda não se estabelecem.

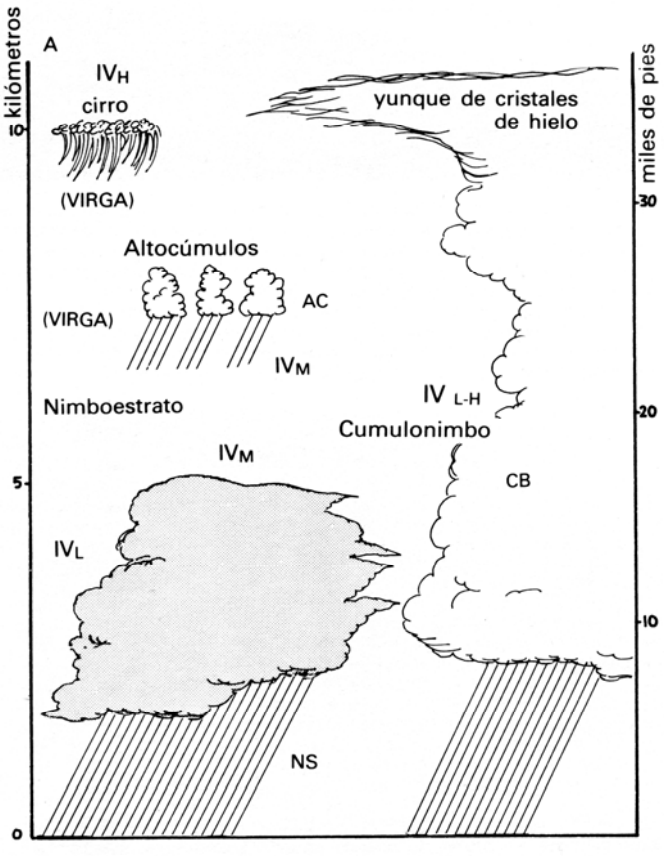
Lâmina VII.11

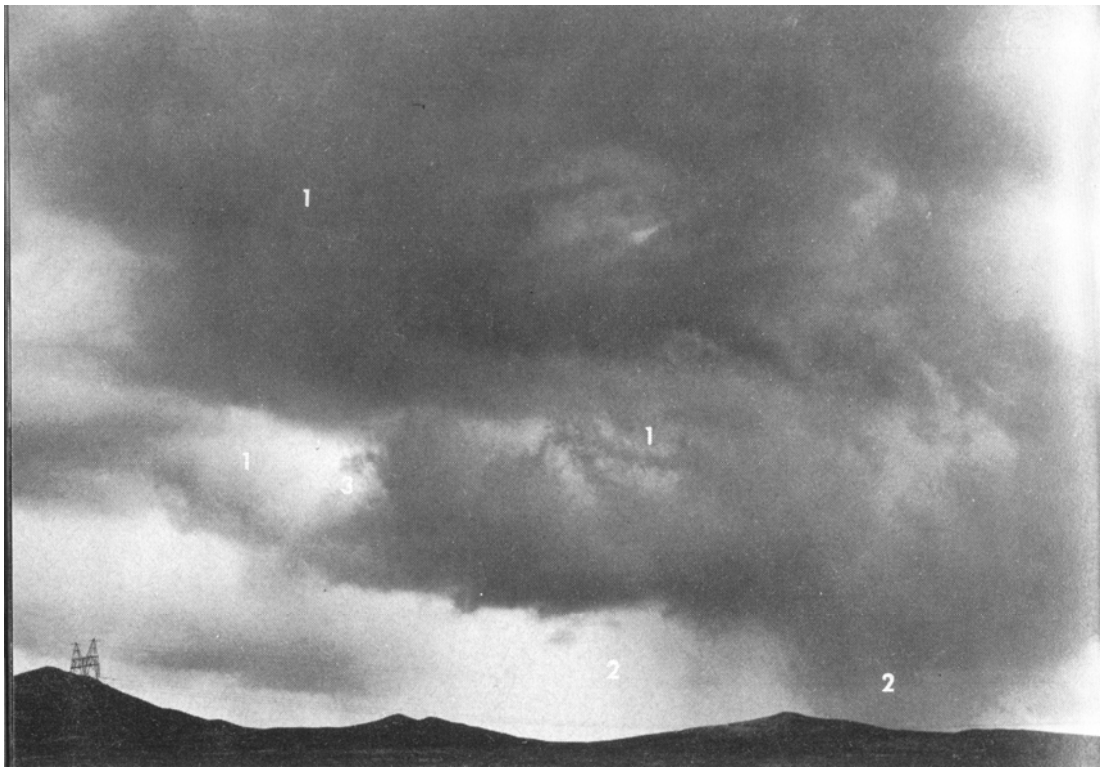
Existe uma forte inversão,1, a aproximadamente 2 km, com o nível de condensação, 2, a 1 km. . Pequenas torres de cúmulos , 3. crescem como em 4 e alcançam o nível de inversão, 1, podem abrir-se para fora. O céu converte-se num agrupamento de cúmulos e estratocúmulos pequenos.

GRUPO IV NUVEMS QUE GERAM PRECIPITAÇÃO

Nimbos é o termo que aplica-se as nuvens deste tipo. A nuvem geradora de precipitação mais comum que encontra-se nos níveis baixos e médios é o nimbo-estrato

GRUPO IV
NUVENS QUE GERAM PRECIPITAÇÃO

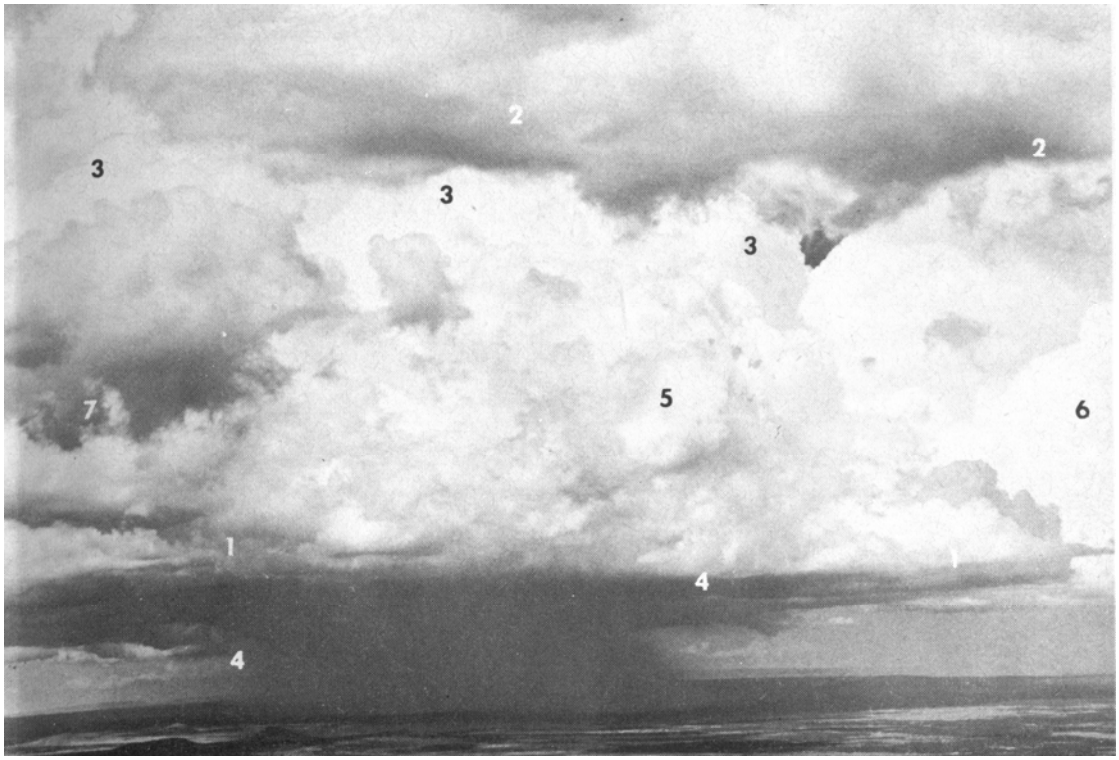




Lâmina VII.12

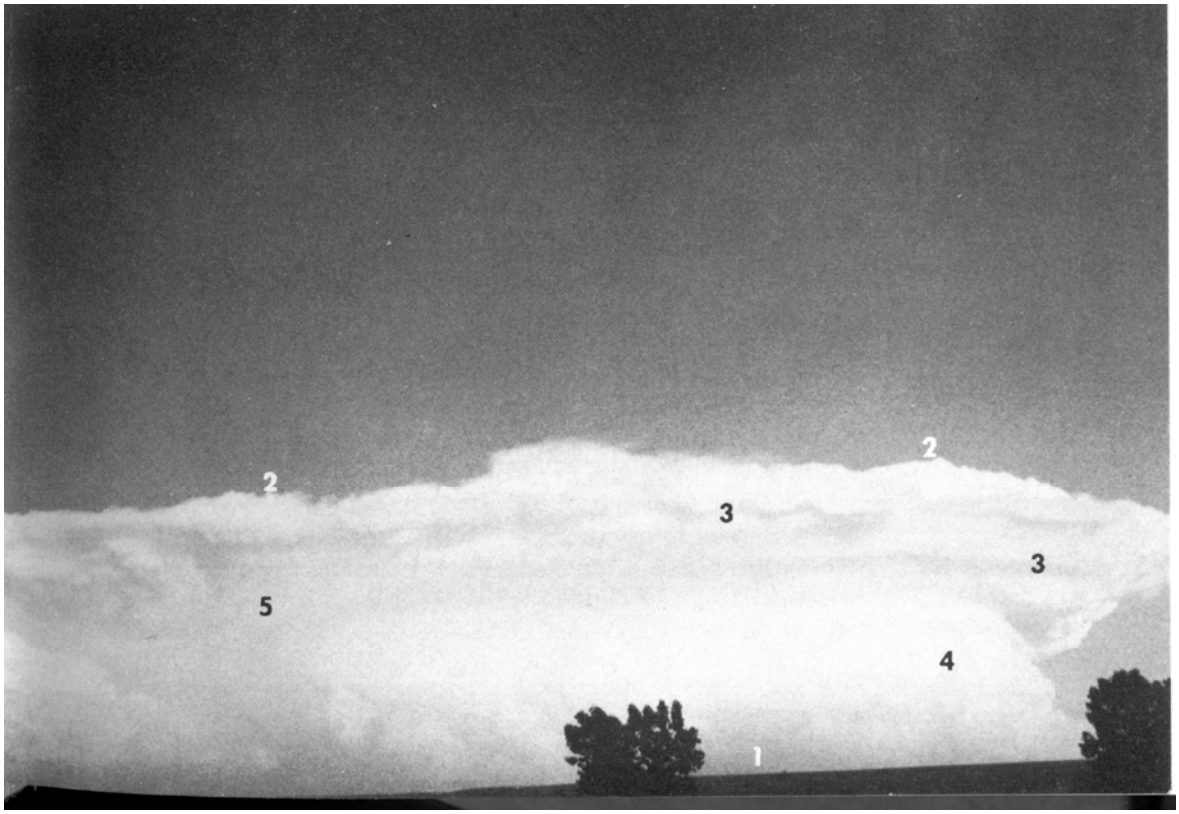
(Grupo **IV $_{LM}$**) O céu cinzento escuro,**1**, produz regiões de precipitação, **2**, com frequência acompanhados de nuvens de trovoadas desfiadas, **3**, que correm velozmente.

Quando o cúmulo ou cumulonimbo gera um aguaceiro a partir da sua base , identifica-se como nimbo (Grupo IV)Na família dos cúmulos ; em diferentes tempos de observação nuvem poderia classificar-se como **I_L,I_{LM},I_{LH} IV_{LH}**.



Lâmina VII.13

Cumulonimbo clássico.**1** mostra a base plana e ampla. A parte superior da nuvem está obscurecida pelas nuvens existentes em **2**, mais deve entrar na parte alta da troposfera. **3** apresenta exemplos de muitas torres convectivas activas associadas a esta nuvem grande. A precipitação forte, **4**, que cai desde a base indica a plena aridez da nuvem. Outras nuvens próximas, **5, 6**, estão numa fase algo anterior ao desenvolvimento, entanto que as margens da nuvem existente em **7** indicam que esta á desintegrando-se.



Lâmina VII.14

Cumulonimbo massivo, a sua base,**1**,está tão alongada que esta situada por debaixo do horizonte. Estima-se que a sua parte superior está a 18 km e o seu diâmetro está entre 15 e 20 km. a nuvem apresenta o efeito de uma tampa imposta por uma camada extremamente estável (inversão), que é provavelmente a base da estratosfera. Impedida de elevar-se pela inversão, a corrente ascendente separa-se até nos lados que produz a estrutura que se vê em **2**, e onde a fibrosidade da margem da nuvem indica glaciação. A actividade tremenda da nuvem esta indicada pela corrente existente em **3**. Exemplos de muitas células aparecem em **4**. Virga caem da nuvem em **5.**

Lâmina VII.15

Nuvens de cristais de gelo que apresentam diferentes formas existentes nos níveis mas frios que o ponto de congelação denominam-se cirros. Aqui estão representados os principais centros geradores, **1**, dos cristais de gelo e das estelas, **2**, de cristais descendentes. As regiões de nuvens grossas e magras estão relacionadas com a actividade relativa do processo de precipitação. Deduzimos que os níveis de alto nível sopram de esquerda a direita, sendo mais fortes os ventos superiores que os inferiores, o que produz a impressão de que as estelas inferiores de precipitação ficam algo atrás.

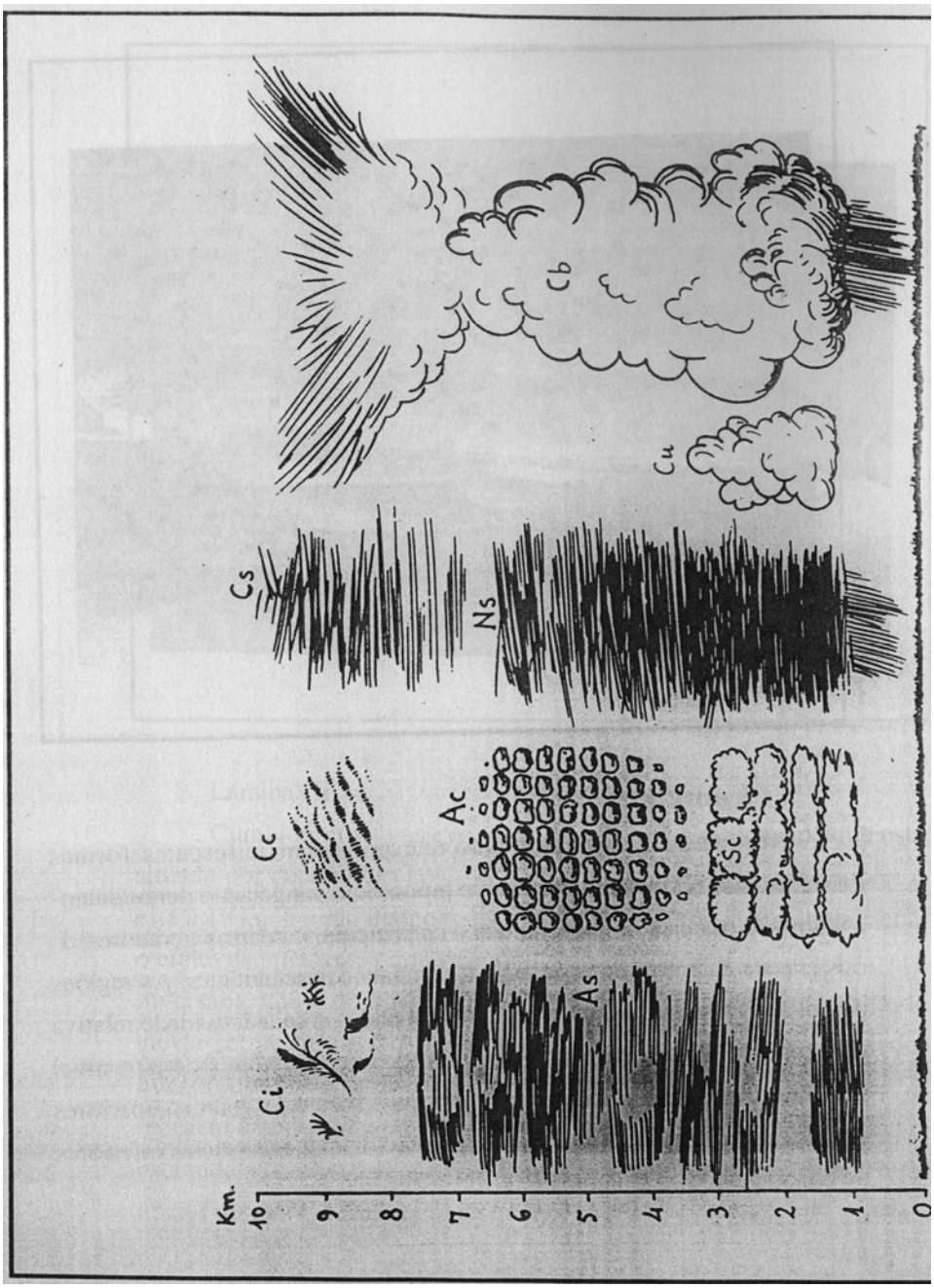


Fig. III. 2 Os dez géneros de nuvens

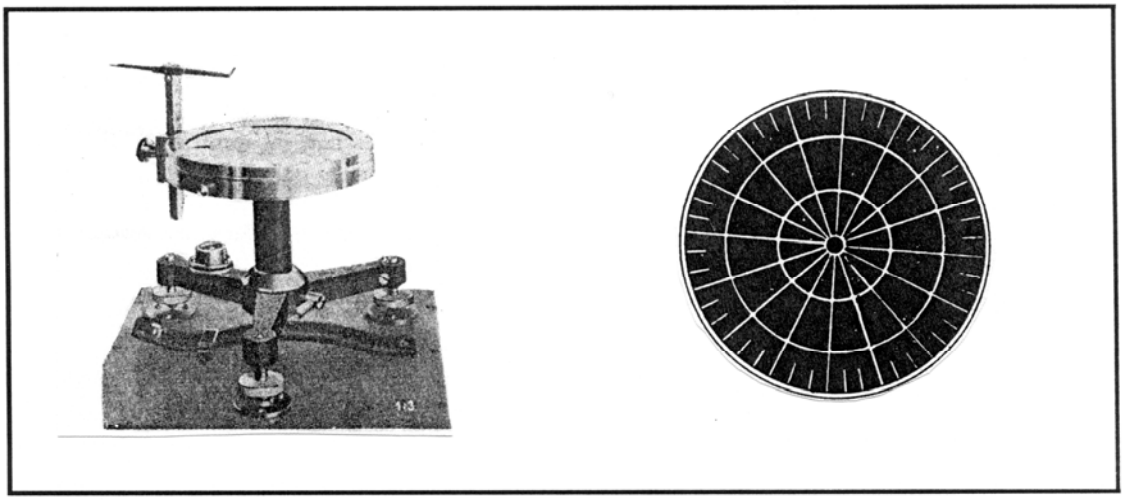


Fig VII.3 Nefoscópio de espelho

O = Olho do observador

A = Ponto da nuvem

Como $CD = \frac{OF}{10}$ será $AB = \frac{AH}{10}$

È o tempo que empleia a imagem da nuvem em passar do centro do espelho C ao círculo D gravado no mesmo, é o que a nuvem precisa para percorrer uma distância igual a décima parte da sua altura

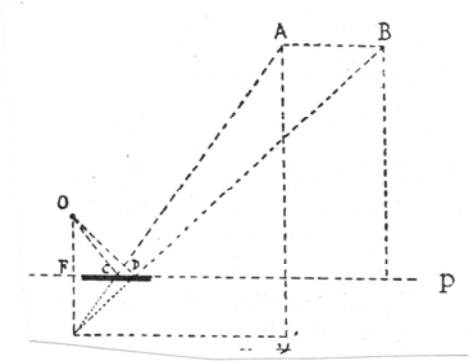
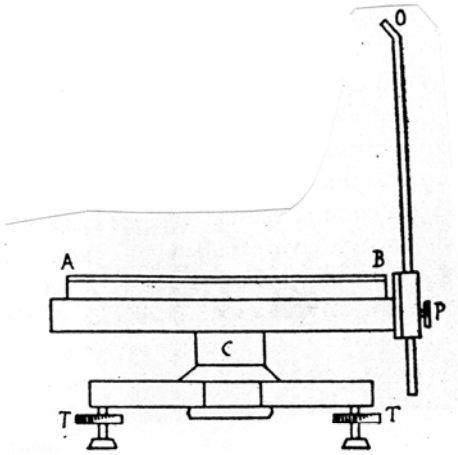


Fig .VII.4 Teoria do Nefoscópio de espelho



AB = espelho

C = pié

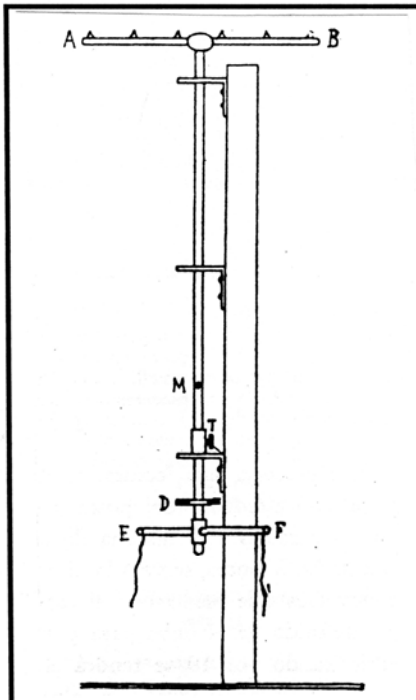
TT = parafuxo nivelador

O = ponto de mira

P = parafuxo de pressão

Na parte superior, o espaço visto de frente com os seus círculos concêntricos de distância e a sua graduação angular em decenas de graus.

Fig VII. 5 Esquema do nefoscópio de espelho

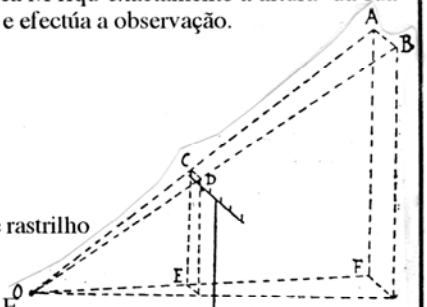


AB - Rastrilho de dois pontas

C - Disco graduado

EF - maneta com as suas coordenas.

O observador afloixa o parafuso de pressão T e faz subir ou deiser o rastrilho até a marca M fiqu exactamente a altura da sua visão; então fixa o parafuxo e efectúa a observação.



Teoria do nefoscópio de rastrilho

O - olho do observador

A - ponto da nuve

como $\frac{CE}{10}$ serão $AB = \frac{AF}{10}$, esto é, o tempo que empleia a nuve para passar aparentemente da ponta C do rastrilho a D, é o que preciso para percorrer uma distência igual a décima parte da altura

Fig VII 6 Nefoscopio de rastrilho

CAPÍTULO VIII - OBSERVAÇÕES METEOROLÓGICAS DE SUPERFÍCIE

Observar "o estado do tempo" ou "o tempo", em linguagem meteorológica, é observar os meteoros, tornados, trombas de água e borrascas.

Relembremos que a palavra **meteoro** se **refere a qualquer fenómeno, diferente de uma nuvem, observado na atmosfera ou à superfície do Globo**.

Podem distinguir-se 4 tipos de meteoros:

a) Hidrometeoros
b) Litometeoros
c) Fotometeoros
d) Electrometeoros

As observações do tempo presente são codificadas nos comunicados enviados pelas estações sinópticas. A maior parte dos fenómenos meteorológicos está incluída nas 100 especificações (00-99) do código de tempo presente para as mensagens sinópticas. Aquelas especificações incluem:

1) a maior parte dos hidrometeoros (por exemplo: precipitações, nevoeiro, neblina, tempestade de neve, surriada)
2) litometeoros (por exemplo: bruma, seca, fumo, tempestade de poeira, tempestades de neve, surriada)
3) certos electrometeoros (por exemplo: trovoadas, relâmpagos)
4) tornados, trombas de água e borrasca.

Os restantes fenómenos meteorológicos não estão incluídos no código do tempo presente, sendo registados na coluna de notas do registo de observações, e abrangem:

i) os hidrometeoros sob a forma de depósito (por exemplo: orvalho, geada, etc.)
ii) os fotometeoros (por exemplo: fenómenos de halo, arco-íris, etc.)
iii) certos electrometeoros (por exemplo: aurora polar, fogo de S. Telmo, etc.).

De seguida, referir-nos-emos às **observações meteorológicas de superfície**, isto é, **observações feitas ao nível do solo ou perto dele**. Começaremos por ver o que é necessário fazer nas estações climatológicas, e nas estações sinópticas, e a seguir referem-se as características dos diversos fenómenos meteorológicos.

VIII - 1 - Estações climatológicas

Numa estação climatológica, o observador deve anotar o estado do tempo que observa ou que observou:

a) no momento da observação (isto é, o "tempo presente")
b) desde a última observação (isto é, o "tempo passado").

Deverá, sempre que possível, completar estas observações, indicando na coluna de notas do registo os fenómenos especiais, a hora do início e fim da precipitação, do nevoeiro, das trovoadas, etc.. Deste modo, se mantém um registo exacto e pormenorizado do estado do tempo.

VIII - 2 - Estações sinópticas

Numa estação sinóptica as tarefas gerais são semelhantes, mas a exigência é maior. As especificações do código utilizado nos comunicados sinópticos incluem:

a) o estado do tempo no momento da observação
b) o estado do tempo durante a hora anterior

c) o estado do tempo que se observa à vista da estação, assim como na estação.

VIII - 3 - Termos usados no código do tempo presente

Ao fazer uma observação do tempo presente, é necessário anotar o estado da atmosfera, e certos fenómenos que ocorrem na estação, ou à vista da estação, no momento da observação. Regista-se a observação escolhendo o número de código apropriado, tendo em consideração a intensidade e a natureza da precipitação ou outros fenómenos.

Ao elaborar os comunicados sinópticos é necessário ter cuidado quando não há precipitação no momento da observação. É necessário ter em conta as condições exigentes durante a hora anterior, ao escolher o número de código apropriado.

O significado de algumas expressões usadas no código do tempo presente é o seguinte:

(a) "Na estação"

Esta expressão refere-se literalmente ao local onde normalmente se executam as observações. No caso de trovoadas, no entanto, não é necessário que a perturbação ocorra directamente por cima. Considera-se que ocorre "na estação" desde que se oiça o trovão.

(b) "No momento da observação"

Esta expressão refere-se ao período de dez minutos que termina à hora oficial da observação. As observações são executadas e registadas durante este período.

Quando, durante este período de dez minutos, ocorram aguaceiros, precipitação intermitente, trovoadas, etc., são registados como se ocorressem no momento da observação.

(c) "Durante a hora anterior"

Significa a hora anterior à hora oficial da observação. Refere-se a fenómenos que ocorreram antes do período de dez minutos do "momento da observação".

(d) "Carácter intermitente ou contínuo da precipitação"

Quando se observa e se assinala o tempo presente, distinguem-se três tipos de precipitação:

i) os aguaceiros

Os aguaceiros provêm sempre de nuvens convectivas. Caracterizam-se por começarem e terminarem subitamente e por rápidas mudanças de intensidade. Têm geralmente duração curta e os intervalos entre eles caracterizam-se por abertas nítidas.

As nuvens estão geralmente separadas e a sua quantidade varia muito. Podem ver-se as nuvens que originam os aguaceiros a formarem-se antes de começar a precipitação ou a aproximarem-se da estação antes de a precipitação a atingir. Quando uma nuvem que origina aguaceiros, bem desenvolvida, se encontra sobre a estação, pode encobrir todo o céu. No entanto, depois do aguaceiro, o céu fica em geral total ou parcialmente limpo. Depois de ter cessado a precipitação na estação pode ver-se a nuvem a dissipar-se ou a afastar-se.

ii) A precipitação intermitente

Cai de uma camada nublosa que cobre geralmente todo o céu (ou quase). O céu fica encoberto (ou quase) mesmo quando não ocorre precipitação. Às vezes o céu pode tornar-se mais claro e haver uma elevação da base das nuvens, sem que apareçam abertas.

iii) A precipitação contínua

Cai de uma camada nublosa, normalmente densa, que cobre todo o céu. Para se registar como contínua, a precipitação deve ter ocorrido sem interrupção durante a hora anterior à hora oficial da observação.

(e) "Intensidade da precipitação"

Não há definições estabelecidas internacionalmente para os termos "fraca", "moderada" e "forte", que se usam para descrever a precipitação. Note-se, no entanto, que estes termos se referem à intensidade da precipitação e não à quantidade total.

(f) Precipitação com congelação"

As observações executadas quando a temperatura é baixa devem distinguir se a precipitação congela ou não. Chuva ou chuvisco congelados produzem geada transparente, ou geada vítrea, por congelação, ao entrar em contacto com objectos sólidos.

VIII - 4 - Determinação da intensidade da precipitação

Os exemplos seguintes fornecem uma indicação dos métodos utilizados para determinar a intensidade da precipitação em algumas estações:

(a) Chuva

Chuva fraca - Precipitação pouco intensa

- A velocidade de acumulação da água no solo ou num udómetro é lenta, não superior a cerca de **0,5 mm por hora**.
- As gotas são grandes e espalhadas ou gotas menores, mais numerosas.

Chuva moderada - As gotas caem com rapidez suficiente para formar poças rapidamente.

- A velocidade de acumulação num udómetro situa-se entre cerca de **0,5 e 4 mm por hora**.

Chuva forte - Queda de água que produz ruído forte nos telhados e encharca as ruas.

- A velocidade de acumulação num udómetro é **superior a 4 mm por hora**.
- Esta expressão é usada não só para chuva torrencial que acompanha as trovoadas, mas também as quedas de precipitação, mais fortes, que ocorrem sem trovoada.

(b) Chuvisco

Chuvisco fraco - Nota-se facilmente na cara e nos pára-brisas de veículos.
- Pode produzir por vezes um ligeiro escoamento na superfície das ruas e dos telhados.

Chuvisco moderado - A água escorre ligeiramente das janelas e da superfície das ruas.

Chuvisco forte - Afecta nitidamente a visibilidade.
- **A água acumula-se num udómetro a uma velocidade até cerca de 1 mm por hora**.

(c) Neve

Neve fraca - Os flocos são geralmente pequenos e dispersos.

Neve moderada - Os flocos são maiores e caem com densidade suficiente para afectar consideravelmente a visibilidade.

Neve forte - A visibilidade é consideravelmente reduzida.

(d) Saraiva

Saraiva fraca - Pedras esparsas, geralmente de pequenas dimensões e muitas vezes misturadas com chuva.

Saraiva moderada - Queda suficientemente abundante para embranquecer o solo
- Quando fundida produz uma quantidade apreciável de precipitação .

Saraiva forte - Inclui pelo menos uma certa percentagem de pedras grandes.
- Prejuízos nas sementeiras, folhas arrancadas das árvores.
- Pode partir vidros de estufas, etc..

VIII - 5 - Fenómenos meteorológicos citados no código do tempo presente

Haverá conveniência em consultar as definições de um certo número de fenómenos

meteorológicos referidos no código do tempo presente usado nos comunicados de meteorologia sinóptica.

Neste parágrafo serão apresentadas as definições correspondentes.

(a) Hidrometeoros

Muitos fenómenos meteorológicos resultam de modificações que intervêm no estado de vapor da água na atmosfera. São conhecidos por **hidrometeoros** e podem ocorrer sob as formas seguintes:

(i) Precipitação (por exemplo: chuva, chuvisco, neve, saraiva);

(ii) Virga;

(iii) Partículas mais ou menos em suspensão na atmosfera (nevoeiro, neblina);

(iv) Depósitos (orvalho, geada, gelo poroso e gelo vítreo).

As formas (i) e (ii) integram-se no código do tempo presente. Note-se que **se usa o termo nevoeiro quando a visibilidade é inferior a 1 quilómetro.**

(b) Litometeoros

Os fenómenos meteorológicos, constituídos na sua maior parte, por partículas sólidas e não aquosas, chamam-se **litometeoros** e podem ocorrer sob as formas seguintes:

(i) Partículas mais ou menos em suspensão no ar (bruma seca, bruma de areia ou de poeira, fumo)

(ii) Partículas levantadas do solo pelo vento (exemplo: nuvem alta ou baixa de poeira ou de areia, tempestade de poeira ou de areia, turbilhão de poeira ou de areia).

O parágrafo VIII - 6 apresenta as definições de litometeoros. Note-se que **bruma seca** se refere a uma suspensão no ar de partículas secas, extremamente pequenas, invisíveis à vista desarmada, suficientemente numerosas por dar ao ar um aspecto opalescente.

Normalmente distingue-se facilmente a bruma seca do nevoeiro ou neblina, pelo

facto de o ar estar relativamente seco. Em caso de dúvida, é geralmente razoável que o obscurecimento seja devido a bruma seca quando a humidade relativa seja inferior a 80%.

(c) Electrometeoros

O código do tempo presente inclui alguns electrometeoros. **Electrometeoro** é **uma manifestação visível ou audível da electricidade atmosférica.**

Os electrometeoros podem ocorrer sob a forma de:

(i) Descargas eléctricas descontínuas (relâmpago, trovão)

(ii) Fenómenos mais ou menos contínuos (fogo de S. Telmo, aurora polar).

O parágrafo VIII - 8 contém as definições dos diversos electrometeoros. O código do tempo presente inclui electrometeoros do tipo (i).

Trovoada é uma combinação de trovão e relâmpago, com ou sem precipitação. O relâmpago é a manifestação luminosa que acompanha a descarga momentânea entre duas nuvens com cargas eléctricas, ou entre uma nuvem e o solo.

O trovão é o som causado pela perturbação atmosférica criada pela descarga eléctrica e pode ouvir-se a distâncias até cerca de vinte quilómetros.

As trovoadas estão associadas a nuvens convectivas. Durante o dia o relâmpago pode não ser visível, mas é necessário indicar a presença de trovoada quando se ouve um trovão.

(d) Tornados, trombas de água e borrascas

O código do tempo presente inclui também os seguintes fenómenos:

(i) Tornado;

(ii) Tromba de água;

(iii) Borrasca.

As borrascas foram tratadas . Muitas vezes é importante registar outros pormenores dos fenómenos meteorológicos incluídos no código do tempo presente. Estes pormenores devem ser registados na coluna de notas do registo. Devem incluir-se pormenores como a hora de ocorrência, a duração e aspectos particulares dos prejuízos causados.

Estes registos complementares não se destinam a substituir os que fazem parte das colunas destinadas a "tempo presente" e "tempo passado".

VIII - 6 - Litometeoros: definições e descrições

Litometeoro é um meteoro constituído por um conjunto de partículas cuja maior parte é sólida e não aquosa. As partículas estão mais ou menos em suspensão no ar ou são levantadas do solo pelo vento.

As definições e descrições dos litometeoros são as seguintes:

(a) Bruma seca

Suspensão no ar de partículas extremamente pequenas, invisíveis à vista desarmada, e suficientemente numerosas para dar ao ar aspecto opalescente.

A bruma seca dá um tom amarelado ou avermelhado aos objectos brilhantes e distantes, ou às luzes que se vêm através dela, enquanto os objectos escuros tomam um aspecto azulado. Este efeito resulta principalmente da difusão da luz pelas partículas da bruma seca. Estas partículas podem ter cor própria, que contribui também para a coloração da paisagem.

(b) Bruma de poeira

Suspensão no ar de poeira ou pequenas partículas de areia levantadas do solo, antes do momento da observação, por uma tempestade de poeira ou de areia.

A tempestade de poeira pode ter ocorrido na estação, perto dela, ou longe.

(c) Fumo

Suspensão no ar de pequenas partículas resultantes de combustões. Este litometeoro pode ocorrer junto à superfície do Globo ou na atmosfera livre.

Visto através do fumo, o Sol toma um aspecto muito avermelhado ao nascer e ao pôr-se. O fumo das cidades vizinhas pode ser castanho, cinzento escuro ou negro. O fumo em camadas extensas, com origem em fogos de florestas bastante próximas, difunde a luz solar e dá ao céu uma tonalidade amarelo esverdeada. O fumo, homogeneamente distribuído, proveniente de fontes

muito distantes, tem geralmente uma tonalidade acinzentada ou azulada clara.

O fumo, quando presente em grandes quantidades, pode distinguir-se pelo seu

cheiro.

(d) Nuvem de poeira ou de areia

Conjunto de partículas de poeira ou de areia, levantadas do solo, na estação ou perto dela, a pequena ou média altura, por vento suficientemente forte ou turbulento. As condições do vento (velocidade e rajadas) necessárias para produzir estes litometeoros dependem da natureza, estado e grau de secura do solo.

(i) Nuvem baixa de poeira ou de areia

Poeira ou areia levantada pelo vento a pequena altura acima do solo. Ao nível dos olhos do observador, a visibilidade não é sensivelmente reduzida.

(O nível dos olhos define-se como 1,80 m acima do solo).

Os obstáculos muito baixos ficam cobertos ou escondidos pela poeira ou areia em movimento.

O movimento das partículas de poeira ou de areia é mais ou menos paralelo ao solo.

(ii) Nuvem alta de poeira ou de areia

Poeira ou areia levantada pelo vento, a média altura acima do solo. A visibilidade horizontal ao nível dos olhos é sensivelmente reduzida.

A concentração de partículas de poeira ou areia pode às vezes ser suficiente para ocultar o céu, e até o Sol.

(e) Tempestade de poeira ou de areia

Conjunto de partículas de poeira ou areia, violentamente levantadas do solo, até grande altura, por vento forte e turbulento.

As tempestades de areia ou de poeira ocorrem geralmente em regiões em que o solo está coberto de poeira ou areia solta. Por vezes, depois de terem percorrido distâncias mais ou menos consideráveis, podem ser observadas em regiões onde não há poeira ou areia a cobrir o solo.

A parte anterior de uma tempestade de poeira ou de areia pode ter o aspecto de uma cortina alta e larga, que avança com maior ou menor rapidez. As

cortinas de poeira, ou de areia, acompanham muitas vezes um cumulonimbo que pode estar oculto pelas partículas de poeira ou de areia. Pode também ocorrer sem que haja nuvens, ao longo do bordo anterior de uma massa de ar frio em movimento.

(f) Turbilhão de poeira ou de areia

Conjunto de partículas de poeira ou de areia, acompanhadas por vezes de pequenos detritos, levantadas do solo sob a forma de coluna turbilhonante de altura variável. Tem um diâmetro pequeno e eixo aproximadamente vertical.

Estes litometeoros ocorrem quando o ar junto ao solo é muito instável como, por exemplo, quando o solo é intensamente aquecido pela radiação solar.

VIII - 7 - Electrometeoros: definições e descrições

Um electrometeoro é uma manifestação visível ou audível da electricidade atmosférica. As definições e descrições dos diversos electrometeoros são as seguintes:

(a) Trovoada

Uma ou mais descargas eléctricas súbitas, manifestadas por um clarão luminoso
(relâmpago) e um surdo ou ribombante (trovão).

As trovoadas estão associadas a nuvens convectivas e vêm quase sempre acompanhadas de precipitação que, quando atinge o solo, é em forma de aguaceiro de chuva, neve, neve rolada, granizo ou saraiva.

(b) Fogo de S. Telmo

Descarga eléctrica luminosa na atmosfera, mais ou menos contínua, de intensidade fraca ou moderada, que parte de objectos altos na superfície do globo (pára-raios, cata-ventos, mastros de navios) ou de aeronaves em vôo (extremidades das asas, hélices, etc.).

Este fenómeno pode ser observado quando o campo eléctrico junto à superfície dos objectos se intensifica. Surge muitas vezes em forma de penachos esverdeados, claramente visíveis à noite.

(c) Aurora Polar

Fenómeno luminosos que aparece na alta atmosfera, em forma de arcos, faixas, manchas ou cortinas.

As auroras polares são devidas a partículas portadoras de cargas eléctricas expelidas pelo Sol durante as erupções solares, que actuam sobre os gazes rarefeitos da atmosfera superior. As partículas são atraídas pelo campo magnético da Terra e, assim, as auroras polares observam-se com maior frequência na proximidade dos polos magnéticos. As medições indicam que a altitude do limite inferior das auroras polares é aproximadamente 100 Km (ocasionalmente só 60 Km), enquanto que o limite superior oscila entre 100 e 400 Km (ocasionalmente atinge 1.000 KM).

A luminância de uma aurora polar é muito variável, sendo frequentemente comparável com a de nuvens iluminadas por lua cheia, mas podendo por vezes ser muito superior.

A cor da aurora polar é, na maioria dos casos, branca com uma tonalidade esverdeada ou amarelo-esverdeada. Por vezes esta tonalidade estende-se por toda a aurora, com excepção da orla inferior, avermelhada.

VIII - 8 - Fenómenos meteorológicos não citados no código do tempo presente

Há fenómenos meteorológicos que não estão incluídos no código do tempo presente usado nos comunicados sinópticos. Estes fenómenos são registados na caderneta da observação sinóptica e incluem:

- Hidrometeoros em forma de depósito (orvalho, geada, gelo poroso, gelo vítreo) e da virga.
- Fotometeoros (fenómenos de halo, arco-íris, miragens).
- Electrometeoros que ocorrem em forma de fenómenos mais ou menos contínuos (fogo de S. Telmo, aurora polar).

VIII - 9 - Observação dos fotometeoros

Um fotometeoro é um fenómeno luminoso produzido pela reflexão, refracção, difracção ou interferência, da luz proveniente do Sol ou da Lua.

Podem observar-se fotometeoros nas seguintes condições:

-Em ar mais ou menos limpo (miragem, tremulina, cintilação, raio verde, cores crepusculares)

- À superfície das nuvens, ou no seu interior (fenómenos de halo, coroa,

biação, glória

- E dos hidrometeoros ou dos litometeoros, ou no seu in glória, arco-íris, arco-íris branco, anel de bispo, raios crepusculares

Os observadores devem anotar cuidadosamente quaisquer fenómenos ópticos que ocorram. A descrição escrita deve ser acompanhada de desenhos e fotografias, se possível.

VIII- 10 - Fotometeoros: definições e descrições

As definições e descrições dos diversos tipos de fotometeoros, encontram-se no Atlas internacional de nuvens, Volume I, e podem ser resumidas da seguinte maneira.

(a) Fenómenos de halo

Incluem um grupo de fenómenos ópticos em forma de anéis, de arcos, de pilares ou de manchas brilhantes. O halo é produzido pela refracção ou reflexão da luz por cristais de gelo em suspensão na atmosfera (nuvens cirriformes, nevoeiro gelado, etc.). Estes fenómenos, quando devidos à refracção da luz solar podem apresentar cores. Os halos produzidos pela luz da Lua são sempre brancos. O tipo mais vulgar de halo é um anel em volta do Sol ou da Lua.

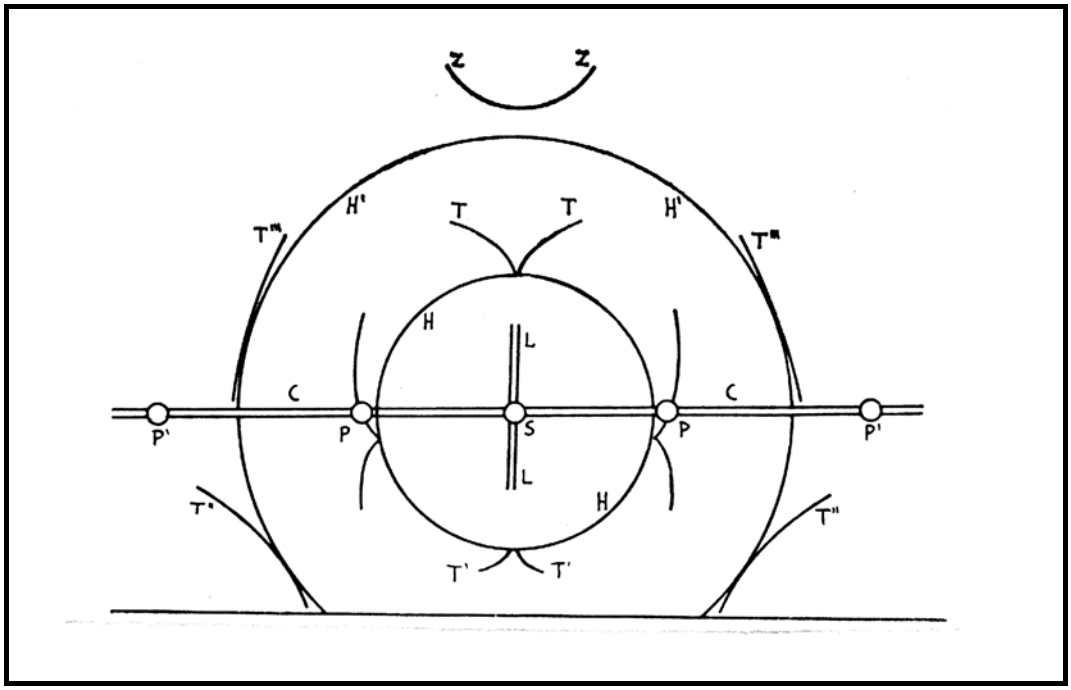


Fig. VIII.1 - Principais figuras do halo

S é o Sol	TT arcos tangentes superiores
HH halo ordinário	T´T´arcos tangentes inferiores
HH´ halo extraordinário	T" T"arcos tangentes infra-laterais
PP periélios principais	T"" T"" arcos tangentes supra-laterais
p´p´ periélios secundários	CC círculo periélio
ZZ arco circun-zenital	LL coluna

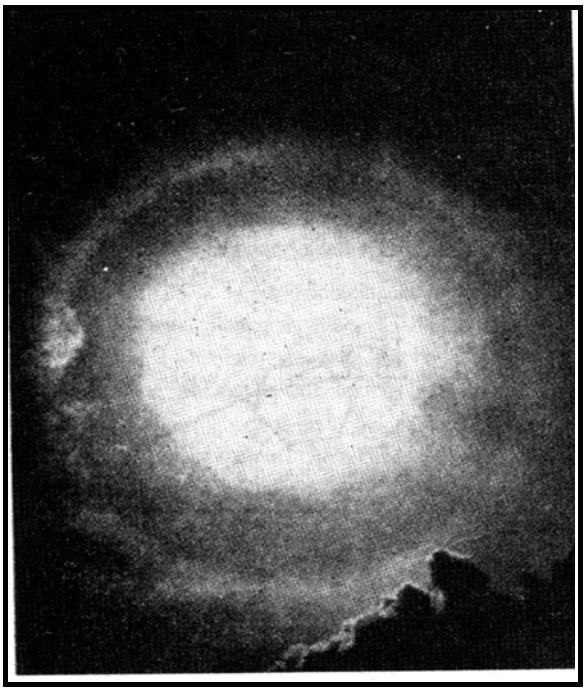


Fig. VIII.2 Halo ordinário

(b) Coroa

Uma ou mais séries (raramente mais de três) de anéis coloridos de diâmetro relativamente pequeno, centrados no Sol ou na Lua. Em cada série o anel interno é violeta ou azul e o exterior é vermelho, entre eles, podem ocorrer outras cores.

A série interna apresenta normalmente um anel externo vermelho-acastanhado distinto. Este chama-se "auréola" e tem um raio que não ultrapassa normalmente cinco graus.

A luz do Sol ou da Lua atravessa uma camada de neblina, ou de nevoeiro ou uma nuvem ténue constituída por partículas muito pequenas de gelo ou água líquida. Esta luz sofre difracção e a dispersão da luz nas diferentes cores e é observada sob a forma de coroa.

A coroa distingue-se do halo pelos seguintes aspectos:

(i) A sequência de cores é inversa:

A coloração vermelha da coroa aparece sobre a parte exterior na

primeira série de anéis; o anel vermelho-acastanhado da auréola é também seguido de violeta, azul, etc., da série seguinte. O anel mais próximo do astro é vermelho e seguem-se-lhe anéis laranja, amarelo, verde, etc..

(ii) Dimensões

As coroas têm normalmente menores dimensões do que os halos e os seus diâmetros são variáveis.

(c) Irisações

São cores que aparecem nas nuvens, umas vezes misturadas, outras vezes em forma de faixas sensivelmente paralelas aos bordos das nuvens.

Predominam o verde e cor-de-rosa, muitas vezes com tonalidades de pastel. As linhas de separação entre as cores não formam círculos com o Sol no centro,

mas sim faixas que acompanham os contornos da nuvem. Por vezes a irisação

pode ocorrer em ângulos que ultrapassam 40 graus a partir do Sol.

(d) Glória

A Glória é constituída por uma ou mais séries de anéis coloridos, que o observador vê em volta da sua própria sombra projectada:

(i) sobre uma nuvem composta principalmente por numerosas partículas de pequenas dimensões, ou

(ii) sobre o nevoeiro, ou

(iii) sobre o orvalho (mas muito raramente).

Os anéis coloridos devem-se à difracção da luz e têm disposição igual à da coroa.

Os observadores transportados em aeronaves vêem, muitas vezes, uma glória em volta da sombra da aeronave em que viajam.

(e) Arco-íris

O arco-íris é formado por um grupo de arcos concêntricos com cores que vão do violeta ao vermelho. É produzido pela luz do Sol ou da Lua numa "cortina" e gotas de água (gotas de chuva, “gotículas” de chuvisco ou nevoeiro) na atmosfera.

Este fenómeno é devido principalmente à refracção e reflexão da luz. Quando são produzidos pelo Sol, os arco-íris têm cores geralmente brilhantes. Quando produzidos pela Lua, as cores são muito mais fracas e, às vezes, ausentes.

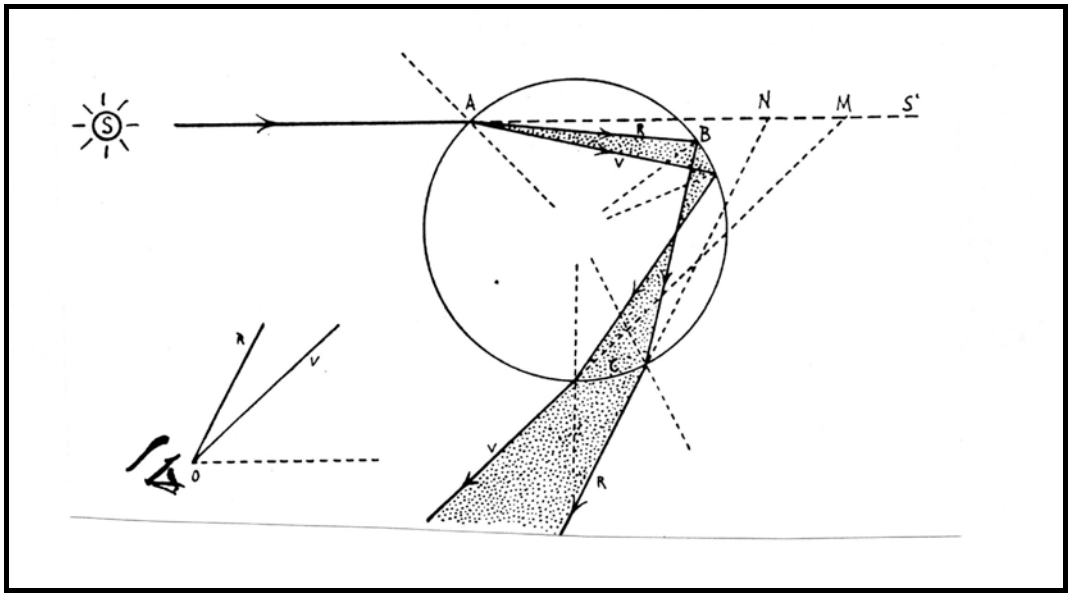


Fig. VIII.3. Esquema do arco íris

A circunferência é uma gota de água. SA é o raio solar incidente; refracta-se em A
B sofre uma reflexão total e refracta de novo em C, saindo para o exterior..
R refere-se a cor vermelha. V refere-se a cor violeta,.
O raio vermelho resulta menos desviado que o violeta
O ângulo AOR é de 42°; e o AOV é de 42° 30´

(f) Anel de bispo

Anel esbranquiçado, centrado no Sol ou na Lua, com uma tonalidade ligeiramente azulada no interior e castanho-avermelhada no exterior. Este fenómeno é devido à difracção da luz que passa através de uma nuvem de poeira extremamente fina de origem vulcânica. A poeira vulcânica encontra-se normalmente na alta atmosfera.

(g) Miragem

Fenómeno óptico constituído principalmente por imagens fixas ou ondulantes de objectos distantes. Estas imagens podem ser simples ou múltiplas, em posição

normal ou invertidas. Podem ter as dimensões verticais aumentadas ou diminuídas. Os objectos vistos numa miragem aparecem no horizonte bastante mais acima ou mais abaixo do que na realidade estão, podendo esta diferença atingir 10°.

Numa miragem podem ser visíveis objectos situados abaixo do horizonte ou ocultos por montanhas. Os objectos visíveis em circunstâncias normais, pelo contrário, podem desaparecer durante a ocorrência de uma miragem.

As miragens são devidas ao encurvamento dos raios luminosos que passam através de camadas de ar de densidades diferentes. O índice de refracção destas camadas de ar varia consideravelmente com a altura. Vêem-se, portanto, em geral miragens quando a temperatura da superfície do Globo é nitidamente diferente da do ar sobrejacente.

Há dois tipos de miragem:

(i) miragem inferior sobre superfícies de água, de solos, de praias, de estradas, etc..

VIII.4 VIII.5

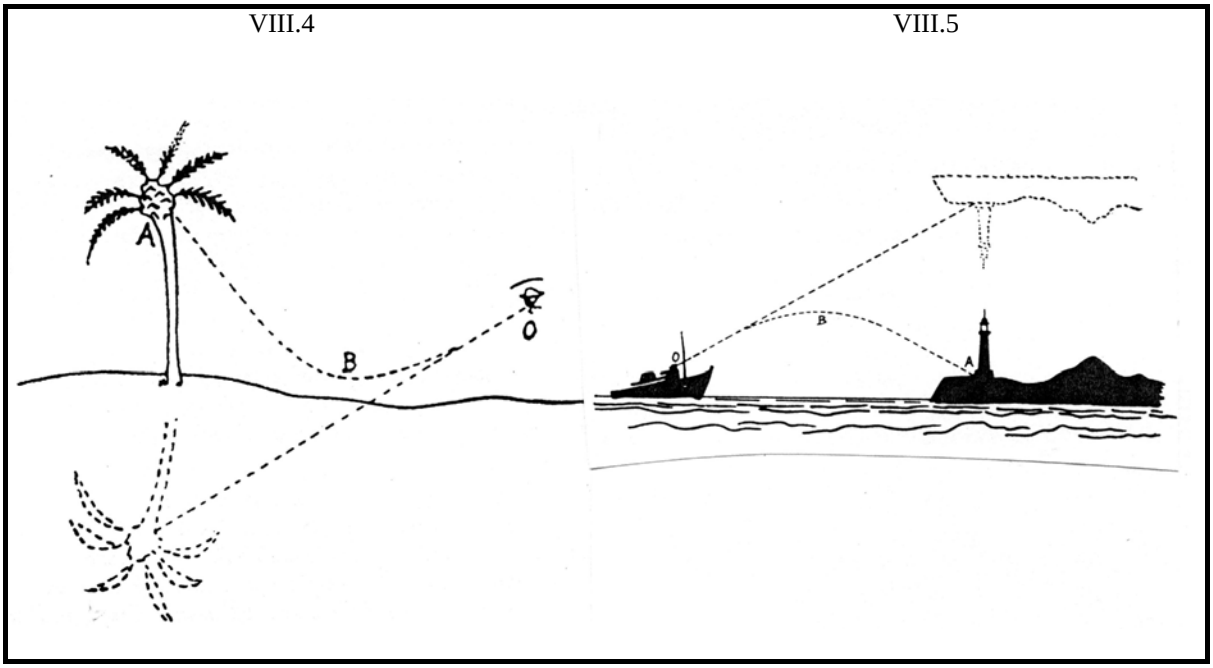


Fig. VIII.4 Miragem inferior. O raio luminoso que parte do ponto A para o solo encontra camadas de ar muito aquecidas e se vai encurvando pela refracção até chegar ao ponto B, onde se dobra para cima, como se houvesse experimentado um reflexão total. O observador em O vê a imagem invertida.

Fig. VIII.5 Miragem superior. Quando o solo está mais frio que o ar, o raio luminoso que parte de A para cima , encontra camadas de ar quentes e se vai encurvando para chegar até ao ponto B, onde se dobra para abaixo, como se houvesse experimentado uma reflexão total. O observador em O vê a imagem invertida do objecto.

(ii) miragem superior sobre campos de neve, de superfície marítimas, aéreos,

etc..

(h) Tremulina

A tremulina é a agitação aparente dos objectos à superfície do Globo, quando vistos na horizontal.

A tremulina ocorre principalmente em Terra quando o Sol está muito brilhante.

É devido a flutuações de curto período no índice de refracção das camadas superficiais da atmosfera.

A tremulina pode reduzir consideravelmente a visibilidade.

(i) Cintilação

Consiste em variações rápidas, muitas vezes com pulsações, da luz proveniente de estrelas ou de fontes luminosas terrestres.

A posição, cor e brilho aparentes, das estrelas ou das luzes, sofrem variações. Estas alterações são devidas a flutuações do índice de refracção das diferentes camadas da atmosfera, através das quais passam os raios luminosos. Este fenómeno é semelhante à tremulina.

A cintilação é geralmente tanto mais nítida quanto maior for a distância percorrida pela luz através da atmosfera. A cintilação das estrelas é, portanto, mais pronunciada junto ao horizonte do que no zénite. Pela mesma razão, a cintilação de luzes provenientes de fontes terrestres é mais pronunciada nas planícies do que nas montanhas.

(j) Raio verde

Coloração predominantemente verde, de curta duração, muitas vezes em forma de clarão, vista no bordo extremo de um astro (Sol, Lua ou, por vezes, mesmo um planeta) quando este desaparece no horizonte.

(k) Cores crepusculares

Diversas colorações do céu e dos picos das montanhas ao pôr do Sol. As cores crepusculares são produzidas por refracção, dispersão ou absorção selectiva dos raios luminosos do Sol na atmosfera.

Alguns dos fenómenos meteorológicos mais importantes referidos neste capítulo relacionavam-se com a precipitação. É necessário, tanto para efeitos de climatologia como de meteorologia sinóptica, saber medir a quantidade da precipitação que atinge o solo num determinado intervalo de tempo. No próximo capítulo trataremos da medição da precipitação.

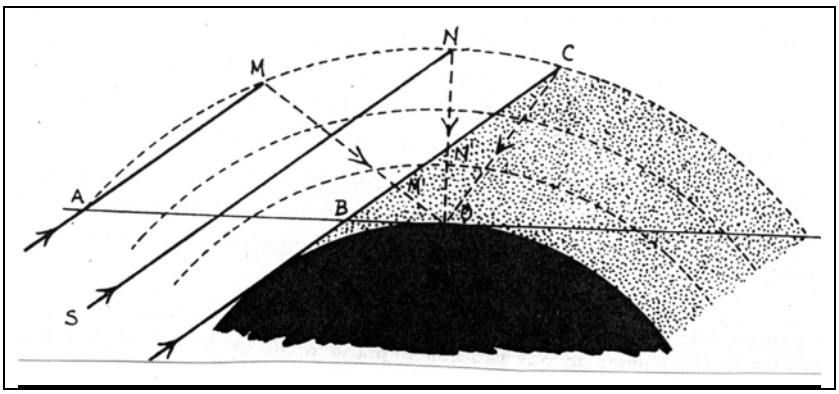
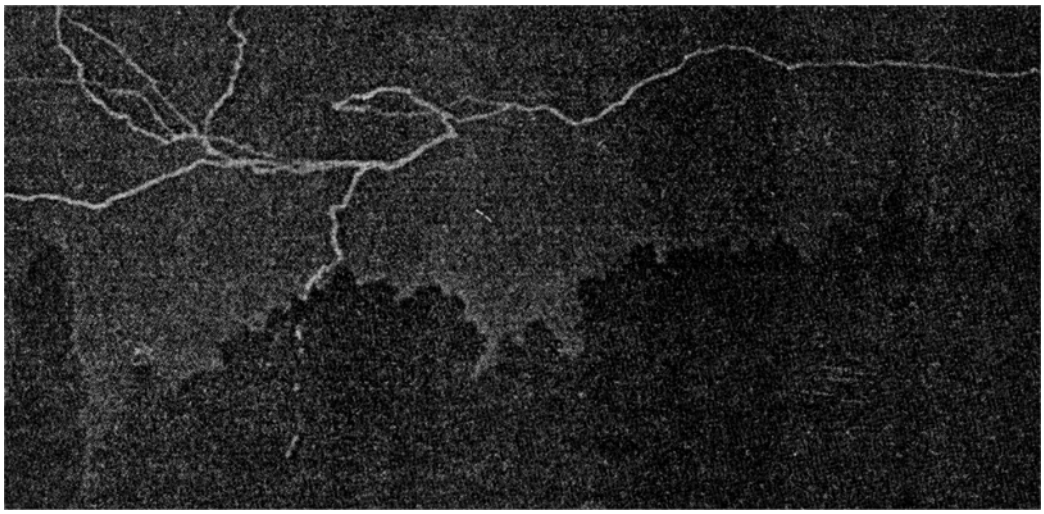


Fig. VIII.6. Corpúsculo. O Sol encontra-se por baixo do horizonte na direcção Sul, iluminando ainda o sector ABC da atmosfera. O observador situado em O recebe luz difusa proporcionada pela espessura do ar que contribui para tal; compare-se o comprimento MM' com s NN', e se compreenderá porque o resplendor crepuscular se vai debilitando na direcção ao Zénite.



Fotografia de um raio

CAPÍTULO IX - MEDIÇÃO DA PRECIPITAÇÃO

Conforme mencionámos no Capítulo anterior, **a precipitação atinge o solo sob a forma de chuva, chuvisco, neve, saraiva, etc.**.

Ao fazer medição da precipitação **pretende-se obter o máximo de informação sobre a quantidade de precipitação caída num dado intervalo de tempo. Pretende-se igualmente determinar a sua distribuição no tempo e no espaço.**

A quantidade de precipitação que atinge o solo num dado intervalo de tempo exprime-se pela **altura que atingiria numa superfície horizontal, à superfície do Globo, sob a condição de não, haver perdas nem por infiltração, nem por evaporação, nem por escoamento.** Além disso, **a precipitação caída sob a forma de neve ou gelo é tratada como se estivesse fundida, e portanto, no estado líquido**.

Em certas regiões fazem-se também medições da precipitação de neve. Mede-se então a altura de neve recente que cobre uma superfície plana e horizontal. Determina-se também o equivalente em água da precipitação de neve.

Qualquer método de medição da precipitação por objectivo **obter uma amostra verdadeiramente representativa da precipitação caída sobre a região a que se refere a medição**. Daí a importância que têm a escolha do local e forma de exposição do instrumento de medida. Perdas por evaporação devem ser evitadas, quer por vento forte ou por salpico.

IX - 1 - Unidades de medida

A observação sinóptica de superfície da precipitação corresponde à soma das quantidades de precipitação líquida e equivalente líquido de qualquer

precipitação sólida (como seja, neve, granizo). No entanto, deverão indicar-se todas as medições quer sob a forma de chuva, granizo, neve ou precipitação mista.

A quantidade de precipitação é, de preferência, medida em milímetros, devendo as leituras ser feitas com aproximação pelo menos aos 0,2 mm, para precipitação inferior a 10 mm. O erro não deverá ultrapassar 2% do valor total, se este for superior a 10 mm.

A espessura da neve mede-se de preferência em centímetros. Uma aproximação com pouco rigor é a que estabelece a correspondência entre 1 cm de neve recente, e 1 mm de chuva. Isto deve-se ao facto da proporção depender muito da espessura e textura da camada de neve.

IX - 2 - Princípio da medição

O método mais simples e vulgar de medir a precipitação de chuva é por meio de um **udómetro**.

Este instrumento é constituído por um funil de concepção especial, colocado sobre um recipiente cilíndrico fixado a um suporte, ou parcialmente enterrado no solo. O funil tem uma boca circular, de diâmetro conhecido, e horizontal. A precipitação que cai através desta abertura, ou boca do funil, é recolhida num recipiente colocado dentro do cilindro exterior. Na maioria das ocasiões, a capacidade do recipiente é suficiente, no entanto, se o líquido transbordar, o excedente é retido no cilindro.

A quantidade de precipitação que se encontra no recipiente é medida em intervalos de tempo regulares. Assume-se que a quantidade recolhida por unidade de área da boca do funil é igual à que cai em cada unidade de superfície da zona circundante da estação.

As dimensões da boca do funil são variáveis. No entanto, **a graduação do aparelho de medida deve estar de acordo com aquelas**.

IX - 3 - Medições da quantidade da chuva

Há dois métodos que correntemente se usam para medir a quantidade de chuva recolhida no udómetro:

a) **com uma proveta graduada**

b) **com uma vareta graduada**

O primeiro método usa-se com mais frequência para udómetros de medição diária, sendo o segundo mais frequente para os de medição semanal ou mensal.

a) Proveta graduada

Trata-se de um cilindro de vidro transparente, a que estão apostas as dimensões do udómetro em que é usado. As graduações são feitas em unidades de

quantidade precipitação e são grandes em traço fino. Em geral, marcam-se os intervalos de 0,2 mm, havendo conveniência da marcação das linhas referentes a

0.1 mm. As linhas de milímetros inteiros devem estar claramente expressas. Ao fazer as medições, **escala deve ser mantida na vertical, deverão evitar-se erros de paralaxe, tomando-se para referência a parte inferior do menisco da água**.

b) Vareta graduada

As varetas devem ser de cedro, ou de outro material conveniente que não absorva água em quantidades significativas, e para o qual o efeito de capilaridade seja pequeno. Deverão ter uma extremidade metálica para minimizar o desgaste.

As varetas são graduadas de acordo com a relação entre as áreas da secção do udómetro e do recipiente.

IX - 4 - Exposição dos udómetros

Desde que a exposição seja perfeita, a recolha feita pelo udómetro deve

representar como precisão a precipitação que cai na área circundante. Na prática, contudo, é difícil atingir esta correspondência.

Deve haver cuidado de colocar o udómetro afastado de edifícios e árvores, que podem protegê-los da precipitação. É necessário também **evitar uma situação em que o instrumento fique demasiado "exposto" ao efeito do vento**.

Estes efeitos são de dois tipos:

i) **efeitos sobre o instrumento propriamente dito**:
este efeito reduz geralmente a quantidade de água recolhida

ii) **efeitos do local sobre as trajectórias do ar**:
estes são frequentemente mais importantes, podendo os **remoinhos** que se geram, reduzir a precipitação num local e aumentá-la noutro. Deste modo, a leitura pode indicar valores demasiado altos ou demasiados baixos.

O udómetro deve, sempre que possível, ser exposto com a boca na horizontal e sobre terreno plano. Deve encontrar-se a uma distância dos objectos circundantes que seja, pelo menos, igual a quatro vezes a altura destes.

Deve escolher-se um local abrigado da força máxima do vento, sem que o abrigo produza no campo do vento perturbações maiores do que as que se procuram evitar.

IX - 5 - Observação da chuva

Havendo o cuidado devido nas leituras, os erros cometidos na medição da quantidade de precipitação recolhida são pequenos, quando comparados com a incerteza devida à exposição do instrumento.

Os udómetros de medição diária devem ser lidos com aproximação aos 0.2 mm, mas preferencialmente aos 0.1 mm.

Como principais fontes ocasionais de erro citam-se:

a) uso de provetas ou varetas erradas
b) água entornada ao transferi-la para a proveta
c) incapacidade de transferir toda a água do recipiente para a proveta
d) perdas por evaporação.

Em dias de queda de neve, quando a água recolhida no udómetro está congelada, o observador tem três alternativas:

1) **A neve não cai no momento da observação**
O udómetro (funil e recipiente) podem ser levado para dentro da estação, sendo o conteúdo fundido e medido pelo processo normal. O udómetro pode ser colocado numa bacia com água quente até que toda a neve funda, devendo colocar-se sobre a parte superior do udómetro uma placa lisa para evitar perdas por evaporação.
2) **A neve cai no momento da observação**
Procede-se de qualquer dos seguintes modos:
i) aplica-se na parte exterior do funil, do recipiente, onde ambos, **um pano previamente mergulhado em água quente**, para fundir a neve ou o gelo. Mede-se depois a água de maneira habitual
ii) **medir com a proveta uma determinada quantidade de água quente** (com cuidado para não partir o vidro) e **lançá-la depois no udómetro**. A quantidade de água, que se adiciona deste modo, tem de ser subtraída da quantidade total obtida na medição.

IX - 6 - Udógrafos

Os udógrafos são udómetros utilizados de modo a fornecer um registo contínuo da precipitação.

Utilizam-se para os seguintes fins:

a) **Determinar as horas de começo e fim de precipitação**.

b) **Determinar a intensidade da chuva em qualquer momento**.

Podem subdividir-se em duas categorias principais:

i) **as que resgistam a quantidade total da chuva caída desde o início do registo**

ii) **os que registam a intensidade da chuva em cada instante**.

Os udógrafos da categoria i) podem também ser utilizados para determinar as quantidades caídas em cada fracção do período (por exemplo, a quantidade em cada hora de um registo diário cada 6 horas, ou 12 horas de um registo semanal).

Medindo o declive da chuva do gráfico dos instrumentos do tipo i), pode também determinar a intensidade da chuva, com a aproximação.

A intensidade da precipitação pode ser variável o que torna difícil medir convenientemente todas as variações com um instrumento do tipo ii). Normalmente, adopta-se um valor intermédio, que depende das frequências relativas de ocorrência das intensidades da precipitação, elevadas e baixas.

Com a exposição de um udógrafo deve haver um cuidado semelhante ao que se tem com um udómetro.

Os udógrafos da categoria i) podem subdividir-se nos três tipos seguintes:

a) de flutuador

b) de báscula

c) de balança.

IX - 7 - Udógrafo de flutuador

Neste tipo de instrumento, a chuva recolhida é conduzida para um reservatório que contém um flutuador leve e oco. À medida que o nível da água sobe, o movimento vertical do flutuador é transmitido (por mecanismos apropriados) a uma pena que se desloca sobre um gráfico.

O valor da escala é obtido por correspondência conveniente entre as dimensões da boca do funil de recepção, do flutuador e do reservatório.

Para obter um registo para um período útil de, por exemplo 24 horas, pode.

a) utilizar-se um reservatório de grandes dimensões

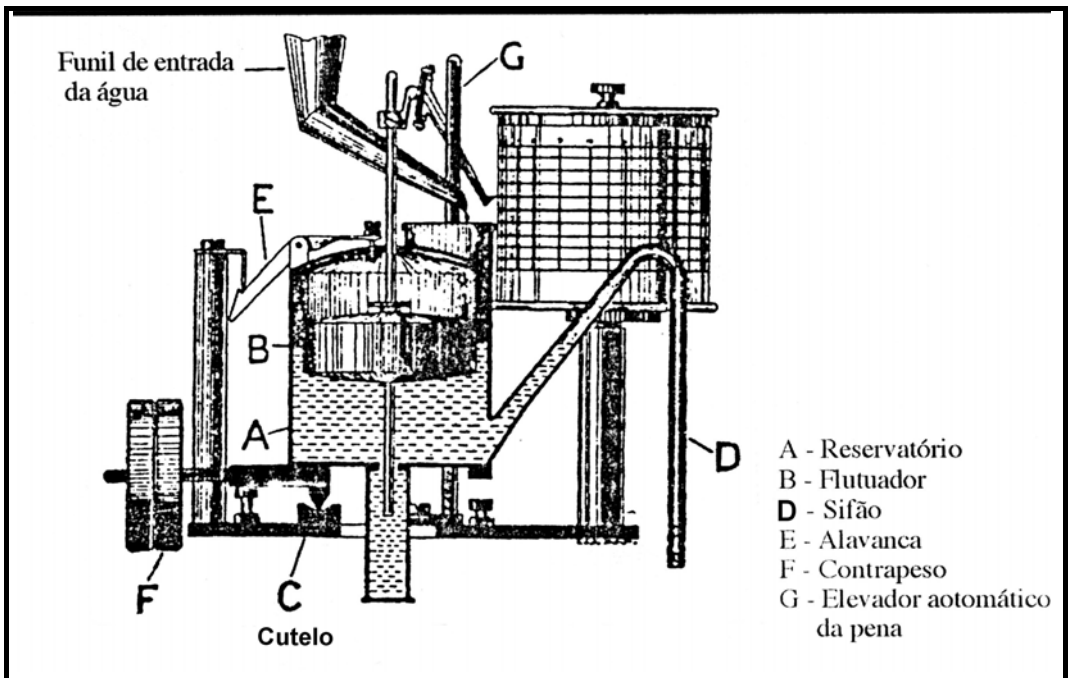
ou

b) adaptar um mecanismo que execute automaticamente o rápido esvaziamento do reservatório, quando este fica cheio.

No caso b) usa-se um sistema de sifão. Depois da Câmara de flutuações ficar vazia, a pena regressa do zero do gráfico. No Inverno,quando há possibilidade de geada, instala-se um dispositivo de aquecimento no interior do udómetro.

O processo de esvaziamento por sifão deve começar instantaneamente, sem água "gotejar" no princípio ou no fim, e não deve demorar mais de 10-15 segundos.

A figura IX.- 1 mostra um udógrafo do tipo de flutuador, em que se usa um sifão de acesso inclinado. O reservatório está em equilíbrio sobre um cutelo, pelo que se inclina para um dos lados quando a água atinge determinado nível. Esta inclinação provoca o início da passagem de água pelo sifão.



IX - 1 - Udógrafo com sifão de acesso inclinado

A água recolhida no funil passa para o reservatório (A). Este reservatório é basculante sobre um cutelo (C), que é mantido na posição normal por uma alavanca travada por um gancho (E).

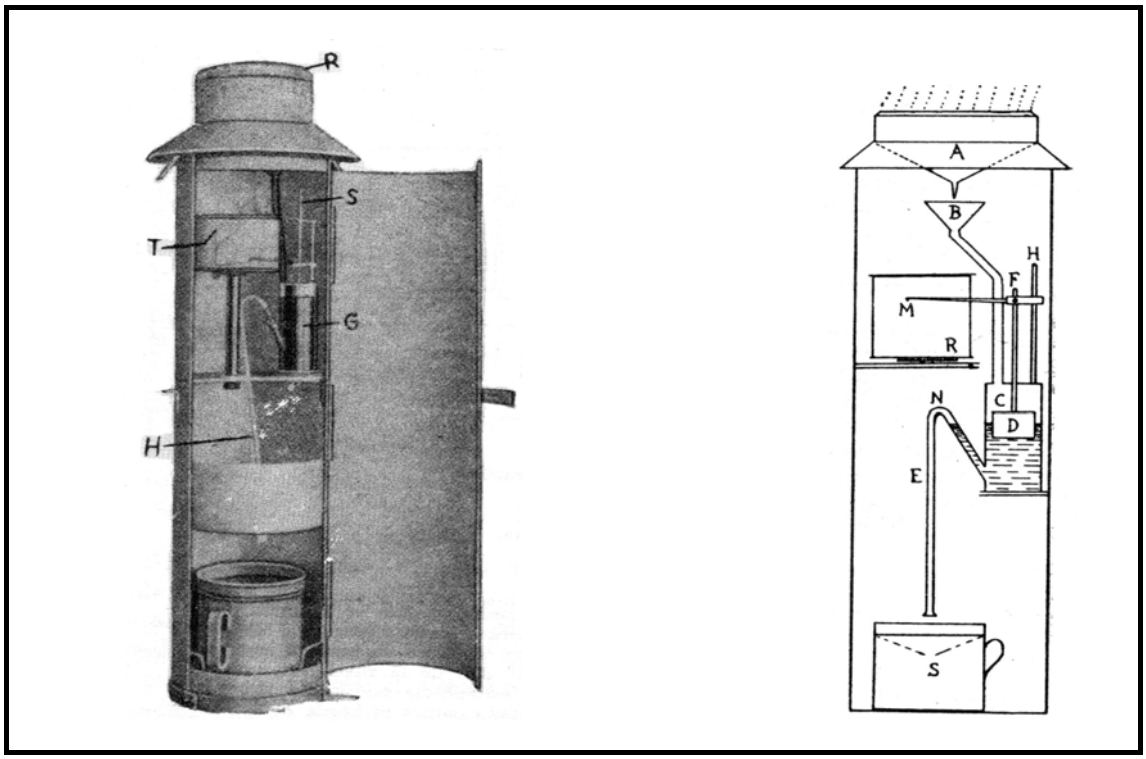
Quando a água atinge determinada altura, uma lingueta existente do flutuador (B) solta a alavanca e o peso da água contida no reservatório obriga este a inclinar-se. A água escoa-se então pelo sifão (D).

Quando o escoamento termina, o contrapeso (F), ligado ao reservatório, fá-lo voltar à posição normal. Durante o escoamento pelo sifão, a pena é automaticamente afastada do gráfico por meio de um elevador da pena (G).

A quantidade de precipitação que cai durante o processo de escoamento não é registada pelo instrumento, sendo o erro proporcional à intensidade da precipitação e à duração do

escoamento.

O tambor e o mecanismo de relojoaria do instrumento são semelhantes aos de outros instrumentos registadores. O gráfico é graduado para leituras até um correspondente à quantidade de água contida no reservatório antes de se dar o processo de escoamento pelo sifão. Pode determinar-se a intensidade da precipitação anotando o tempo que determinada de precipitação demora a cair.



IX - 2 - Esquema do Udógrafo sifão
A. B - funil colector C - depósito D - flutuador E - sifão S - recipiente R - tambor

IX - 8- Udógrafos de báscula

O princípio em que se baseia este tipo de udógrafo é muito simples. Um recipiente de metal leve, dividido em dois compartimentos, é mantido em equilíbrio instável em torno de um eixo horizontal. A figura IX - 3 mostra este dispositivo.

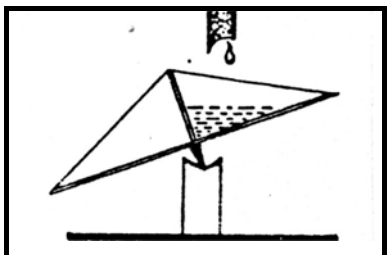


Figura IX - 3 - Mecanismo do udógrafo de báscula

Na posição normal, o recipiente descansa sobre uma das extremidades, o que o impede de se voltar completamente. A água da chuva passa de um funil do tipo convencional para o compartimento com posição mais alta. Depois de ter caído uma certa quantidade de precipitação, o recipiente fica em equilíbrio instável, inclinando-se então para a outra posição de apoio.

O formato dos compartimentos é tal que permite que a água possa escorrer do compartimento inferior, deixando-o completamente vazio. Entretanto, a precipitação contínua a cair no compartimento superior.

O movimento do recipiente, ao inclinar-se, pode ser utilizado para accionar um contacto de relé. Produz-se um registo, constituído por marcas descontínuas. A distância entre as duas marcas representa o tempo que uma certa quantidade de precipitação demorou a cair. Quando há necessidade de registos pormenorizados, esta quantidade não deve ser superior a 0.1 mm.

Este instrumento tem a vantagem de se poder adaptar a registos à distância. As suas desvantagens são:

a) o tempo de basculamento, ainda que curto não é desprezável. Durante a primeira metade do movimento a chuva continua a ser canalizada para o compartimento que já contém a quantidade suficiente de precipitação. Este erro só é significativo com chuva forte.

b) **Podem ocorrer perdas por evaporação, principalmente em regiões**

quentes. Com o formato normal do recipiente, a superfície de água exposta é relativamente grande, o que torna este erro muito significativo com chuva fraca.

c) **Não se pode determinar com precisão o momento de início e fim de chuva muito fraca ou chuvisco**:
este inconveniente resulta do facto de o registo não ser contínuo.

IX - 9 - Udógrafo de balança

Este tipo de udógrafo é concebido para recolher e registar uma quantidade significativa de precipitação, seja ela, chuva, neve, granizo ou precipitação mista.

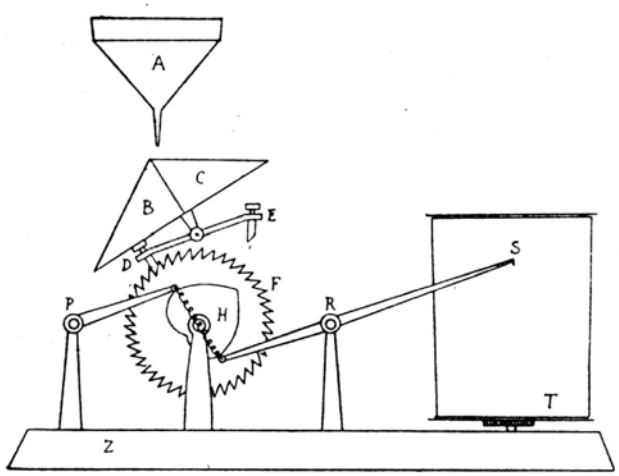
A precipitação é recolhida em recipiente semelhante ao udómetro. É depois pesada por meio de mecanismo especial, que converte o peso directamente em **mm** de precipitação.

Uma pena accionada pelo mecanismo de pesagem traça um registo num gráfico movido por um mecanismo de relojoaria. Obtém-se assim um registo contínuo da quantidade de precipitação.

Este tipo de udógrafo não tem, normalmente, meios de esvaziar por si próprio. As perdas por evaporação são reduzidas se, se deitar no recipiente uma quantidade de óleo suficiente para formar sobre a superfície da água uma película de 1 mm de espessura.

A principal utilidade deste tipo de instrumento reside no facto de registar precipitação de neve, granizo e misturas de neve e chuva. Não há necessidade de fundir a precipitação sólida antes de a registar.

A - funil colector
BC - duplo recipiente
DE - balança
F - roda dentada
H - excêntrica de coração
MN - resorte
MP e NR - alavancas
RS - braço portapenas
T - tambor
Z - suporte



IX - 4 - Udógrafo de balança

IX - 10 - Registadores da intensidade da precipitação

Podem ser aplicados dois métodos:

i) **o registo da quantidade de precipitação caída durante um curto intervalo de tempo**

ou

ii) **o registo instantâneo da intensidade de cada precipitação.**

O método i) é satisfatório desde que a intensidade da precipitação não seja calculada para um período superior a 5 minutos. Pode usar-se um dispositivo do tipo flutuador. Alternativamente, pode empregar-se um dispositivo que conta o número de gotas formadas num orifício existente na base do recepiente de recolha.

Os registadores do tipo i) usam-se, geralmente para registar valores baixos ou moderados da intensidade da precipitação.

Os instrumentos baseados no princípio ii) fundamentam-se no facto de a velocidade a que a água passa por um orifício apertado depender da pressão ou da altura da água que produz o fluxo. Permite-se que a água se escape através de um orifício e mede-se a altura atingida.

Este tipo de registador da intensidade da precipitação pode usar-se com valores altos ou moderados da intensidade da precipitação. No entanto, é necessário calcular a área limitada pela curva, para determina a quantidade de precipitação caída num dado período. Este processo é complicado e pouco rigoroso.

IX - 11 - Medição da neve recente

A medição da neve recente consiste em determinar a quantidade de neve **determinar a quantidade de neve caída durante um período limitado** (geralmente 24 h).

Fazem-se as seguintes medições:

a) **espessura da camada de neve recente**
b) **equivalente em água da camada de neve**.

IX - 12 - Espessura da camada de neve recente

Há para tal dois métodos principais:

a) por **medição directa**, com uma **escala** ou **régua graduada**, da espessura da camada de neve recente que cobre o solo
b) **por medição** (depois de nivelada, sem compressão) **da espessura da neve, recolhida num nivómetro de secção recta uniforme**.

O método a) é satisfatório quando não há ventos fortes. Deve obter-se a média de várias medições verticais, feitas em locais em que se considere não haver transporte de neve pelo vento. Quando se verifique terem ocorrido ventos fortes deve fazer-se um maior número de medições, a fim de se obter uma espessura média representativa.

Devem tomar-se precauções especiais para não medir, ao mesmo tempo, uma quantidade, por pequena que seja, **de neve antiga**. Estas precauções podem tomar-se varrendo antecipadamente a neve numa pequena área de terreno e fazendo depois, a medição nesse ponto, ou cobrindo a neve já existente com um pedaço de qualquer substância conveniente (exemplo: madeira, com uma superfície ligeiramente áspera e pintada de branco).

Utilizando um **nivómetro**, instrumento para medir a neve, isto é, seguindo o método b), **podem fazer-se medições mais rigorosas da altura da neve recente**. O instrumento deve estar a uma altura bastante superior à do nível médio da neve - deve estar, por exemplo, pelo menos 50 cm acima do nível máximo observado, quando não estiver exposta a tempestade de neve.

O diâmetro da abertura do recipiente deve ter **pelo menos 20 cm de diâmetro**; deve ser também **suficientemente fundo para evitar que a neve recolhida seja levada pelo vento**, ou estar equipado **com uma rede apropriada para neve**.

A escolha do local para colocação do nivómetro oferece muito maiores dificuldades do que a de um udómetro, devido a serem mais acentuados os efeitos do vento.

Os instrumentos vulgares não têm qualquer protecção e oferecem menor confiança do que os instrumentos que a possuem. Um aparelho destes é normalmente instalado a uma altura de 3 a 6 m acima da superfície.

IX - 13 - Equivalente em água da neve recente

Conforme mencionado em IX -11, o outro tipo de precipitação de neve refere-se à avaliação do equivalente em água da precipitação de neve. Esta pode efectuar-se de um dos seguintes modos:

a) **aceita-se a relação aproximada de equivalência**

1 cm de neve equivale a 1 mm de água recente

b) **recolhem-se amostras de neve com instrumento cilíndrico apropriado. As amostras são depois pesadas ou fundidas**

c) **utiliza-se qualquer dos nivómetros vulgares** (destinados a leituras imediatas **ou instrumentos registadores**.

Devem recolher-se várias amostras. A neve recolhida num instrumento de leitura imediata deve ser fundida e medida por meio de proveta apropriada. Para fundir a neve num instrumento de medição, junta-se uma quantidade previamente medida de água quente e desconta-se depois essa quantidade ao valor total.

O único tipo satisfatório de instrumento que permite obter um registo da precipitação de neve é o nivómetro registador do tipo balança, como o descrito em IX - 9.

IX - 14 - Medição da camada de neve no solo

Camada de neve é a neve acumulada no solo no momento da observação.

Os aspectos da camada de neve com interesse para fins especiais incluem a **altura** e o **equivalente em água**.

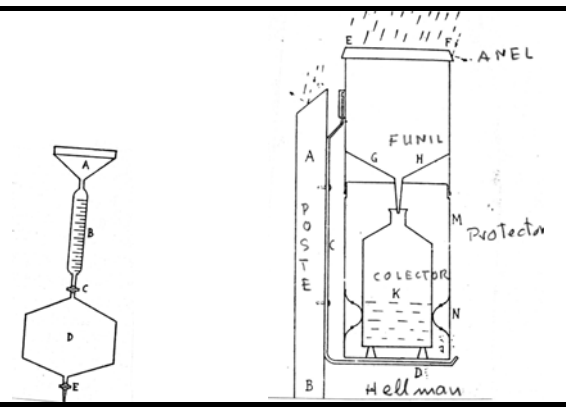
A **altura** da camada de neve mede-se geralmente por meio de:

1) **observação directa**, **com uma escala ou régua graduada**
2) **estacas graduadas, enterradas em pontos representativos**
3) **observação directa com um tubo graduado para medir a altura da neve, geralmente enquanto se obtém o equivalente em água**.

Nos métodos 1) e 2), o observador escolhe vários pontos representativos em cada observação. Calcula-se a média das alturas observadas.

O método 3) é o único utilizado para obter o equivalente em água, sendo as amostras pesadas ou fundidas, como indicado em IX -12.

A - funil colector
B - tubo graduado de vidro
C - Chave de passo
D - recipiente
E - chave de escoamento



IX - 5 - Udómetro totalizador

A boca AB é de dimensões normais, mais o depósito C tem as dimensões maiores a fim de introduzir no seu interior CL_2Ca e oleo parafinado

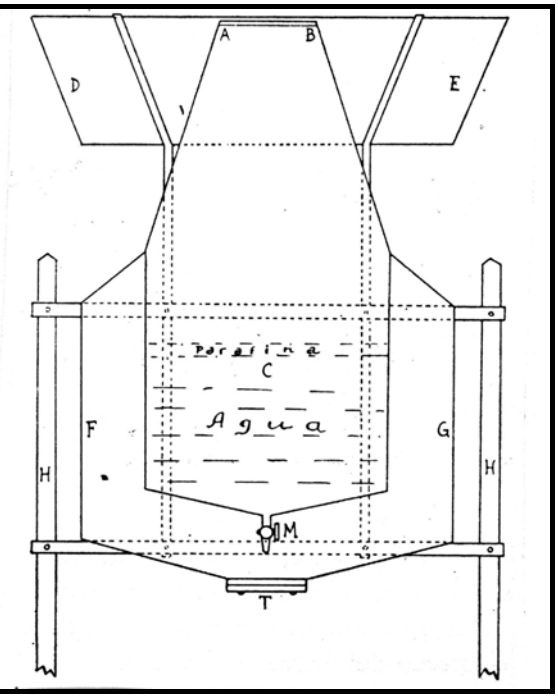
DE ´w o anel protector na forma de tronco em cone.

FG é o 2º fundo do depósito para o ailhamento térmico.

o conjunto vai montado sobre um trípode de ferro. HH

M é uma torneira para extrair a água

T é a tampa em parafuso



IX - 6 - Udómetro de montanha

CAPÍTULO X - MEDIÇÃO DA VISIBILIDADE

Em Meteorologia, a visibilidade refere-se à transparência da atmosfera determinada pela visão humana. A nossa capacidade de ver e identificar os objectos é afectada pela presença, na atmosfera, de partículas sólidas ou líquidas. Estas podem ser hidrameteoros (chuva, neve, nevoeiro, neblina, etc.) ou litometeoros (poeira, fumo, etc.).

O observador meteorológico determina a visibilidade na horizontal. Pretende-se determinar a maior distância horizontal, numa dada direcção, a que uma pessoa de vista normal, pode distinguir e identificar um objecto, à luz do dia.

Não havendo modificação nas condições atmosféricas, este valor deve ser o mesmo de noite. Ou seja, regista-se uma visibilidade nocturna o valor que se obteria se a iluminação fosse elevada até à intensidade normal da luz do dia.

X - 1 - Definição de visibilidade meteorológica

Define-se "visibilidade meteorológica como sendo a distância máxima a que se pode ver e identificar" contra o céu no horizonte, um objecto negro de dimensões convenientes.

No caso de observações nocturnas, é a distância máxima a que se poderia ver e identificar o mesmo objecto, se a intensidade da iluminação geral fosse aumentada até atingir a intensidade normal da luz do dia.

De notar que é necessário reconhecer o objecto. Não basta simplesmente ver o objecto, sem ser capaz de o identificar.

Os valores mais baixos da visibilidade são expressos em metros, e os mais altos são expressos em quilómetros.

A expressão "visibilidade meteorológica" refere-se à visibilidade numa única direcção, como à visibilidade predominante em todas as direcções.

As observações de visibilidade devem ser feitas **sem** o auxílio de binóculos, telescópios

ou teodolitos.

X - 2 - Determinação da visibilidade

Para um observador de vista normal, a visibilidade depende, principalmente, dos seguintes factores:

1) presença de partículas sólidas ou líquidas na atmosfera
2) direcção da luz
3) contraste entre um objecto, e o fundo contra o qual esse objecto é visto.

Os factores 2) e 3) devem ser eliminados nas observações de rotina. Por isso, a localização dos objectos a observar deve ser tal, que possam, sempre que possível, ser observados tendo o céu como fundo.

Quando há Sol, a direcção da luz é determinada pela posição deste. O efeito mais desfavorável verifica-se quando a luz do Sol incide sobre os olhos do observador. Será convenientemente, portanto, observar objectos que se encontrem a 90^{o} ou mais da direcção do Sol, evitando observar um objecto contra o Sol nascente ou poente.

As observações de visibilidade deverão ser feita de uma posição em que o observador tenha uma visão ininterrupta de todo o horizonte. Quando não for este o caso, o observador deve deslocar-se até ter observado o horizonte em todas as direcções.

Em particular, interessa-nos a visibilidade horizontal à superfície do Globo. Assim, as observações devem ser executadas no ponto mais baixo, acima da superfície, em que se possa fazer uma observação satisfatória.

X - 3 - Plano dos pontos de referência da visibilidade

A avaliação da visibilidade baseia-se na observação de objectos ou luzes convenientes a distâncias conhecidas do ponto de observação.

Cada estação deve, assim, preparar um plano de alvos de referência utilizados nestas observações.

O plano deve indicar as distâncias e orientação dos objectos em relação ao ponto de observação. Deve, igualmente, incluir as luzes convenientes para determinar a visibilidade de noite, assim como de dia.

As referências escolhidas devem estar situadas a distâncias muito diversas

Por outro lado, as distâncias que separam as referências escolhidas devem ser cuidadosamente determinadas, o que se pode fazer por medição directa, no caso de objectos próximo, e, no caso de objectos mais distantes, por cálculo a partir de cartas geográficas de grande escala.

X - 4 - Escolha de pontos de referência da visibilidade durante o dia

Para pontos de referência de observações durante o dia devem escolher-se objectos que se encontrem a distâncias as mais variadas possível. Deverão ser negros ou quase, e devem destacar-se contra o céu no horizonte.

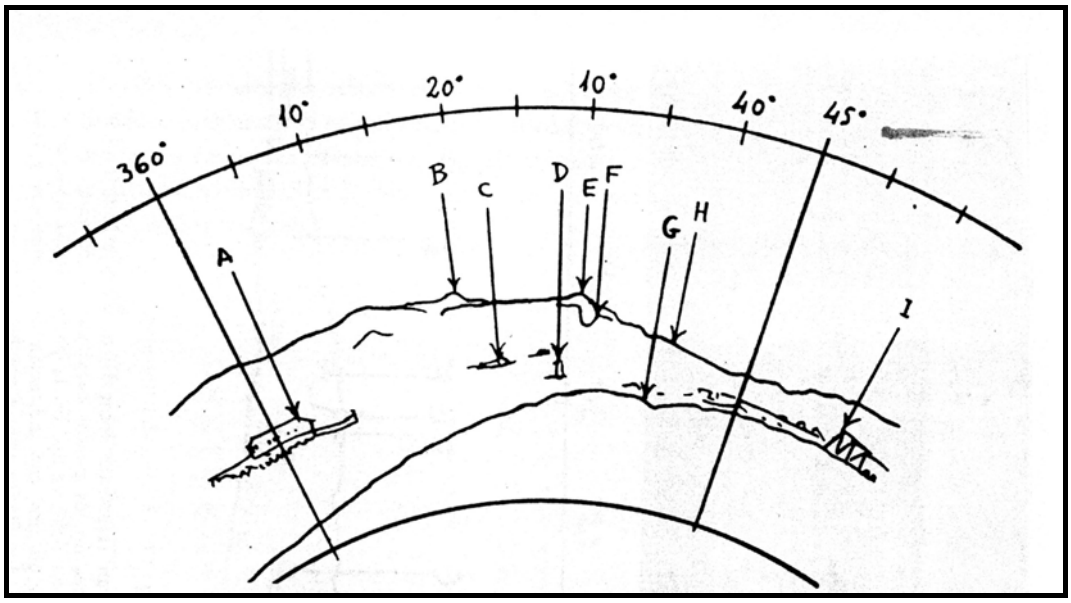
Na medida do possível, devem evitar-se os objectos de cores claras ou os que não tenham por fundo o céu. Estas precauções são particularmente importantes quando o Sol incide sobre um objecto. Assim, uma casa branca será um objecto de referência impróprio, mas um grupo de árvores escuras terá utilidade, excepto quando brilhantemente iluminadas pelo Sol.

Relativamente às dimensões do objecto observado, de notar que um objecto que tenha um ângulo inferior a $0{,}5^{\circ}$ em relação aos olhos do observador, se torna invisível a uma distância inferior à de objectos maiores nas mesmas condições.

X - 5 - Escolha dos pontos de referência da visibilidade durante a noite

Os objectos mais convenientes para determinar a visibilidade durante a noite são:

a) luzes não concentradas, de intensidade moderada e situadas a distâncias conhecidas
b) silhuetas de colina e montanhas destacando-se contra o céu
c) brilho de estrelas perto do horizonte.



X -2 - Diagrama polar do horizonte

O horizonte de uma paisagem a volta fo observador em coordenadas polares cujo centro é o observador
A - Distância ,415 m
B - Puig Mayor: Altura ,1440m. Distância, 25.700m.
C - Ca´Moja: Altura , 50m. Distância , 1. 150m
D - Torre Molino: Distância , 675m. E - Pico Massanela: Altura 1.340m, Distância 25.400m.
F - Castelo Alró: Altura, 800m . Distância 17.000m.
G - Distância 500m. H - Pico Eubellon: Altura, 560m. Distância, 27.200m.
I - Distância , 650m.

De noite, a distância a que se pode ver uma luz, depende de factores como:

1) brilho da luz
2) o cuidado visual do observador
3) presença ou ausência de outras fontes luminosas no campo de visão
4) transparência da atmosfera.

Os registos de visibilidade seja durante o dia ou durante a noite, devem indicar o mesmo grau de transparência da atmosfera.

A escolha de referências luminosas nos aeródromos deve ser cuidadosa. assim, as luzes de pista não são convenientes visto que são muito intensas. No entanto, o seu brilho pode ser utilizado como indicação aproximada sobre se a visibilidade é superior ou inferior à distância a que a luz se encontra. É, no entanto, frequente utilizarem-se, como pontos de referência da visibilidade, luzes de sinalização - vermelhas ou verdes.

Depois de tempestades deve haver cuidado na utilização de todas as fontes luminosas, pois a sua intensidade pode ficar reduzida pela neve ou por precipitação com congelação.

A observação da visibilidade deve ser a última das observações feitas ao ar livre, para que os olhos do observador se possam adaptar o melhor possível.

Quando não se utiliza um visibilímetro, a intensidade das fontes luminosas utilizadas nas observações de visibilidade deve medir-se de vez em quando.

X - 6 - Relação entre a visibilidade durante o dia e durante a noite

Não é a mudança da luz do dia para a escuridão ou vice-versa, que afecta a visibilidade. Quando ocorrem alterações, estas resultam de mudanças das condições atmosféricas, como sejam, alteração da massa de ar, aumento de turbulência, variação da temperatura do ar, etc..

Na prática, a relação entre o brilho de uma fonte luminosa distante, de noite, e a visibilidade de dia, pode exprimir-se como:

a) Intensidade de uma fonte luminosa que é visível a uma distância definida

b) Distância máxima a que pode ver-se uma luz de intensidade luminosa definida.

É também importante o grau de contraste entre o objecto e o fundo - exemplo: crepúsculo, luar, escuridão completa.

Os valores obtidos para a visibilidade durante a noite podem induzir em erro quando se baseiam simplesmente na distância a que são visíveis as fontes luminosas vulgares, sem se ter em conta a intensidade da luz.

X - 7 - Estimativa da visibilidade

Em certos locais, um horizonte limitado ou a ausência de objectos convenientes, pode impedir que se façam observações, excepto em distâncias relativamente curtas.

Quando a visibilidade é superior às distâncias para que há pontos de referência, deve obter-se por:

a) métodos instrumentais

ou

b) pela estimativa da transferência geral da atmosfera.

A estimativa pode fazer-se anotando a nitidez com que se destaca o objecto mais afastado, por exemplo:

1) Nitidez de contorno e relevo, com pouco ou nenhum esbatimento da cor do objecto.
   Indica que a visibilidade é superior à distância a que se encontra o objecto que serve de ponto de referência.
2) Objecto esbatido ou indistinto
   Indica a presença de bruma seca ou outros fenómenos, que reduzem a

visibilidade a uma distância menor do que aquela a que se encontra o objecto.

Podem também utilizar-se estas considerações para interpolar para objectos a distâncias diferentes.

X - 8 - Visibilímetros

Não há vantagem em utilizar um instrumento para medições durante o dia, desde que haja uma série conveniente de objectos para observação directa.

Um visibilímetro é, por outro lado, útil para observações durante a noite ou quando não há objectos de referência, como por exemplo a bordo de navios.

X - 9 - Variação da visibilidade horizontal com a direcção

A expressão "visibilidade meteorológica" pode exprimir a visibilidade numa única direcção ou nas condições predominantes em todas as direcções.

De momento, não há uniformização internacional de modo a registar a visibilidade horizontal, quando esta varia em diferentes direcções. O processo recomendado é o de registar a menor distância.

Por outro lado, as práticas nacionais variam. Assim, um observador deve adoptar a prática utilizada no respectivo serviço meteorológico nacional.

X - 10 - Visibilidade oblíqua

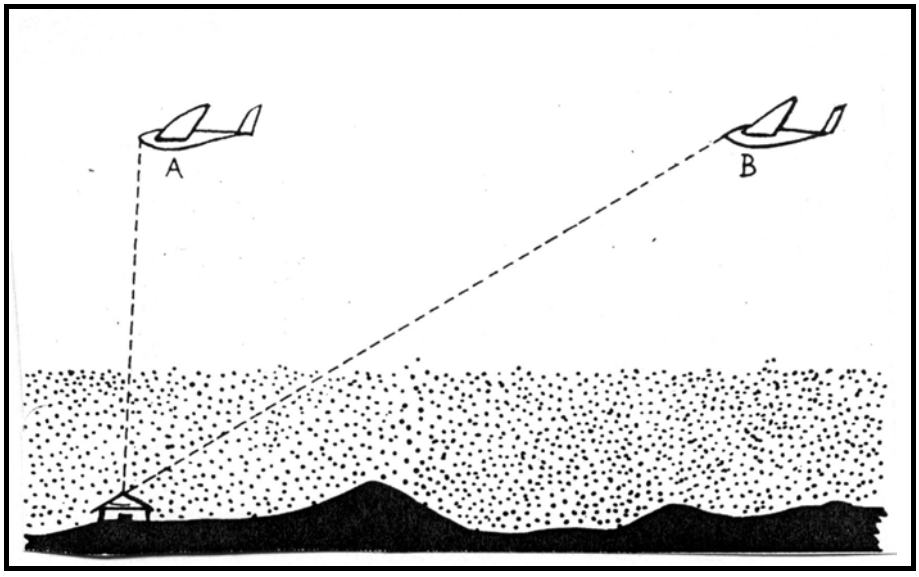
Em comunicados sinópticos é a visibilidade horizontal que é necessária. Há, no entanto, outras informações relativas à visibilidade que são necessárias para fins especiais.

A visibilidade oblíqua, ou visibilidade inclinada, é a distância máxima a que se pode ver e identificar um objecto à vista desarmada, ao longo de uma linha visual inclinada em relação à vertical.

A **visibilidade oblíqua descendente** é uma informação importante na condução de aeronaves. É, em geral, diferente da visibilidade à superfície, devido a:

a) **variações de transferência da atmosfera resultantes da diferença de altitude**

b) **os objectos serem vistos, tendo a superfície do Globo como fundo**.



X - 2 - Visibilidade oblíqua

O avião A pode ver a casa M através da bruma que cobre o solo e tem pouca espessura; em cambio o avião B vê a casa com dificuldade uma vez que os raios oblíquos tem que atravessar uma maior extensão de ar turvo.

X - 11 - Visibilidade vertical

Há também necessidade de informações referentes à visibilidade vertical. Estas são úteis quando o céu se encontra obscurecido por nevoeiro, fumo, poeira, areia, tempestade de neve, etc.

A visibilidade vertical é geralmente diferente da horizontal, e da oblíqua ao nível do solo.

Define-se visibilidade vertical como a distância máxima a que se pode ver e identificar um objecto, olhando na vertical, de baixo para cima, contra o céu, à luz do dia. Normalmente utiliza-se um objecto escuro de dimensões angulares moderadas.

Pode considerar-se como visibilidade vertical a altura acima do solo a que um balão piloto desaparece da vista à luz do dia, quando sobe na vertical.

Entre as partículas e líquidas que reduzem a **transparência da atmosfera** contam-se as diversas partículas formadas em resultado do arrefecimento do vapor de água na atmosfera. Este vapor de água entra na atmosfera pelos processos de evaporação e de transpiração. É, em particular, importante conhecer a velocidade com que a água deixa a superfície do Globo por estes processos.

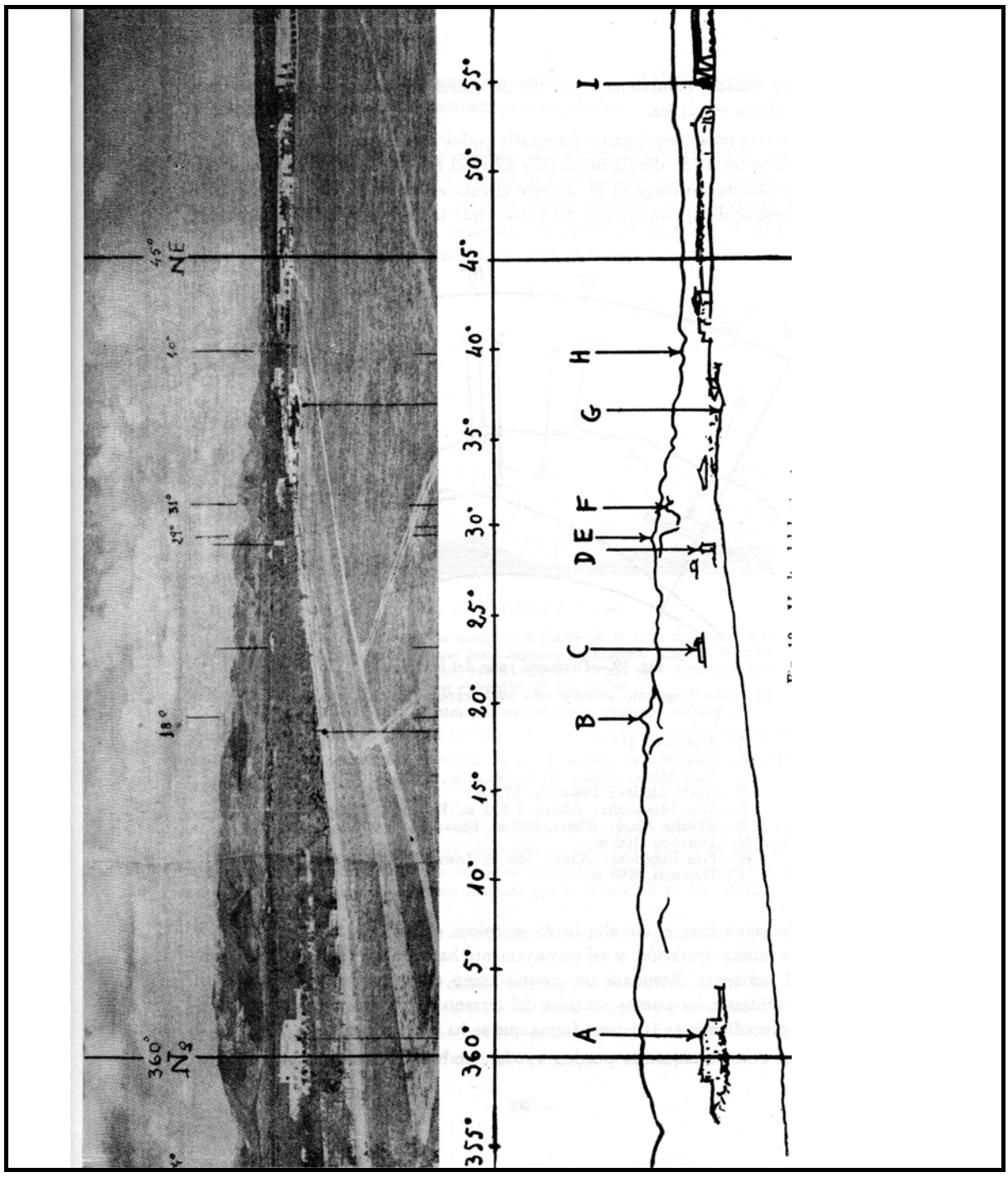


Fig. X.3 À volta do horizonte

CAPÍTULO XI - MEDIÇÃO DA EVAPORAÇÃO

A perda de água da superfície do Globo para a atmosfera efectua-se de diversos modos:

a) por evaporação de água líquida

b) por sublimação do gelo

c) por transpiração das plantas.

A evaporação produz-se a partir das superfícies líquidas e de superfícies sólidas, húmidas, tais como o solo. A sublimação ocorre quando o gelo e a neve passam directamente a vapor de água.

A vegetação retira água do solo através das raízes. Essa água sobe através da planta até às folhas, onde a maior parte passa ao estado de vapor e se escapa para a atmosfera através dos estomas das folhas. Este processo é conhecido por transpiração.

Por vezes utiliza-se o termo "evaporação" para descrever todos os diversos processos físicos em que a água no estado líquido passa ao estado de vapor. Nestes casos, o termo inclui quer a transpiração das plantas, quer a evaporação proveniente de superfícies líquidas e do solo. No entanto, é mais correcto utilizar para estes processos o termo **evapotranspiração**.

A medição da evaporação e da transpiração é necessária, se quisermos determinar a quantidade de água existente para uso das pessoas que vivem nas cidades e no aglomerados e para a vida animal e vegetal nas zonas rurais.

Fizeram-se tentativas para reproduzir as condições naturais, medindo a perda de água em diversos tipos de superfícies. Em certos casos coloca-se em reservatórios ou em recipientes uma amostra de solo e plantas semelhantes aos da região em estudo. Mede-se a quantidade de água que se lança nestes reservatórios o que dá uma ideia da quantidade de água necessária para cultivar plantas nessa região. Noutros casos mede-se a quantidade de água que se evapora do solo, de superfícies porosas e líquidas.

Neste capítulo ocupar-mos-emos principalmente com a medição da **taxa de**

evaporação.

Referiremos em primeiro lugar os problemas relacionados com o processos e consideraremos, em seguida, alguns dos métodos utilizados na medição da evaporação.

XI - 1 - Factores que influem na evaporação

A medição da evaporação é muito mais difícil do que a da precipitação. Ainda não foi possível obter valores de confiança sobre a quantidade de água que se evapora de zonas relativamente extensas da superfície do Globo.

Os factores que influenciam a evaporação que se produz de uma superfície ou de qualquer corpo, são os seguintes:

a) Radiação total, solar e terrestre
b) Temperatura do ar e temperatura da superfície evaporante
c) Velocidade do vento junto a essa superfície
d) Humidade relativa do ar junto da superfície evaporante
e) Pressão atmosférica
f) Natureza da superfície evaporante
g) Conteúdo em água da superfície evaporante.

Além dos valores da temperatura junto à superfície, da velocidade do vento e da humidade e variação destes elementos com a altura nas camadas inferiores, é também importante. É por isso que a evaporação pode variar de modo sensível em áreas relativamente pequenas.

A evaporação que se produz de toalhas de água é ainda afectada pelas condições ambientes e pela forma dessas superfícies de água. Também as impurezas e a vegetação existentes na água afectam a evaporação.

A evaporação a partir do solo não depende somente das condições meteorológicas. Depende também de factores tais como o conteúdo de humidade, as propriedades físicas e a composição química do solo, assim como a profundidade do lençol de água.

A evapotranspiração é afectada pelas características das plantas, além dos factores

meteorológicos e das propriedades do solo. Estas características incluem o número de poros das folhas, através dos quais se escapam o vapor de água e os gases. Além disso, constituem factores importantes a profundidade e a natureza do sistema radicular.

XI - 2 - Unidades de medida

A taxa de evaporação de uma superfície pode ser definida como sendo o volume de água no estado líquido, evaporada por unidade de superfície, na unidade de tempo.

Esta é equivalente a uma certa altura de água no estado líquido, perdida na unidade de tempo por toda a superfície, daí a evaporação ser geralmente expressa deste modo. A unidade de tempo pode ser um dia ou uma hora. A unidade de altura pode ser o milímetro ou a polegada. Portanto, a unidade de evaporação pode ser o milímetro por dia.

XI - 3 - A medição da evaporação

A OMM recomenda que as estações meteorológicas assegurem, na medida do possível, registos contínuos da evaporação. Estes devem ser feitos de tal modo que as medições sejam representativas da evaporação a partir da superfície do solo e da transpiração das plantas.

A medição da evaporação proveniente da superfície do solo e também de superfícies de água, tem importância para os hidrologistas. Infelizmente é difícil obter medições verdadeiramente representativas das condições naturais. Alguns destes problemas serão considerados quando descrevermos a natureza dos instrumentos utilizados na medição da evaporação.

Chama-se "evaporímetro" ou "atmómetro" ao instrumento utilizado na medição da perda de água por uma superfície saturada. Estes instrumentos não medem directamente nem a evaporação de água por superfícies naturais, nem a evapotranspiração real (quer dizer a quantidade total de água lançada na atmosfera por evaporação no solo e por transpiração das

plantas) nem a evapotranspiração potencial (quer dizer o limite máximo da evapotranspiração que ocorreria se houvesse bastante água no solo).

Os valores obtidos não podem, portanto, ser utilizados sem correcções, para se chegar a estimativas seguras sobre a evaporação da água de um lago. Devem igualmente ser feitas correcções, antes de as medições poderem ser utilizadas para estudar a evapotranspiração real e potencial relativa a superfícies naturais.

XI - 4 - Métodos de medição

Existem três métodos directos para medir a evapotranspiração:

a) Determinando a diferença de peso de uma amostra de solo

b) Observando a perda de água de uma superfície porosa

c) Observando a mudança de nível da superfície de água livre de um reservatório de grandes dimensões.

Se aplicarmos métodos diferentes não se podem comparar os resultados obtidos. Assim, devemos usar instrumentos idênticos e adoptar exposições semelhantes quando pretendemos comparar a evaporação de locais diferentes. Mesmo assim, os resultados obtidos são puramente relativos, excepto talvez no caso do método a).

XI - 5 - Evaporação pela superfície do solo

O método a) é o único que pode fornecer informações suficientemente representativas do processo natural de evaporação pela superfície do solo. Devem tomar-se, no entanto, precauções indispensáveis ao fazer as medições.

Retira-se do terreno uma amostra cilíndrica de solo, que se coloca num recipiente que se adapte exactamente ao buraco de onde se retirou a amostra, e que deve ter uma condutibilidade térmica baixa.

As dimensões da amostra de solo devem ser tais, que seja fácil pesá-la. Deve ser colocada no recipiente com suficiente cuidado para que conserve tanto quanto possível a forma inicial.

Este método não é muito conveniente para observações de rotina porque implica que a amostra seja transportada para dentro de casa todas as vezes que seja necessário pesá-la. É também necessário muito cuidado ao manipulá-la.

O método é por vezes simplificado colocando uma amostra com pouca altura no prato de uma balança de leitura directa. O instrumento é colocado num abrigo, de modo a ficar protegido do sol e da chuva. Ao mesmo tempo, fica exposto a uma certa ventilação natural. No entanto, a evaporação proveniente deste fragmento de solo não é representativa da de uma amostra que se encontre em condições naturais.

XI - 6 - Evaporação por uma superfície porosa molhada

Para determinar a perda de água por uma superfície porosa molhada utiliza-se um atmómetro. Diz-se, por vezes, que este tipo de instrumento **dá uma medida aproximada da evaporação pela superfície das plantas. O evaporímetro de Piche é um instrumento deste tipo**.

É constituído por um tubo de vidro graduado, aberto numa das extremidades e fechado na outra. Enche-se o tubo com água e coloca-se um disco poroso (p. ex., papel de filtro) sobre a extremidade aberta. Em seguida inverte-se o tubo.

O disco pororo mantém-se húmido enquanto houver água no tubo. a evaporação é medida anotando a descida do nível de água no tubo graduado.

O evaporímetro de Piche é colocado num abrigo meteorológico de Stevenson. Por esta razão, ele reage à humidade relativa e às variações da velocidade do ar que passa através do abrigo. Mas, não reage directamente às variações da quantidade da radiação solar que é recebida na superfície adjacente do Globo.

Em regiões secas, o disco poroso pode secar na periferia e, assim, a superfície de evaporação não ter sempre a mesma área. Outra dificuldade é o facto de o tubo ter uma capacidade que só dá para um dia de evaporação. Com tempo muito quente e seco a reserva de água pode gastar-se em menos de um dia.

É difícil normalizar as dimensões e a eficácia evaporante, devido à forma do disco e à maneira e o pôr em contacto com a extremidade aberta do tubo de vidro.

Embora este instrumento seja fácil de usar, e tenha uma concepção simples, as indicações por ele fornecidas não têm qualquer relação íntima com a evaporação pelas superfícies naturais. Este facto é divido principalmente à exposição do evaporímetro de Piche. Os depósitos de poeira ou de areia na superfície porosa podem também afectar seriamente as leituras.

XI - 7 - Evaporação por superfícies de água livre em reservatórios e em tinas

O método do recipiente ou tanque de evaporação tem uma aplicação bastante generalizada. No entanto, tem também a desvantagem da sua fraca relação com a evaporação por uma superfície representativa das condições naturais.

No entanto, os registos feitos em locais diferentes com a mesma espécie de reservatório, exposto de maneira semelhante, dão bons resultados. Estas medições permitem que se façam comparações entre estações. Indicam, portanto, as quantidades relativas de evaporação em condições climáticas diferentes.

Usam-se actualmente muitos tipos diferentes de recipientes e tanques de evaporação; alguns têm secção quadrada, outro circular. Podem ser expostos de três modos:

a) Acima do solo. Toda a tina e a superfície de evaporação estão a pouca altura do solo
b) Enterrado no solo. A maior parte do tanque está abaixo do nível do solo, mas a superfície de evaporação está ao nível da superfície livre do solo, ou cerca

dele

c) Flutuante. O recipiente está instalado numa plataforma flutuante, ancorada num lago ou em qualquer outra superfície de água.

Em todos os casos, o reservatório deve ser de material não corrosivo. Todas as junções devem ser feitas de maneira a diminuírem o risco de os recipientes terem fugas.

Os recipientes instalados acima do solo não são caros e são fáceis de instalar e manter. Mantêm-se mais limpos do que os tanques enterrados, uma vez que a sujidade proveniente do terreno à volta não atinge a água. É fácil notar e eliminar qualquer fuga.

No entanto, a quantidade de água evaporada é maior do que a dos recipientes enterrados, devido à energia radiante adicional interceptada pelas paredes. Os efeitos desfavoráveis das paredes laterais podem ser em grande parte eliminados utilizando um recipiente com isolamento, mas isso torna-o mais caro.

No caso dos **recipientes enterrados**, ficam em grande parte eliminados os efeitos secundários desfavoráveis, tais como a radiação sobre as paredes laterais e a troca de calor entre o recipiente e a atmosfera. No entanto, acumula-se maior sujidade, o recipiente é difícil de limpar e as fugas não podem ser facilmente notadas e eliminadas. A altura da vegetação junto do recipiente é também importante.

Além disso, têm lugar apreciáveis trocas de calor entre o recipiente enterrado e o solo. Estes efeitos dependem de muitos factores, incluindo o tipo de solo, o seu conteúdo em água e a densidade da vegetação.

Ao estudar a evaporação de um lago os **recipientes flutuantes** dão geralmente melhores resultados do que os expostos em terra, acima ou abaixo do solo. No entanto, as suas condições de acumulação de calor são diferentes das do lago.

O recipiente flutuante é influenciado pelas características específicas do lago em que se encontra, Assim, não constitui necessariamente um bom indicador climático. Os recipientes flutuantes têm alguns problemas, em particular:

a) Dificuldades na execução das observações
b) Salpicos que frequentemente impedem que se tenha confiança nos dados
c) Despesas de instalação e funcionamento.

XI - 8 - Tina de evaporação da Classe A

Há já alguns anos que se estuda a possibilidade de adoptar como padrão internacional um determinado modelo de recipiente, mas ainda não se chegou a uma decisão final. No entanto, a OMM adoptou, como instrumento de referência para o Ano Geofísico Internacional, o tanque americano da classe "A". O seu funcionamento foi largamente estudado em várias condições climáticas e entre limites bastante diferentes de latitude e altitude.

As observações consistem em medir a quantidade de água evaporada de um tanque destapado. As medições por meio do tanque de evaporação da classe "A", fazem-se ajustando o nível de água do tanque a um ponto fixo, o que se consegue adicionando ou retirando uma quantidade de água conhecida.

A evaporação depende de um certo número de factores, incluindo a temperatura da superfície evaporante e do vento junto à superfície da água. Em certas estações existente equipamento de medição da temperatura da água e da velocidade do vento sobre o tanque.

O tanque propriamente dito é constituído por um cilindro de cobre, ou de ferro galvanizado. Tem 25,4 cm de profundidade e 120,7 cm de diâmetro (dimensões internas) e é sustentado por uma estrutura de ripas de madeira. O tanque não é normalmente pintado e enche-se com água até 5 cm abaixo da borda.

O terreno deve ser removido o suficiente para nivelar o suporte e manter a base do tanque suficientemente elevada para a água da chuva se escôe. A parte superior do enchimento de terra deve ficar 3 a 5 cm abaixo da parte superior do suporte de ripas. Deste modo, o ar pode circular sob o tanque e a base deste pode ser inspeccionada sem dificuldade.

Há dois métodos de medição do nível de água:

a) Com um medidor de nível em forma de gancho

b) Com um medidor de nível de ponta fixa.

O medidor de nível em forma de gancho é constituído por uma escala com nónio. A ponta do gancho indica quando o medidor de nível está na posição correcta, em contacto com a superfície da água. Dentro do tanque está colocado um cilindro com cerca de 10 cm de diâmetro e 30 cm de altura, destinado a anular qualquer agitação que se forme na superfície livre da água do tanque. Serve também de suporte para o medidor de nível em forma de gancho durante as observações. Enche-se novamente o tanque, sempre que o nível de água desce mais de 2,5 cm.

O medidor de nível de ponta fixa é preferível ao de gancho, tanto do ponto de vista do custo como da manutenção de um nível de água conveniente. É constituído por uma vareta com ponta de latão, fixada verticalmente no centro de um cilindro de latão destinado a anular a agitação. A ponta da vareta encontra-se 6 a 7 cm abaixo da borda do tanque. Há três pequenos orifícios situados na parte inferior do cilindro, que permitem a circulação da água entre o tanque e o interior do cilindro.

Em cada observação faz-se voltar o nível de água ao mesmo ponto fixo, isto é, à ponta da vareta. Para juntar ou retirar água, a fim de levar o nível de água à altura da ponta da vareta, usa-se recipiente graduado.

XI - 9 - Execução das observações

Em muitas estações usa-se um anemómetro de conchas para determinar o percurso do vento entre duas leituras. Este anemómetro totaliza a distância percorrida pelo ar no período entre duas observações. O anemómetro é montado num dos cantos da estrutura que sustenta o tanque. Em cada observação procede-se à leitura do anemómetro e anota-se no registo.

Para determinar as temperaturas máxima e mínima da água, entre duas observações pode usar-se um termómetro de máxima e mínima. Estas leituras devem ser anotadas antes

de a água ser perturbada pela adição ou subtracção de água. Depois de se fazerem as medições torna-se a colocar o termómetro e regista-se a temperatura da água.

O método de observação para medir a quantidade de evaporação varia conforme o tipo de medidor de nível. Neste caso considera-se que se usa um medidor de nível de ponta fixa.

Primeiro anota-se o nível da superfície da água no tanque, em relação à ponta do medidor de nível. Mesmo que tenha havido evaporação, o nível da água não está necessariamente abaixo da extremidade da vareta. Se tiver chovido desde o momento da observação anterior, o nível de água será afectado.

Há duas possibilidades:

a) **O nível da água está abaixo da ponta fixa do medidor de nível**

i) Neste caso enche-se o recipiente graduado até à marca que tem a referência "O".

ii) Deita-se a água do recipiente graduado para o tanque até o nível da água atingir a ponta do medidor de nível.

(Esta operação deve ser feita lentamente quando o nível da água se aproxima do ponto fixo. De outro modo, a superfície da água pode ultrapassá-lo, devido ao facto de o nível no cilindro interior demorar algum tempo a ficar igual do tanque).

iii) Lê-se na escala do recipiente graduado a quantidade de água que se juntou (A).

iv) Faz-se uma leitura do udómetro, e determina-se a quantidade de chuva (C) caída depois da observação anterior.

v) Determina-se a quantidade de evaporação (E) a partir da equação:

$$E = C + A$$

vi) Além das leituras anteriores devem anotar-se a temperatura real e a humidade relativa do ar.

vii) Quando, no momento da observação, a superfície da água do tanque está congelada, quebra-se o gelo com o mínimo possível de perturbação quer da

temperatura quer do nível da água. As observações podem então ser feitas do modo normal.

b) **O nível da água está acima da ponta fixa do medidor de nível**

Neste caso é preciso:

i) Tirar água do tanque até o nível no cilindro interno atingir a extremidade da vareta

ii) Medir a quantidade de água retirada com o recipiente graduado (T).

iii) Fazer uma leitura do udómetro e determinar a quantidade de chuva caída depois da observação anterior (R).

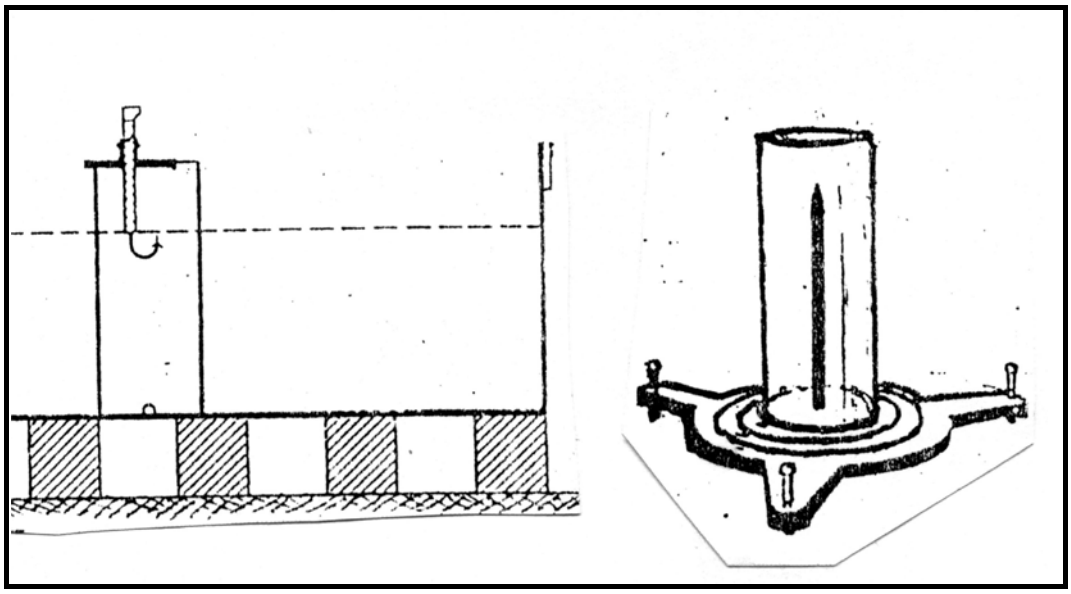
$$E = R - T$$

XI - 10 - Tinas registadoras

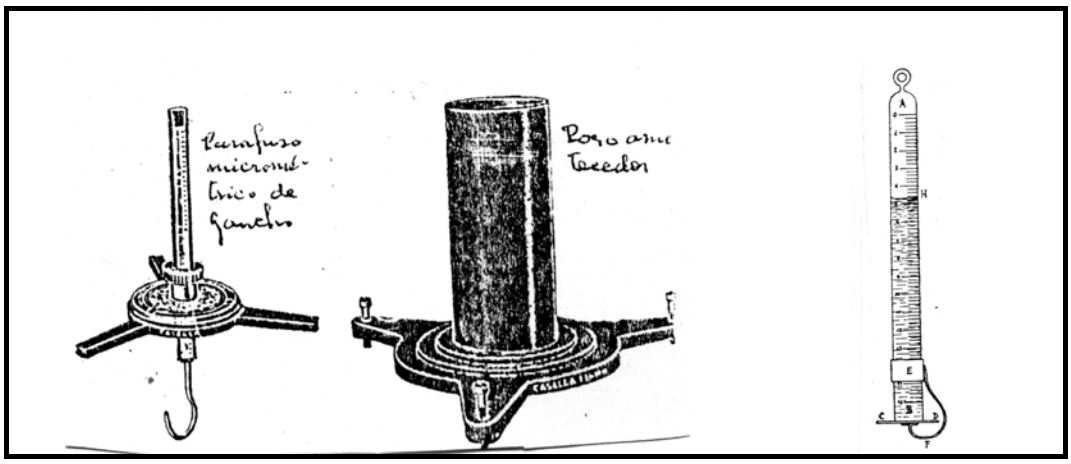
Há vários tipos de registadores automáticos da evaporação, de uso corrente. O nível da água mantém-se automaticamente constante por entrada de água a partir de um tanque de armazenamento, ou por saída de água no caso de precipitação. A quantidade de água adicionada ou extravasada do tanque é registada.

Em certos instrumentos o nível de água é registado continuamente por meio de um flutuador existente no cilindro interior. Este flutuador actua sobre um registador.

O vapor de água que entra na atmosfera como resultado da vaporização de água do solo e das superfícies líquidas e pela transpiração das plantas, é um subciclo importante do ciclo da água. A principal fonte de energia destes processos físicos é a radiação solar. No próximo capítulo trataremos da insolação. Estas informações são importantes para o estudo da energia total que atinge a superfície do Globo a partir do Sol.



XI - 1 - Esquema do parafuso na Tina de classe A



XI - 2 - Parafuso micrométrico de gancho e Evaporímetro de Piché
AB - tubo de vidro CD - "oblea" de papel secante EF mola suporte

CAPÍTULO XII - MEDIÇÃO DA INSOLAÇÃO

A radiação solar é a principal fonte de energia do globo. Directa ou indirectamente

influencia os processos físicos que ocorrem na atmosfera.

Uma das medições necessárias para o estudo da radiação total que atinge a superfície do Globo é a medição da insolação. Para determinar os totais horários ou diários da insolação usa-se um **heliógrafo**, que permite executar medições rigorosas até **ao décimo da hora**.

Neste capítulo estudaremos o **heliógrafo de Campbell-Stokes**, que é utilizado como padrão de referência para todos os tipos de heliógrafo, e conhecido por **heliógrafo de referência provisório (HRP)**.

XII - 1 - Princípio do heliógrafo de Campbell-Stokes

Determina-se a insolação concentrando os raios solares de tal modo que incidam sobre um papel no qual produzem um traço queimado. Se, para esse efeito, se usasse uma lente, seria necessário deslocá-la continuamente, devido às mudanças diárias e estacionais da posição do Sol. Para evitar tal inconveniente usa-se uma esfera de vidro para concentrar a radiação solar.

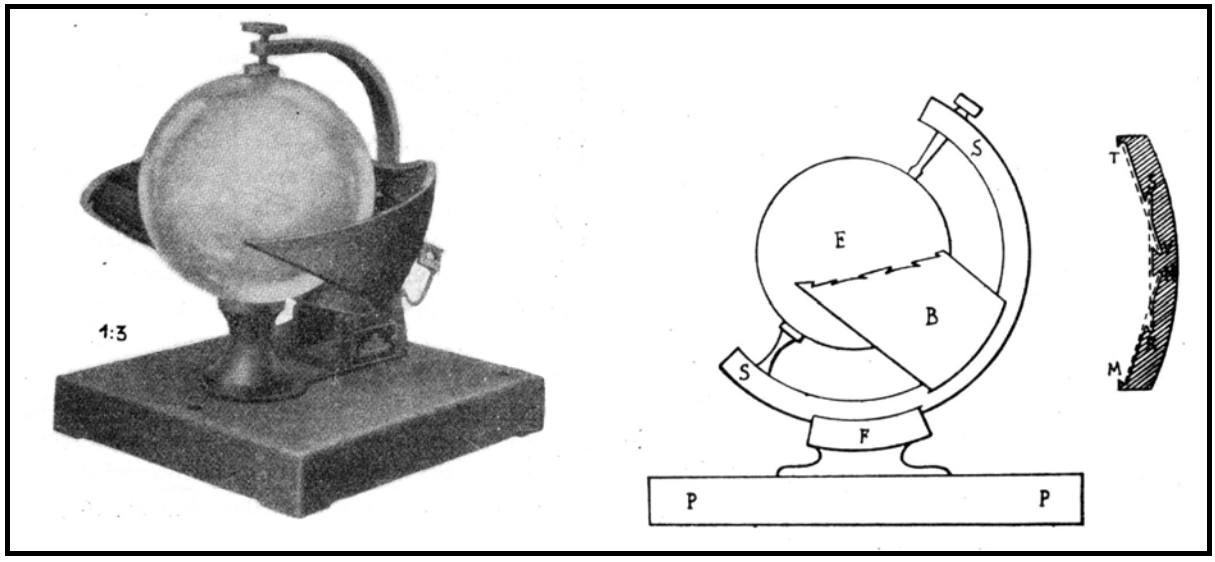
Coloca-se de modo conveniente uma tira de cartão numa armação curva, concêntrica com a esfera de vidro. Os raios solares ficam então focados sobre a tira de cartão.

Quando o Sol está descoberto durante todo o dia, aparece um traço contínuo na tira de cartão. Quando o Sol está temporariamente encoberto, o traço é interrompido. Neste caso o comprimento constituído pela soma de todos os segmentos queimados dá a medida da insolação.

XII - 2 - Descrição de heliógrafo de Campbell-Stokes

O heliógrafo é constituído essencialmente por uma esfera de vidro com cerca de 10 cm de diâmetro, montada concentricamente num suporte em forma de semi-coroa esférica. O diâmetro deste suporte é tal, que os raios solares ficam intensamente focados sobre uma tira de cartão fixada numas ranhuras do suporte. Há, na semi-coroa esférica, três pares de ranhuras sobrepostas destinadas a segurar cartões próprios para as diferentes estações do ano.

A forma do suporte da esfera depende da latitude em que esta é usada. Nas baixas latitudes, a esfera é segura entre pequenos suportes em forma de taça. Este método pode também ser usado nas latitudes médias. Por esta razão, este tipo de heliógrafo é conhecido por padrão universal. As suas características essenciais são apresentadas na figura XII - 1



SS - suporte circular graduado
B – porta-cartões
P - pé
RS - recta para primavera e outono
E - esfera de vidro
F - índice
MN - curva para inverno
TV - curva comprida para verão

Figura XII - 1 - Heliógrafo de Campbell-Stokes (padrão-universal)

XII - 3 - Exposição do heliógrafo

O objectivo da utilização do heliógrafo é conseguir um registo contínuo da insolação. A forma ideal de montar o heliógrafo será sobre um suporte firme e rígido, num local onde não haja obstáculos a obstruir os raios solares, em qualquer hora do dia e em qualquer época do ano.

XII - 4 - Cartões do heliógrafo

Os cartões ou "tiras" do heliógrafo são feitos de cartão de boa qualidade, que não sofre aumento apreciável de comprimento quando for molhado. **São impressos numa cor, como o azul de tonalidade média, que absorve a radiação solar**.

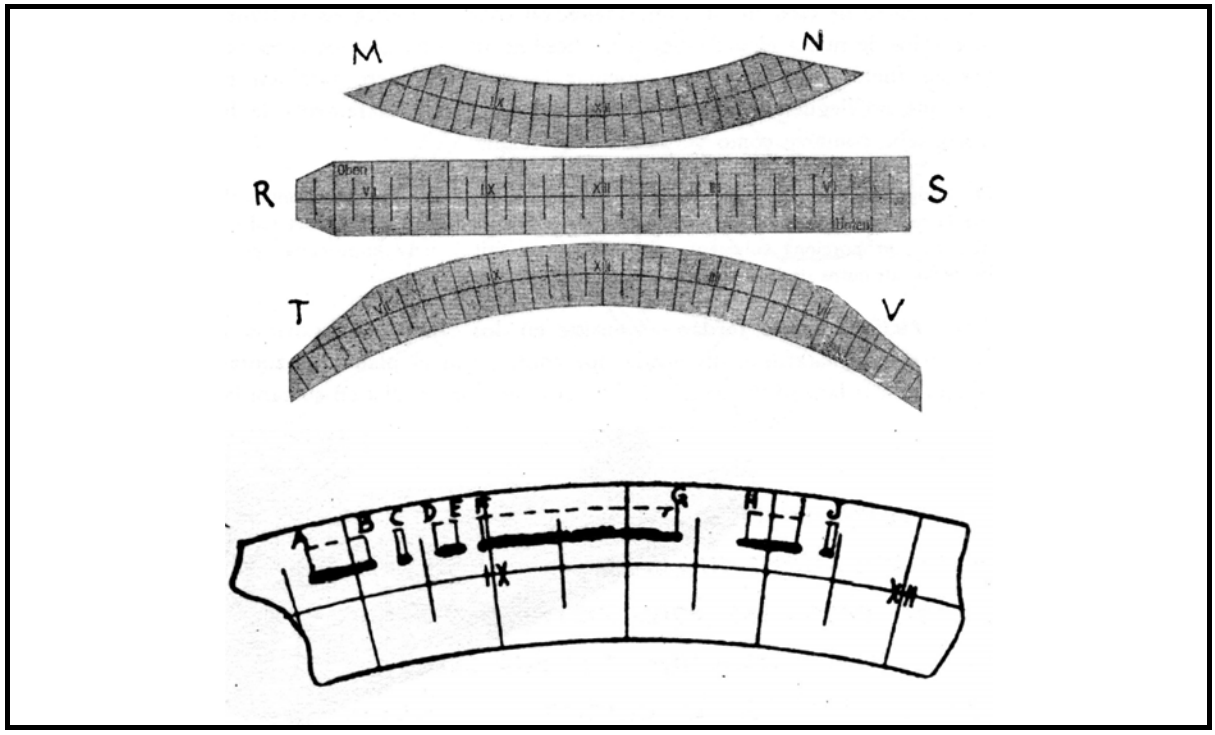
De acordo com a estação do ano, usam-se cartões de três dimensões diferentes:

a) **Cartões para Verão** - cartões longos e curvos, enfiados com a parte convexa para cima, entre as ranhuras como indicação "Verão".

b) **Cartões para Inverno** - cartões curtos e curvos, enfiados com a parte côncava para cima, entre as ranhuras com indicação "Inverno".

c) **Cartões equinociais** - cartões direitos, enfiados entre as ranhuras centrais com indicação "Equinócios".

A figura XII - 2 mostra onde se devem enfiar os cartões.



MN - inverno RS - primavera e outono TV - verão

A soma de intervalos de sol despejado é : AB + C + DE + FG + HI + J = 2 horas, 30 minutos

Figura XII - 2 - cartões do heliógrafo

Os períodos de Verão e de Inverno variam com a latitude, e são diferentes em cada hemisfério. Quando se enfiam os cartões equinociais, deve haver o cuidado de pôr os números das horas na posição correcta, de outro modo o Sol de manhã ficará registado na parte do cartão destinada a registar o Sol de tarde, e vice-versa. Antes de enfiar um cartão novo, é conveniente limpar qualquer poeira que possa ter-se acumulado nas ranhuras em que os cartões vão ser colocados.

XII - 5 - Afinação do heliógrafo

O heliógrafo é fornecido já com **afinação de concentricidade**. Isto significa que o centro da esfera coincide com o centro do suporte. Esta afinação não deve, em caso algum, ser alterada.

No entanto, há **outros ajustamentos que têm de ser feitos no próprio local. Estes são**

executados no período dos equinócios, para assegurar:

a) que o traço coincide com a linha central do cartão para os períodos equinociais.

b) que às 12H00, tempo local aparente, a imagem do Sol coincide com a marca do meio-dia no suporte.

Quando estas condições estão preenchidas, o registo estará correcto em todas as épocas do ano.

O ajustamento será correcto quando:

a) O instrumento esteja nivelado e na direcção Leste-Oeste

b) O instrumento esteja voltado para o Sul no Hemisfério Norte e para o Norte no Hemisfério Sul (quando isto se verifique, o plano que passa pelo centro da

esfera e pela marca do meio-dia no suporte dos cartões coincide com o plano do meridiano geográfico)

c) O plano que passa pelo centro da esfera e pela linha central do cartão para os períodos equinociais, forme, com a vertical, um ângulo igual à latitude do local.

XII - 6 - Processos de ajustamento

Os ajustamentos no local devem ser executados do seguinte modo:

a) Nivelamento

i) Diminuir o aperto das três contraporcas dos parafusos de nivelamento

ii) Colocar um nível de bolha de ar entre as pontas do suporte dos cartões, tendo o cuidado de assegurar que o eixo do nível se encontra exactamente na direcção Leste-Oeste (pode conseguir-se isto colocando um cartão no heliógrafo e apoiando o nível nas extremidades do cartão)

iii) Levar a bolha de ar ao centro do nível, rodando os dois parafusos de nível Leste e Oeste em sentidos contrários

iv) Colocar o nível de bolha de ar sobre a base regulável, na direcção Norte -Sul, e proceder ao nivelamento unicamente com o parafuso de nível posterior.

b) Este acerto só pode ser feito satisfatoriamente com Sol. O melhor momento de o executar é ao meio-dia local aparente, e procede-se do seguinte modo:

i) Calcular o meio-dia verdadeiro, quer dizer, o instante em que o Sol passa no meridiano do lugar

ii) Colocar no heliógrafo o cartão ou "tira" correspondente à estação do ano e fazer coincidir as marcas do meio-dia

iii) Diminuir o aperto das contraporcas dos parafusos de nivelamento

iv) No momento em que o Sol passa no meridiano do lugar, ajustar a base regulável de modo que a imagem do Sol incida directamente sobre a linha do meio-dia do cartão. (A base regulável pode ser rodada até fazer um ângulo de 17° com a base fixa. É aconselhável verificar o nivelamento, depois de fazer a orientação).

c) Inclinação do eixo da esfera

i) Verificar se a base regulável está bem horizontal

ii) Soltar o parafuso do suporte da esfera, de modo que este possa deslizar 15°, se necessário

iii) Fazer coincidir a ponta da seta do suporte da esfera, com o valor da latitude do local, na escala graduada, (ver figura XII - 1)

iv) Apertar o parafuso de fixação do suporte da esfera (a linha centra do cartão para os períodos equinociais deve então coincidir com o plano equatorial celeste).

Após terem sido feitos todos os ajustamentos, estes devem ser verificados, e só então se apertam todas as contraporcas. Não deve haver necessidade de afinar de novo o heliógrafo, a não ser que se verifique qualquer encurvamento ou deformação do suporte.

XII - 7 - Erros de ajustamento

Se todos os ajustamentos tiverem sido satisfatórios, o traço deve ser paralelo à linha central do cartão do heliógrafo. Os ajustamentos incorrectos podem provocar sérias falhas no

registo em certas épocas do ano, fazendo com que o traço saia da extremidade do cartão.

Um nivelamento incorrecto, ou uma orientação incorrecta, podem fazer com que o traço fique deslocado, demasiado baixo da manhã ou demasiado alto à tarde, ou vice-versa. Quando o traço é simétrico junto à linha do meio-dia, mas não é paralelo à linha central do cartão, o ajustamento de latitude foi mal feito.

XII - 8 - Manutenção do heliógrafo

Uma vez instalado e convenientemente ajustado, o instrumento exige poucos cuidados, além da substituição diária dos cartões ou "tiras". A esfera de vidro deve ser limpa com uma camurça, sempre que necessário, mas não com pano, que poderia riscar a superfície. Quando o instrumento é atingido por neve ou geada, estas devem ser retiradas no mais curto espaço de tempo possível.

XII - 9 - Substituição dos cartões do heliógrafo

Todos os dias se deve pôr um novo cartão, quer tenha havido Sol descoberto quer não. Um cartão sem uma queimadura prova que o céu esteve sempre encoberto.

Quando é possível, deve substituir-se o cartão depois do pôr-do-Sol. Para substituir o cartão, retira-se o estilete fixador dos cartões e retira-se o cartão usado, fazendo-o deslizar.

Em caso de necessidade podem substituir-se os cartões durante o dia. É, no entanto, necessário manter a hora escolhida para a substituição. Se houver Sol no momento em que se põe o novo cartão, deve proteger-se a esfera dos raios solares, a fim de não produzir uma falsa marca.

Depois da chuva é, por vezes, difícil retirar um cartão sem o rasgar. Neste caso, corta-se o cartão cuidadosamente ao longo da aresta de uma das ranhuras, com uma faca afiada. Deve

haver o cuidado de não prejudicar o registo.

Enfia-se o novo cartão e faz-se coincidir a linha das 12H00 com a linha do meio-dia gravada no suporte. Depois introduz-se o estilete de fixação.

Em cada cartão devem estar escritos o nome da estação e a data. Devem também estar indicadas as horas exactas a que o cartão foi colocado e retirado do instrumento.

XII - 10 - Leitura dos cartões do heliógrafo

Para calcular o total diário da insolação, usa-se (por exemplo) um segundo cartão (C), de curvatura semelhante. Coloca-se este cartão ao longo do outro (R), que tem o registo. Em seguida marcam-se no cartão (C), com um lápis afiado, comprimentos iguais aos dos traços sucessivos do cartão (R). A posição do cartão pode ser ajustada, de maneira que estes segmentos formem uma linha contínua. O comprimento desta linha deve ser medido com aproximação até aos décimos da hora.

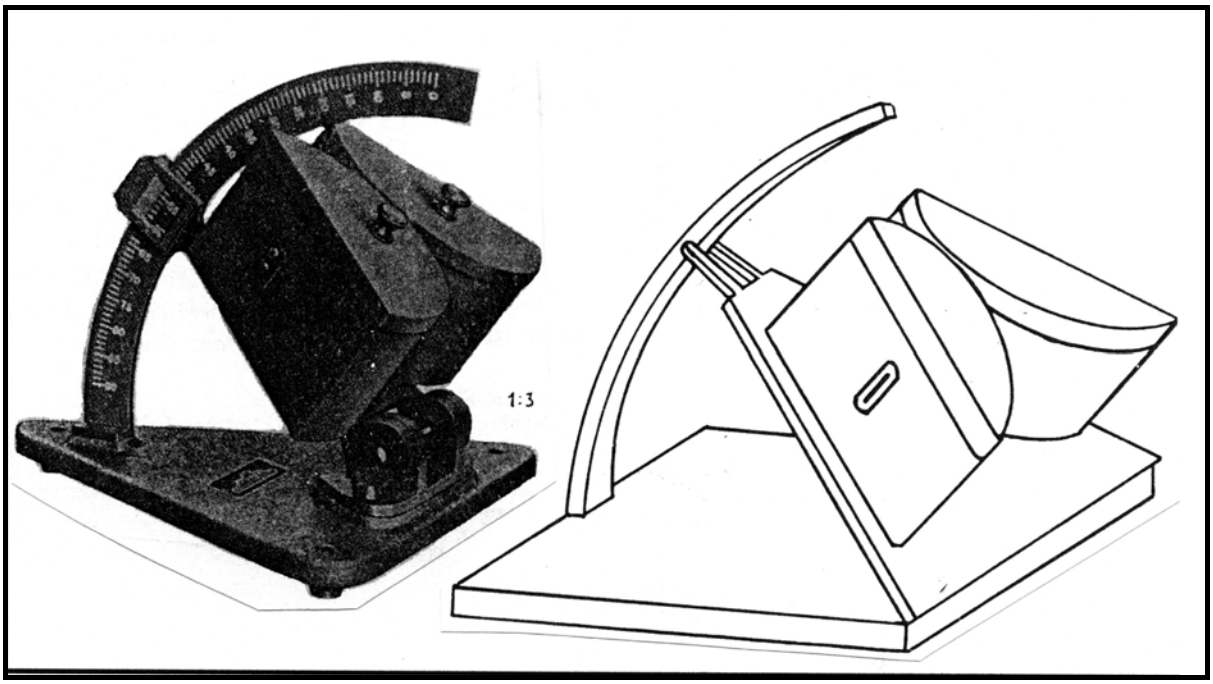
O traço pode ser pouco nítido, como geralmente acontece próximo do nascer ou do pôr do Sol, ou quando os raios solares atravessam bruma seca. Nesses casos deve medir-se todo o traço castanho, desde que seja visível.

Surgem também dificuldades quando o Sol brilha com muita intensidade, mas intermitentemente, ou quando um traço forte pára abruptamente. A imagem do Sol tem um diâmetro finito, e a área queimada estende-se um pouco mais, por combustão lenta. A marca de uma exposição de alguns segundos pode cobrir uma distância equivalente a vários minutos.

Quando se mede uma marca forte que termina abruptamente, a medição não deve ser feita até aos extremos. Deve dar-se desconto à extensão queimada para além da verdadeira posição.

A insolação é um dado necessário para o estudo da radiação total que atinge a superfície

do Globo. No próximo capítulo consideraremos o estado da superfície do solo das regiões continentais.



Duas caixas semicilíndricas, montadas sobre uma plataforma inclinada que forma, no plano horizontal, um ângulo igual a latitude do lugar. Cada caixa têm uma fenda na sua cara lateral plana ,pela que penetra o sol de manha ou pela tarde. Dentro da caixa estão as respectivas tiras de papel fotográfico. Terminado o dia revelam-se as tiras e determinam-se a duração da insolação. Nalguns modelos substituem-se as duas caixas por uma com duas fendas.

Fig . XII. 3 Heliógrafo de Jordán

CAPÍTULO XIII - ESTADO DO SOLO

Em algumas regiões as mensagens das observações sinópticas das estações terrestres incluem o registo de observações do estado do solo. Estas observações são feitas de acordo com uma escala simples que permite ao observador escolher o termo próprio para um número relativamente pequeno de descrições.

Alguns dos termos usados são definidos por referência a uma amostra de solo nu, para esse efeito demarcada no parque meteorológico. Em relação aos outros termos, deve considerar-se a região representativa da estação com uma área muito maior.

Neste capítulo descreveremos a maneira de registar as observações.

XIII - 1 - Amostra de solo nu

Para facilitar as observações é conveniente demarcar uma amostra de terreno, **com uma superfície sensivelmente nivelada com a dos terrenos circundantes**. A área deve ser de cerca de dois metros quadrados, e a camada superior até pelo menos 15 cm de profundidade, deve ser representativa do solo adjacente.

XIII - 2 - Amostra representativa do terreno da estação

A amostra considerada representativa da estação deve incluir qualquer terreno livre e bastante plano, que seja facilmente visível da estação, não devendo a diferença de elevações entre aquele e esta ser superior a 30 cm.

Deve ser excluída qualquer amostra que apresente características especiais. Por exemplo, é provável que o conteúdo em água do solo, e a camada de neve, não sejam

representativas num terreno por baixo de árvores, em encostas íngremes, numa escavação ou vale profundo, ou no fundo de uma depressão isolada de terreno.

XIII - 3 - Tábua para a classificação do estado do solo

Para registar estas observações usa-se um código da OMM, (Código 099).

Número do Código	Estado do solo
0	Superfície do solo seca (sem quantidade apreciável de poeira ou areia solta).
1	Superfície do solo húmida.
2	Superfície do solo molhada (água em poças pequenas ou grandes à superfície).
3	Superfície do solo gelada.
4	Neve gelada ou gelo no solo, mas ausência de neve ou neve fundente.
5	Neve ou neve fundente (com ou sem gelo), que cobre menos de metade do terreno.
6	Neve ou neve fundente (com ou sem gelo), que cobre mais de metade do terreno, mas não o cobre completamente.
7	Neve ou neve fundente (com ou sem gelo), que cobre completamente o terreno.
8	Neve seca e solta, poeira ou areia, que cobrem mais de metade do terreno (mas não completamente).
9	Neve seca e solta, poeira ou areia, que cobrem completamente o terreno.

XIII - 4 - Escolha do número de código

Deve registar-se, em quaisquer circunstâncias, o mais elevado dos números de código aplicáveis. Quando se regista poeira ou areia, e a temperatura é inferior a 0°C, deve acrescentar-se a palavra "poeira" ou "areia".

Eis alguns dos factores a tomar em consideração ao registar o estado do solo de acordo com o número de código:

a) Em relação aos números 0 a 3, as definições referem-se à amostra de terreno nu, representativo (ver o § XIII - 1).

b) Os números 4 a 9 referem-se ao estado do solo na amostra de terreno representativa (ver o § XIII - 2).

c) Regista-se o número 0 quando a superfície do solo nu está seca (isto é, não está húmida ou molhada) e não gelada:

i) Se estiver gelada, usa-se o número 3;

ii) A classificação "sem quantidade apreciável de poeira ou areia solta" significa que ao estado do solo na amostra representativa da estação não são aplicáveis os números 8 ou 9.

d) Regista-se o número 1 quando a superfície de solo nu está húmida ou mesmo molhada, mas não há água a formar poças grandes ou pequenas.

e) Regista-se o número 4 num dos dois casos:

i) Chuva ou chuvisco que congela ao atingir o solo (neve gelada propriamente dita); ou

ii) Há uma película de gelo no solo, devida à congelação de solo que já estava húmido.

f) A distinção entre os números 6 e 8 depende do facto de a neve estar firme ou solta.

Para além das observações do estado do solo, os observadores meteorológicos registam também o estado do mar, de que se trata a seguir.

CAPÍTULO XIV - OBSERVAÇÕES METEOROLÓGICAS NO MAR

Os navios em que se executem observações meteorológicas, devem estar equipadas de modo a permitir que se executem observações ou medições dos seguintes elementos:

a) Temperatura do ar,
b) Pressão atmosférica, tendência de pressão e característica da tendência,
c) Humidade de ar,
d) Velocidade e direcção do vento.
e) Nebulosidade e direcção do vento,
f) Tempo presente e tempo passado,
g) Precipitação,
h) Visibilidade,
i) Temperatura da água do mar,
j) Altura, período e direcção das vagas e das ondas,
k) Gelo do mar.

Algumas destas observações são às que são iguais às executadas em estações em terra. No entanto há, por vezes, necessidade de fazer modificações nos instrumentos meteorológicos para os utilizar no mar. Além disso, as estimativas de alguns elementos meteorológicos devem ser feitos de modo especial.

Há outras observações que tem características muitos particulares, e só se executam no mar. Estão neste caso as observações da temperatura da água do mar, da agitação oceânica e do gelo no mar.

Neste capítulo só serão tratados os instrumentos e métodos de observação diferentes dos utilizados em estações de terra. Além disso, faz-se á referência às observações do estado do mar executadas em estações costeiras.

XIV.1 - Elementos observáveis quer em terra quer no mar.

Observemos agora quais são os problemas particulares da observação, no mar, dos elementos citados acima, nas alíneas a) a h):

a) Temperatura do ar

Um abrigo meteorológico fixo não dá bons resultados a bordo de um navio. Pelo contrário um abrigo portátil, se for suspenso do lado do navio a barlavento, poderá dar resultados satisfatórios se estiver bem exposto ao vento, e não for influenciado por quaisquer fontes artificiais de calor.

Verificou-se ser satisfatório utilizar psicrómetros de funda, ou de aspiração, para medir temperatura de ar, desde que sejam usados do lado da ponte a barlavento.

Os termómetros devem ser lidos com precisão de pelo menos $0{,}1^{\circ}$ C.

b) Pressão atmosférica, tendência da pressão e característica da tendência.

A pressão atmosférica pode ser medida com barómetro de mercúrio, ou com um barómetro aneróide de precisão. no primeiro caso, quando se procede à leitura, deve ter-se em conta o efeito de " pistão" (isto é, as mudanças rápidas e regulares da altura do mercúrio). Para isso, determina-se a média de dois ou três conjunto de leituras, sendo cada conjunto constituído pelos valores dos pontos mais alto e mais baixo, atingidos durante a oscilação do mercúrio no tubo.

Os barómetros de mercúrio usados em navios são, na maior parte, do tipo de tina fixa. O barómetro para observação da pressão no mar deve ter uma compensação adequada para reduzir o efeito de " pistão". pode conseguir-se esta compensação reduzindo o diâmetro interno do tubo a dimensões capilares em mais de metade do comprimento.. Nos barómetros de mercúrio é necessário fazer as seguintes correcções:

I) Erro instrumental,

II) Temperatura do instrumento,

III) Latitude (correcção da gravidade) e

IV) redução ao nível do mar (N:T. - Se a tina do barómetro não estiver ao nível do mar).

Estas correcções podem estar combinadas numa única tabela, que indica a correcção a aplicar em relação à leitura do termómetro adjunto e à latitude. Pode também usar-se uma regra de correcção especial, ligada ao barómetro e inclinando o termómetro adjunto. Esta régua indica a correcção final do barómetro, e a redução ao nível do mar, numa única operação.

As correcções aplicáveis aos barómetros aneróides quando excepcionalmente necessárias são as seguintes:

I) Correcção do erro instrumental

II) Redução ao nível do mar e

IV) Temperatura (se houver tabelas apropriadas).

Os barómetros aneróides devem estar devidamente compensados para a temperatura.

A característica e o valor da tendência barométrica das três horas anteriores obtêm-se a partir de um barógrafo, de preferência um instrumento de escala ampliada, graduado em fracções de milibar. Como alternativa, pode obter-se o valor da tendência barométrica a partir de leituras sucessivas de um barómetro de mercúrio.

A pressão e a tendência barométrica devem ser medidas em milibares e décimas de milibar.

c) Humidade do ar

As observações da humidade do ar devem ser feitas com um psicrómetro com boa

ventilação. Em geral os outros instrumentos de medição da humidade do ar não dão resultados satisfatórios nos navios.

Os psicrómetros devem estar bem expostos à corrente de ar vinda do mar. Este ar não deve ter entrado em contacto com o navio, ou passado sobre ele. Os psicrómetros devem estar protegidos da radiação, da precipitação e da surriada.

Os psicrómetros de funda ou os de aspiração quando expostos virados a barlavento no lado da ponte são satisfatórios. Quando se usam psicrómetros accionados manualmente, a leitura dos termómetros deve fazer-se logo a seguir á ventilação.

d) velocidade e direcção do vento.

A observação da velocidade e da direcção do vento pode ser feita quer por estimativa visual, quer por recurso a anemómetro ou anemógrafos.

As estimativas visuais baseam-se a partir das especificações se referem só às condições no alto mar..A velocidade do vento obtém -se a partir das especificações da escala de beaufort sem se perder de vista que estas especificações se referem só ás condições no alto mar.

A direcção do vento é calculada, por estimativa, um dos dois elementos seguintes:

* orientações das cristas das vagas, quer dizer a agitação gerada localmente pelo vento, e não as ondas geradas pelo vento a grande distância.

* direcção dos fragmentos de espuma, nitidamente soprados pelo vento.

Os observadores inexperientes devem atender a que, a altura da onda, só por si, não constitui um critério válido de estimativa da velocidade do vento, porque aquela depende também de outros factores, como:

- a área de geração e a duração do vento,
- a profundidade das águas baixas e
- a presença das ondas.

Nos navios equipados com anemógrafos, ou com anemómetros de conchas, as observações devem referir-se ao valor medio para um período de dez minutos. Quando as observações são executadas num navio em movimento, é necessário fazer a distinção entre o vento relativo (em relação ao observador em movimento), e o vento verdadeiro.

Para todos os efeitos em meteorologia regista-se o vento verdadeiro.

A partir do vento relativo, é conveniente desenhar um paralelogramo de vectores. Como alternativa, é possível utilizar uma tabela especial para calcular o vento verdadeiro, a partir das observações do vento relativo e da rota e velocidade do navio.

A direcção do vento (isto é, o rumo da onde sopra o vento verdadeiro), deve ser registrada em dezenas de grau, a partir do norte geográfico.

A velocidade do vento deve ser registrada em nós. Quando as observações são feitas visualmente, a escala de Beaufort deve ser convertida em nós por médio de uma tabela de equivalências. 1 nó = 0,5m/s.

e) Nebulosidade, tipo e altura das nuvens.

As observações visuais das nuvens sequem as mesmas regras das executadas numa estação em terra. Na ausência de instrumentos apropriados, a altura das nuvens deve ser estimada. Para desenvolver a sua capacidade neste domínio, os observadores devem ser estimulados a aproveitar todas as oportunidades para confrontar as suas estimativas com altura já conhecidas, por exemplo, quando se vê a base de uma nuvem interceptar uma linha de costa montanhosa. A utilização de um projector tem valor limitado, devido ao pequeno comprimento da linha de base possível num navio.

f) Tempo presente e tempo passado.

As observações visuais do estado são às que são executadas em estações em terra. Deve haver o cuidado de fazer a distinção entre chuva, chuvisco e aguaceiros. Para determinar se a precipitação é fraca, moderada ou forte, devem ser considerados os efeitos combinados do número e dimensões das gotas.

A precipitação é definida como intermitente se for descontínua durante a hora anterior, sem apresentar características de aguaceiros. Os aguaceiros têm duração curta e as abertas entre eles caracterizam-se por períodos de céu limpo. Caiem de nuvens com grande desenvolvimento vertical, normalmente isoladas. Não duram mais de meia hora.

É necessário ter cuidado na distinção entre bruma seca, nevoeiro e a neblina, pelo contrário, são compostos por minúsculas gotas de água.

A distinção entre nevoeiro e neblina é uma questão de intensidade. Quando a visibilidade é inferior a um quilómetro, considera-se que há nevoeiro. Quando a redução da visibilidade é devida à presença simultânea da partículas sólidas e líquidas, alguns serviços utilizam a humidade relativa como meio para distinguir bruma seca de neblina. Assim, pode registar-se bruma seca quando a redução de visibilidade está associadas a humidade relativa inferior a 9%.

g) precipitação.

A observação completa da precipitação compreende a determinação, tanto da quantidade como da duração da precipitação. A quantidade da precipitação deve ser medida com um udómetro adaptado à utilização a bordo de navios. As leituras devem ser feitas, de preferência, de seis em seis horas.

As quantidades de precipitação até 10 mm devem ser lidas com aproximação a 0,2 mm. As quantidades maiores devem ser medidas com aproximação até 2% da precipitação

total. A duração da precipitação deve ser registada em unidades arredondadas de 5 minutos. A bordo de navios é difícil obter medições de confiança da precipitação, devido a:

I) Efeitos da super-estrutura do navio no movimento do ar;
II) Influência dos balanços e oscilações do navio;
III) Captação de surriada, e (ou salpico);
IV) A deslocação do navio em quanto navega.

O udómetro usado em navios deve, portanto, ser construído e exposto de modo a que os três primeiros efeitos fiquem reduzidos ao mínimo.

h) Visibilidade

Para efeitos da aplicação geral, são bastante satisfatórios as estimativas de visibilidade. No entanto, em circunstâncias especiais, podem ser úteis os visibilímetros.

Uma vez que, em regra, não existem pontos de referência convenientes, a visibilidade não pode ser observada com tanta precisão como nas estações de terra..

Num navio de grandes dimensões, é possível utilizar objectos existentes a bordo para fazer uma estimativa da visibilidade, quando esta é reduzida. podem, no entanto, surgir erros, uma vez que o ar é afectado pelo navio.

Para valores elevados da visibilidade o aspecto da terra pode constituir uma boa indicação. Além disso, se a posição do navio for conhecida, é possível determinar numa carta as distâncias a pontos de referência em terra, à medida que vão aparecendo ou desaparecendo.

Do mesmo modo, quando se vêem outros navios no mar alto, e se conhecem as respectivas distâncias (por vezes é possível determinar as distâncias por radar) pode determinar-se a visibilidade.

Na ausência de outros objectivos, o aspecto do horizonte observado de níveis

diferentes, pode servir para a estimativa. É, no entanto, necessário ter cuidado, uma vez que a refracção anormal pode dar origem a erros. De noite, o aspecto das luzes de navegação pode dar uma indicação útil da visibilidade.

Por vezes a visibilidade é diferente em várias direcções. Deve então fazer-se a estimativa, ou a medição, na direcção em que a velocidade é menor. No registo, assinalam-se o facto, excluindo necessariamente a redução da visibilidade devida ao fumo do navio. Deve notar-se, no entanto, que há outros métodos adoptados como prática nacional por certos países.

XIV.2 - Determinação da temperatura da água do mar

A temperatura a observar é a da água do mar representativa das condições existentes na camada de mistura subjacente á superfície do mar.

As temperaturas do ar e da água do mar são difíceis de avaliar, mas devem ser observadas com muito cuidado. A diferença entre elas é geralmente pequena, mas fornece informação extremamente úteis sobre as características das camadas inferiores das massa de ar marítimo.

Para se obter a temperatura da água do mar utilizam-se os seguintes métodos:

a) Retira-se com um recipiente próprio, uma mostra de água do mar, cuja temperatura se mede.(Esta amostra deve ser colhida a cerca de um metro de profundidade).

É o chamado método de " balde".

b) Lê-se a temperatura da água na admissão da água para o condensador do navio.

É o método do " condensador". A temperatura da água para o condensador do navio.

É o método do "condensador" .A temperatura da água mede-se com um termómetro de líquido ou com um termómetro eléctrico de leitura à distância.

c) Mede-se com um termómetro eléctrico, a temperatura de um bloco de cobre ligado directamente ao metal do casco do navio, no interior deste e baixo da linha de água.

É o chamado método do "casco". Baseia-se no principio de que o aço é suficientemente bom condutor como para permitir avaliar a temperatura da água do mar adjacente. O bloco de cobre deve estar protegido contra os efeitos da radiação e de condução, provenientes de fontes de calor do navio.

d) Mede-se com um termómetro eléctrico, a temperatura da água de um pequeno reservatório situado abaixo da linha de água.

A água do reservatório está em contacto com a água do mar através de vários orifícios apropriados. É o chamado método do " reservatório".

Os métodos a) e b) são os principais métodos utilizados. Os outros dois, c) e d), são de criação recente.

A temperatura da água do mar deve ser lida com uma precisão de 0,1 °C.

XIV. 3 - Descrição dos métodos de avaliação da temperatura da água do mar.

Quando se aplica o método de "balde", o recipiente deve ter uma concepção que garanta a redução ao mínimo das trocas de calor. Os termómetros para a água do mar devem reagir rapidamente, e ser de fácil leitura. Se não estiverem permanentemente no recipiente deve ter pequena capacidade calorífica.

Num navio que se desloque lentamente e tenha uma altura de ponte até 12 m, é relativamente fácil recolher para bordo uma amostra de água do mar. Mergulha-se depois um termómetro na água e lê-se a temperatura. Geralmente usam-se pequenos baldes de borracha ou lona, de paredes duplas. Os baldes de lona de paredes simples não dão bom resultado, porque qualquer evaporação a partir das paredes laterais diminuirá a temperatura da água recolhida.

A dificuldade em obter uma amostra de água do mar aumenta quando us navios têm maiores dimensões, e velocidade e altura da ponte são grandes. Os baldes de lona são leves

de mais para poderem ser utilizados num navio rápido e de ponte alta. Nestes casos é mais apropriado um balde menor mas mais pesado, feito de borracha reforçado com lona.

Seja qual for o balde usado, deve ser lançado tão longe quanto possível, a fim de evitar a água junto ao casco, que terá sido aquecido pelo próprio navio. Ao entrar na água, o balde deve submergir rápida e nitidamente. Se for arrastado à superfície poderá captar surriado e a temperatura obtida será intermédia entre a do mar e a do ar.

A amostra deve ser retirada de sotavento e de uma posição bastante à frente dos descarregadores do navio. A temperatura deve ser lida o mais depressa possível, e o termómetro não deve, de preferência, ser retirado do recipiente. Depois de utilizado, o termómetro deve ser seco e metido novamente na caixa, a fim de ser cuidadosamente guardado com o reservatório por baixo.

O método do " condensador" é muitas vezes o único possível, quando não se pode utilizar o método de balde devido à agitação do mar, à excessiva velocidade do navio ou à grande altura da ponte acima da linha da água. Deve haver o cuidado de evitar erros de paralaxe ao ler o termómetro, devido ao facto de os instrumentos na casa das máquinas serem, muitas vezes, de difícil acesso.

Os resultados obtidos por este método podem ser falseados pela variação da profundidade a que a água é retirada quando o navio oscila e balança, e pelo risco de prévio aquecimento da água quando passa por tubos a uma temperatura igual ou próxima da casa das máquinas, ou passa por tanques de óleo ou água no interior do casco, antes de chegar ao condensador.

Pode-se retirar uma amostra de água da admissão do condensador, por meio de uma torneira, e determinar a temperatura tal com foi descrito para o método do balde. Como alternativa, pode determinar-se a temperatura com um termómetro instalado no interior do tubo de admissão na casa das máquinas. A profundidade a que se processa essa admissão e abaixo da linha da água .

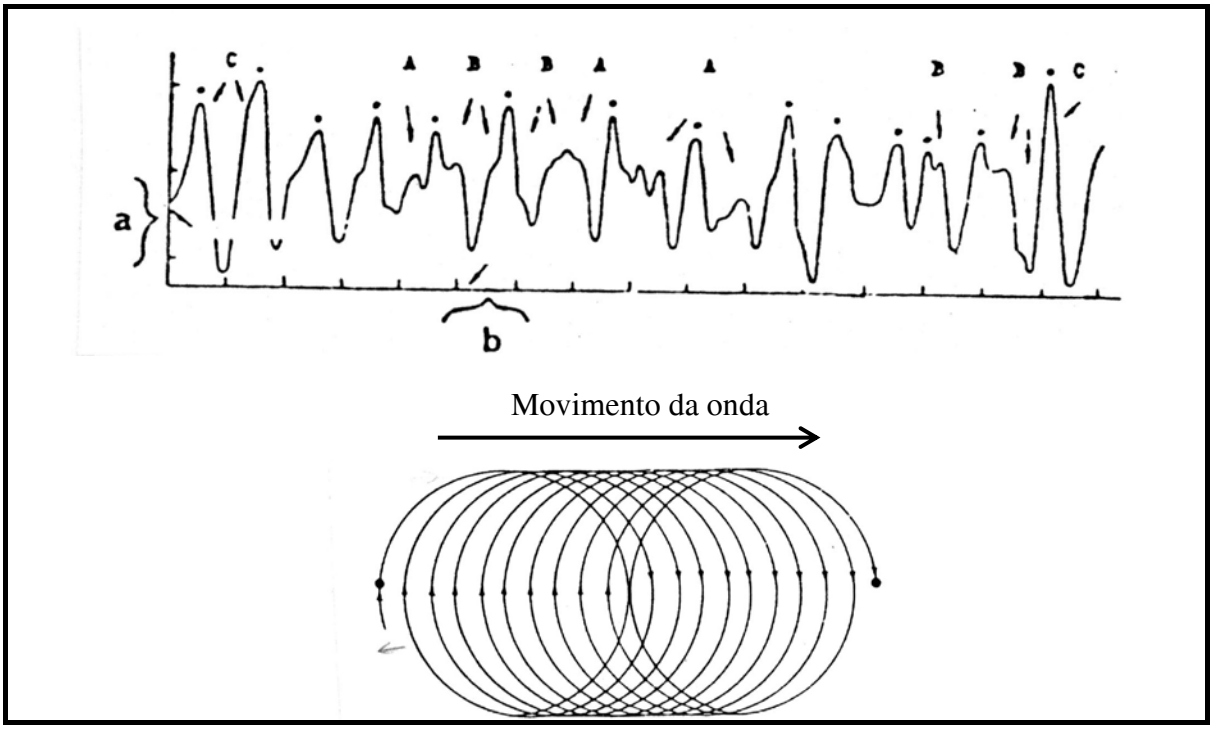
Haveria muitas vantagens em determinar a temperatura da água do mar por meio de

um instrumento de leitura à distância, enquanto o depósito do termómetro está realmente mergulhado na água. No entanto, este processo levanta muitos problemas . Por exemplo, é difícil controlar a profundidade de tal dispositivo, ou mesmo ter a certeza de que eles chega a entrar na água e não está a saltar dentro e fora . A tensão, resultante da tracção exercida sobre o cabo, pode também ser uma causa de erro nas determinações por método eléctrico. Há muitos tipos de dispositivos de registo à distância que se vão aperfeiçoando experimentalmente, mas não existe ainda um instrumento padrão para utilização geral.

XIV.4 - Agitação oceânica: Características gerais.

Toda a agitação oceânica, diferente da que tenha sido causada por movimentos do fundo do mar e por efeitos das marés, têm origem na acção do vento. No entanto, o movimento das ondas persiste, mesmo depois da força geradora ter desaparecido, sendo então lentamente dissipado pela força de atrito.

Em geral, um observador colocado num determinado local notará um movimento ondulatório complexo, como aquele que a Figura XIV.1 mostra.



a - intervalo de um metro b - intervalo de seis segundos

Fig. XIV.1 - Movimento ondulatório da superfície do mar

Pode considerar-se que este movimento ondulatório complexo é formado pela sobreposição de um certo número de movimentos de ondas simples e regulares, semelhantes aos que a Figura 14.2 mostra. As ondas simples têm, no entanto, comprimentos e velocidades diferentes.

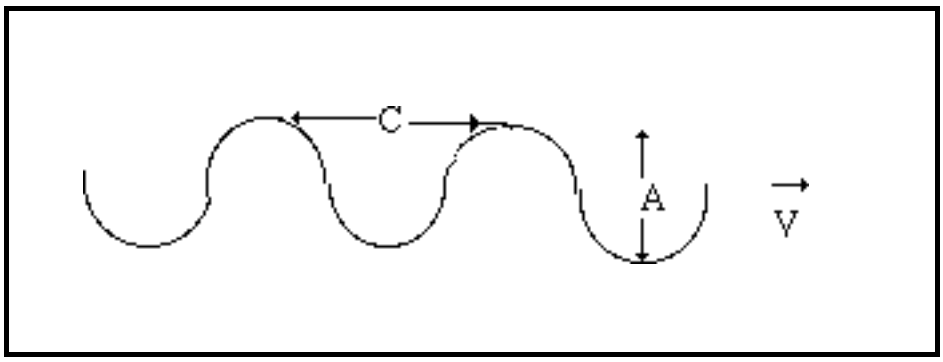


Fig.. 14.2- Características de uma onda simples.

Ao movimento ondulatório gerado no local pelo vento que sopra no momento da observação, dá-se o nome de "vagas". A ondulação que não é gerada pelo vento local que sopra no momento da observação, tem o nome de "ondas". As ondas são produzidas por ventos que sopram à distância, ou por ventos que já deixaram de soprar.

Normalmente há uma componente da ondulação que domina todas as outras. No entanto pode, ocasionalmente, observar-se a existência de duas ondulações que se cruzam, formando um ângulo. Dá-se-lhes então o nome de "ondulações cruzadas".

Pode haver presença simultânea de vagas e de ondas, e as vagas terem uma direcção diferente. Noutras ocasiões, as vagas e as ondas podem ter ambas a mesma direcção. Por vezes as vagas podem ter períodos e alturas diferentes dos das ondas.

As ondas oceânicas têm as seguintes características:

a) Comprimento de onda (c.d.o.) (C)- distância horizontal entre duas cristas ou dois vales (*);

b) Altura da onda (A)- distância vertical entre a crista e o vale (ou cava);

c) Período da onda (T)- o tempo que decorre entre a passagem de duas cristas de ondas sucessivas que passam por um ponto;

d) Velocidade da onda (v)- distância percorrida pela onda por unidade de tempo.

Para fins meteorológicos utiliza-se o valor médio de cada uma destas características. Estes valores obtêm-se a partir de ondas maiores, e melhor formadas, do sistema de ondas que se observa.

O quociente A/C é chamado por vezes declive de onda . Na prática descobriu-se que o declive médio de uma onda do mar não excede 1/13. Quando o declive médio é inferior a este valor, as ondas tem capacidade para absorver mais energia do vento, aumentando assim a altura em relação ao comprimento. Quando o declive limite é atingido, a energia recebida do vento provoca a quebra das cristas (das ondas ou das vagas).

Este valor limite do declive explica por que razão a altura máximas média das vagas é aproximadamente proporcional ao seu comprimento. Por exemplo, não será de esperar que vagas geradas pelo vento, com 130 m de comprimento, tenham uma altura máxima média superior a 10 m. Se o comprimento de onda for de cerca de 195 m, a altura máxima média será de cerca de 15 m.

Esta regra não se aplica às ondas . Assim, a "ondas com grande c.d.o." talvez com 300 a 600 m de comprimento, podem ter alturas inferiores a um terço de metro. Quando a altura de uma onda é pequena em comparação com o comprimento, a onda pode ser correctamente representada por uma curva sinuosidal simples.

XIV.5 - Velocidade de agitação oceânica

A experiência mostra que as ondas que constituem a agitação oceânica se deslocam

geralmente em grupos, com intervalos de águas calmas entre eles. A onda mais alta da cada grupo de ondas situa-se no centro do grupo. A velocidade de um grupo de ondas não é igual à velocidade de cada uma das ondas que o constituem. Cada onda. por sua vez, nasce nas águas calmas à frente dele.

A velocidade do grupo de ondas é, portanto, menor do que a de uma onda isolada.

Na prática, o grupo de ondas desloca-se com metade de velocidade das ondas que o formam.

*** - É frequente chamar-se aos vales, " caras"; desce na "cara da onda" em oposição à " crista da onda".**

XIV.6 - Agitação em águas pouco profundas.

O que foi dito no parágrafo anterior aplica-se à agitação em águas profundas. Quando a agitação proveniente de águas profundas atinge águas baixas, sofre uma modificação considerável. A velocidade diminui, a direcção muda e, finalmente, a altura aumenta até que, ao atingir uma certa profundidade limite, a onda quebra, sobre a costa.

Pode considerar-se que se trata d águas baixas quando a profundidade é metade do comprimento de onda da agitação em causa. A diminuição da velocidade quando a onda se aproxima da costa explica-se pelo facto de as frentes da onda avançarem, em geral, paralelas à costa antes de se quebrarem sobre ela. O mesmo raciocínio serve para explicar o modo como as ondas se curvam em volta dos promontórios e cabos, e avançam para baías abrigadas, (ver Fig. XIV.3).

XIV. 7 - Observação da agitação oceânica

As observações devem incluir a medição ou estimativa das seguintes características da superfície do mar:

a) Direcção (de onda vem a agitação), na escala 01-36, como para a direcção do vento;

b), Período, em segundos;

c) Altura.

Estas características devem ser determinadas em relação a cada sistema de agitação distinto, isto é, vagas e ondas (sistema principal e secundário).

XIV.8 - Métodos de observação das características de sistemas de agitação oceânica, independentes.

A agitação oceânica gerada pelo vento ocorre em grandes sistemas, que se definem em função:

a) do campo do vento que produziu o movimento;

b) da posição relativa do ponto de observação.

Não esquecendo a diferença entre vagas e ondulação, o observados deve fazer a distinção dos sistemas de agitação identificáveis com base na direcção, aspecto e período dos diferentes sistemas.

A Fig. XIV.1 representa um registo típico traçado por um registador de agitação oceânica: a altura da superfície do mar acima de um ponto fixo é registada em função do tempo. O gráfico representa, portanto, o movimento ascendente e descendente de um corpo flutuando na superfície do mar, tal como é visto por um observador. Representa, portanto, a superfície do mar no seu aspecto normal, quando é agitado pelo vento para formar "vagas".

As vagas deslocam-se invariavelmente em grupos irregulares, separados por zonas quase calmas, com uma extensão de dois ou mais comprimentos de ondas, entre os grupos. As vagas apresentam maior irregularidade do que as ondas.

As ondas têm um aspecto mais regular. Deslocam-se numa sucessão bastante regular e numa direcção bem definida, com cristas geralmente longas e pouco acentuadas.

As ondas sem perturbação, típicas da ondulação, podem ser observadas em regiões onde tenha havido pouco ou nenhum vento, durante um período compreendido entre várias horas ou um dia mais.

Na maior parte dos casos há uma sobreposição de vagas e de ondas. A distinção entre uma e outra deve ser estabelecida do seguinte modo:

a) Direcção da agitação marítima

A direcção média de todas as ondas com características mais ou menos semelhantes (principalmente altura e comprimento), pode diferir em 30°, ou mais, da direcção média da agitação com aspecto diferente. Neste caso, os dois conjuntos devem ser

considerados como pertencentes a sistemas distintos de agitação marítima.

b) Aspecto e período da agitação marítima

As ondas típicas da ondulação (caracterizada pelo aspecto regular e pelas longas cristas), podem ter direcção aproximadamente coincidente com a direcção do vento. Devem ser menos 4 segundos superior ao período das vagas.

XIV. 9 -Medição da altura e período médio de um sistema de ondas ou de vagas.

Para a medição da altura e do período médio de um sistema de agitação marítima devem ser considerados os elementos característicos , isto é, os elementos mais altos do centro de cada grupo de "ondas" bem formadas (Fig.. XIV.1). Os elementos achatados e mal formados(A) da área compreendida entre os grupos, devem ser inteiramente eliminados do registo.

O que se pretende conhecer é o período médio e a altura media de cerca de 20 "ondas" bem formadas, observadas na parte central dos grupos. É evidente que estes

elementos característicos não podem ser consecutivos. Sob a acção do vento formam-se pequenas ondulações (B), no cimo das "ondas" maiores, também estas perturbações devem ser eliminadas do registo.

Ocasionalmente podem aparecer elementos (c) que têm altura superior aos outros. Estes elementos, vagas ou ondas, podem aparecer isolados ou em grupos de dois ou três. O

observador não deve fixar a sua atenção só sobre estes elementos máximos.

Para poder determinar o período médio e a altura média de cerca de 20 "ondas", o observador deve considerar grupos de elementos bem formados, de altura a média, assim como os elementos máximos (c). Assim, a altura média obtida será menor de que a altura máxima atingida pela "ondas" em cada dez, cuja altura ultrapassa a altura obtida.

XIV. 10 Caracterização de vagas e ondas.

Para fins diferentes da inclusão em mensagens codificadas recomenda-se a caracterização a seguir indicada para vagas e ondas, porque tem utilidade para o fornecimento de informação e previsões meteorológicas destinadas à navegação marítima, imprensa, pilotos, etc.

a)Ondulação

I) Comprimento das ondas (em metros)

Curta	0-100
Média	100-200
Longa	> 200

II) Altura das ondas (em metros)

Fraca	0-2
Moderada	2-4
Forte	> 4

b) Altura das vagas (em metros)

Mar estanhado	0
Mar chão	0-0,1
M. encrespado	0,1-0,5
M. de pequena vaga	0,5-1,25
Mar cavado	1,25-2,5
Mar grosso	2,5-4
Mar alteroso	4-6
Mar tempestuoso	6-9
M. encapelado	9-14
Mar. excepcional	> 14

XIV.11. - Observações de fenómenos especiais.

Quando se descrevem trombas de água o sentido da sua rotação deve ser sempre indicado como se for visto de cima.

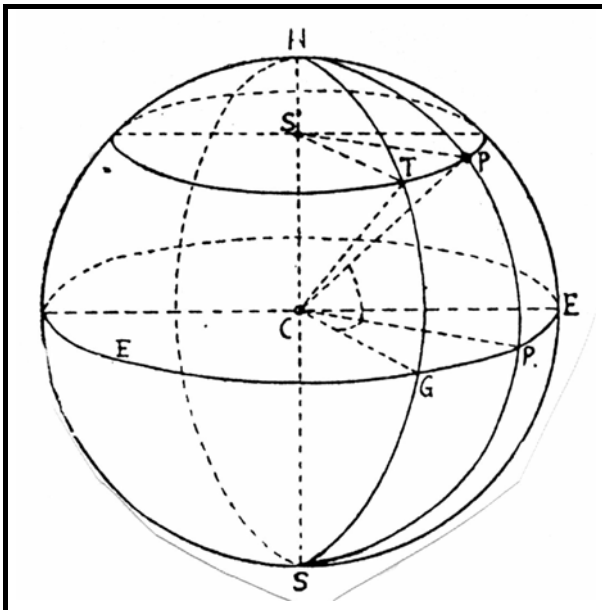
XIV.11. - Observações de gelo no mar.

Podem encontrar-se várias formas de gelo flutuante no mar. A mais comum é a que resulta do congelamento da superfície do mar, gelo marítimo, Ao outras formas são gelo de rio, ou gelo de origem terrestre. Gelo de rio encontra-se em pontos animadores e extra-áridos onde se mantém em movimento por correntes de marés e constitui apenas um perigo temporário para a navegação. Muitos icebergues constituem gelo de origem em terra.

Tanto os icebergues como o gelo marítimo podem ser perigosos para a navegação e têm sempre efeito sobre ela.

O gelo marítimo também influencia os processos normais de troca de energia entre o mar e o ar supra-adjacente. A extensão da cobertura de gelo marítimo pode variar significativamente do ano para ano e tem um efeito importante tanto nas zonas oceânicas adjacentes, como no estado do tempo sobre largas áreas do mundo. Daí a importância da sua distribuição para a meteorologia e oceanografia.

Uma estimativa grosseira da extensão de gelo marítimo pode obter-se a partir de fotografias obtidas por satélites. No entanto, pode-se obter a confirmação das observações efectuadas, comparando com as medições das estações costeiras, navios e aviões.



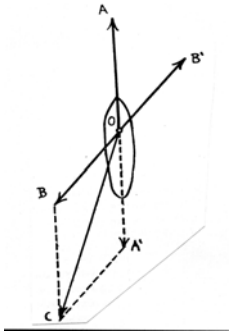
Determinação da longitude

Diferença de hora local, uma vez que o sol passa pelo meridiano celeste de todos os pontos situados sobre o mesmo meridiano terrestre simultaneamente, e tarda uma hora em recorrer uma diferença de longitudes de 15° (amplitude de um fuso horário), ou $\frac{360}{24}$, onde deduz-se a seguinte equivalência entre as diferenças de longitude e deferências de hora local:

1 hora = 15° de arco
1 minuto de tempo = 15´ de arco
1 segundo de tempo = 15" de arco
1° de arco = 4 minutos de tempo
1´de arco = 4 segundos de tempo

C - centro da Terra N - Polo Norte S - polo Sul
EE - Equador NGS - primeiro meridiano

Fig. XIV.3 - Coordenadas geográficas



OA - velocidade do navio

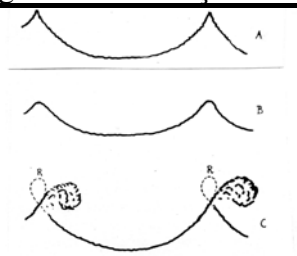
OA´ - velocidade invertida

OB - velocidade relativa do vento

OC - velocidade aparente

A direcção OB´ é a que interessa em Meteorologia

Fig. XIV.4 - Relações entre o vento aparente, o vento real, e a velocidade do navio

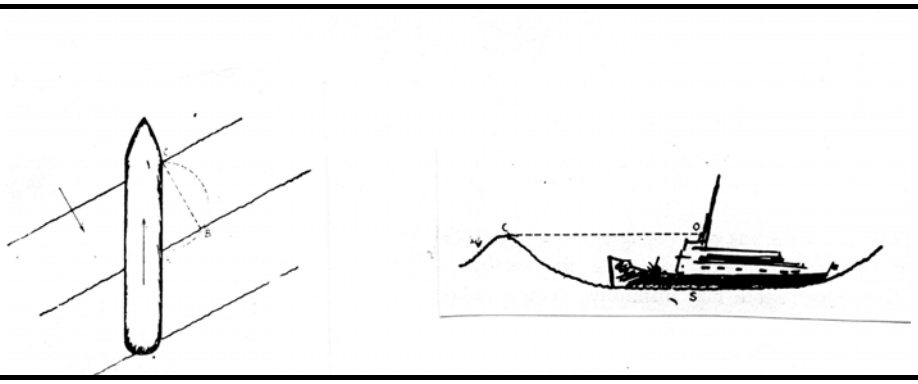


A - perfil cicloidal

B - perfil em trocóide estável

C - perfil em trocóide instável

Fig. XIV.5 - Perfis das ondas



AC - comprimento aparente
AB - paralela a linha da crista
BC - comprimento da onda real
OC - visual horizontal
C - crista da onda
S - seio da mesma
O - observador
SO - altura da onda

Fig. XIV.6 - Medidas do comprimento e alturas das ondas

Mar

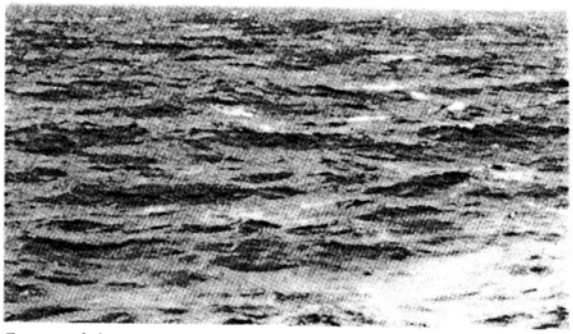
Vento

Descrição	Força	Descrição	Velocidade (m/s)	Nº Beaufort	Estado da superfície para um mar completamente desenvolvido
liso	0	Tranquilo	0-0,2	0	Como um espelho
Riçado	1	Zéfiro	0,3-1,5	1	Riços pequenos sem cristas espumosas
Suave	2	Brisa leve	1,6-3,3	2	Ondas pequenas, curtas e mas pronunciada; cristas com aparência vitre e não rompem
Suave	2	Brisa suave	3,4-5,4	3	As cristas começam a romper ; espuma com aparência vitre; cristas ocasionais de espuma branca
Leve	3	Brisa moderada	5,5-7,9	4	Ondas pequenas, voltando-se mas compridas; frequentemente cristas coronadas de espuma branca.
Moderado	4	Brisa fresca	8,0-10,7	5	Ondas moderadas que tomam formas mas pronunciadamente compridas; muitas cristas de espuma branca; alguma coisa de orvalho
Forte	5	Brisa forte	10,8-13,8	6	Ondas grandes começam a formar-se; as cristas rompem formando grandes áreas de espuma branca; alguma coisa de orvalho
Muito forte	6	Quase ventania	13,9-17,1	7	O mar amontoa-se, a espuma branca das ondas rompentes começam a soprar em rajadas na direcção do vento.
--------	-	ventania	17,2-20,7	8	Ondas moderadamente altas com cristas de considerável comprimento; os extremos a das cristas rompem em remoinhos; a espuma é lançada em rajadas bem marcadas na direcção do vento
Borrascoso	7	Ventania forte	20,8-24,4	9	Ondas altas; rajadas densas de espuma na direcção do vento; as cristas das ondas começam a voltar-se; o orvalho pode reduzir a visibilidade
Muito borrascoso	8	Tormenta	24,5-28,4	10	Ondas muito altas com grandes cristas pendoradas; a espuma faz que a superfície do mar pareça branca; o desordem do mar se volve violento e golpeante; a visibilidade se reduz
Mar excepcionalmente borrascoso	9	Tormenta violenta	28,5-32,6	11	Ondas excepcionalmente altas; os extremos das cristas são lançados como espuma; o orvalho reduz a visibilidade.
Mar excepcionalmente borrascoso	9	Furacão	32,7-36,9	12	O ar se enche com espuma e orvalho; mar completamente branco; visibilidade muito reduzida

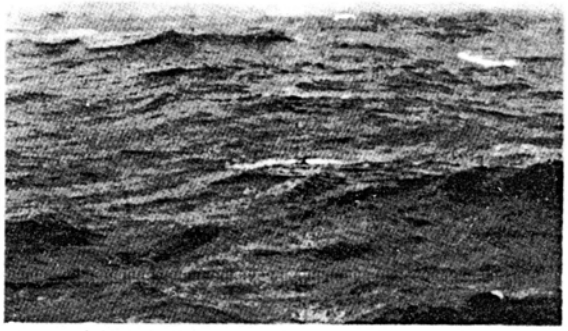
Tabela XIV.1 Escala do Estado do Vento e do Mar.

Tabela XIV.1 Escala do Estado do Vento e do Mar.

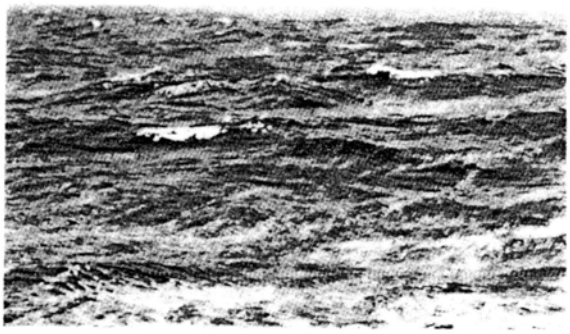
Fuerza del viento: 4
Velocidad del viento: 5½
Período de las olas: 5
Altura de las olas: 1



Fuerza del viento: 5
Velocidad del viento: 11½
Período de las olas: 6
Altura de las olas: 2

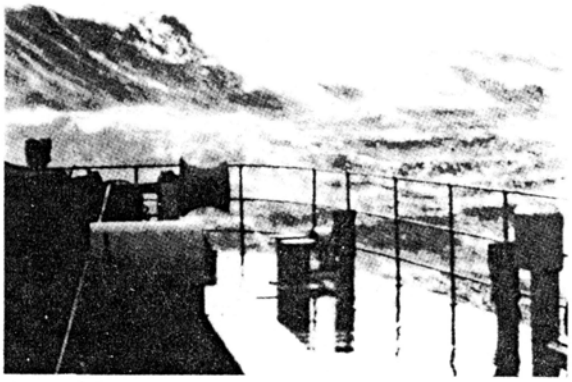


Fuerza del viento: 6
Velocidad del viento: 13
Período de las olas: 7
Altura de las olas: 3



Fuerza del viento: 8
Velocidad del viento: 18
Período de las olas: 6
Altura de las olas: 5

Fuerza del viento: 9
Velocidad del viento: 21
Período de las olas: 9
Altura de las olas: 8



Fuerza del viento: 10
Velocidad del viento: 27
Período de las olas: 9
Altura de las olas: 7

CAPÍTULO XV - SONDAGEM DA BAIXA TROPOSFERA

XV.1 — Introdução:

As sondagens da baixa troposfera dizem respeito às condições meteorológicas até à altitude de 3000 m, em geral, dando ênfase especial à camada limite.

São necessárias técnicas especiais para obter todos os dados necessários para análise de rotina ou investigação, que incluem:

a) distribuição vertical e variabilidade vertical das variáveis meteorológicas, tais como, temperatura, humidade e vento.
b) a altura da camada de mistura.
c) as características das camadas de inversão.

Tal informação é muito relevante para estudo de difusão da poluição atmosférica.

Medições na baixa troposfera podem ser levadas a efeito numa base regular em determinada localização, ou em ocasiões especiais, em localizações particulares, por uma equipe móvel. As técnicas de medição podem classificar- -se como se segue:

a) Sensores directos

I) torres ou mastros com instrumentos;
II) balões piloto com instrumentos ,presos a um ponto no solo;
III) radiossondas;
IV) radiossondas para sondagem de ventos;
V) observações de balões-piloto (método de uma ou de duas estações);
VI) aeronaves com instrumentos (incluindo helicópteros).

b) Sensores indirectos
I) sensores acústicos - sodar;
II) laseres radar - lidar;

III) Sensores de infravermelhos e de micro-ondas.

XV.2 - Torres e mastros

Torres ou mastros portadores de instrumentos são utilizados para a avaliação de condições meteorológicas locais,para estudos da difusão de planificação atmosférica na vizinhança de centrais de energia e centros de indústria pesada, ou para projectos de investigação de micro-meteorologia que forneçam dados para planeamento urbano e regional.

A altura da torre deveria ser de, pelo menos, 100m, devendo exceder em pelo menos 50m a altura de importantes fontes de poluição,quando se destine a dar a informação a projectos de monitorização e controle de poluição do ar.

Devem ser feitas medições de temperatura, humidade e vento a várias alturas(pelo menos duas ou três),sendo o mais baixo o nível do abrigo meteorológico standard, que se encontrará na proximidade da torre ou mastro. O número de níveis depende do objectivo pretendido, e da altura da torre ou mastro.com apenas dois níveis não é possível tirar informações sobre a forma do perfil vertical das variáveis meteorológicas. Aquele número de níveis é normalmente maior para projectos de investigação do que para usos de rotina.

Geralmente os dados são processados e representados automaticamente, em conjunto com as diferenças entre os níveis necessários para a caracterização das condições meteorológicas.

Os dados são muitas vezes processados mais além, para permitir a obtenção de dados derivados que se apliquem a um determinado objectivo, especialmente se vão ser usados directamente por pessoas não trabalhando em meteorologia, tais como as que fazem o controle das concentrações limite de poluentes atmosféricos.
Os sensores mais comuns para medições em torres ou mastros são:

a) Temperatura - termómetros de resistência eléctrica ou termopares, em abrigos, com ou sem aspiração;

b) Humidade - psicrómetros, sensores eléctricos ou electromecânicos em abrigos;

c) Vento - copos e cata-vento, de palhetas, sónico ou de fio quente.

Todos os sensores deviam ter características lineares ou linearizadas, e as suas constantes de tempo deveriam ser pequenas de modo a que os dados pudessem reflectir adequadamente as mudanças das variáveis meteorológicas locais.

Um facto importante a ter em conta é o de que a estrutura da torre ou mastro não deveria afectar os sensores e as suas medições apreciavelmente. No caso de estruturas abertas, braços que devem ter um comprimento de pelo menos 2m,ou de outro modo, suficientemente compridos para que os sensores se encontrem afastados da torre ou mastro de pelo menos 10 diâmetros da torre ou mastro. No caso de estruturas sólidas ou quando não for possível utilizar mastros como os atrás descritos, há necessidade de usar um par de sensores por nível,a pelo menos 3 diâmetros de distância do mastro, havendo necessidade de obter também dados dos sensores não expostos ao vento.

Por vezes, em situações especiais, usam-se torres para obter perfis de dados meteorológicos sem lhes fixar sensores directamente. Fixa-se então uma roldana ao ponto mais alto, e faz-se então movimentar uma radiossonda para níveis pretendidos superiores ou inferiores. A radiossonda, que se modificará para transportar sensores de vento, transmite dados para um sistema receptor apropriado situado ao nível do solo. Obtém-se assim muito maior detalhe vertical do que é possível na situação anterior, podendo obter-se as altitudes a que ocorrem determinados aspectos. No entanto, só é possível obter informação referente a um único nível, de cada vez.

De notar que para a definição correcta da dispersão de poluição em certas condições de tempo, a altura da torre pode ser muito limitativa. Nessas condições, a não ser que se disponha de uma estação de radiossondagem a cerca de 50km, haverá necessidade de dispor de equipamento especial na localização da torre ou mastro para sondagens até 3000 m. Esta informação, por outro lado, pode ser tratada como complementar da que faz parte da rede aerologica básica, e pode ser usada para investigação mais detalhada dos fenómenos locais de tempo.

Fig.. XV.1 - Torre meteorológica da Universidade de Aveiro

XV.3 - Balões ligados

Muitas aplicações incluem a medição de perfis de temperatura, humidade e vento (e suas variações de curta duração) da superfície até uma altitude de cerca de 1000m, ou uma investigação mais ou menos longa das condições meteorológicas a um nível constante(seleccionado). Os sensores são suspensos abaixo do balão e a sua resposta enviada para o solo via rádio ou por condutores incorporados no elo de ligação.

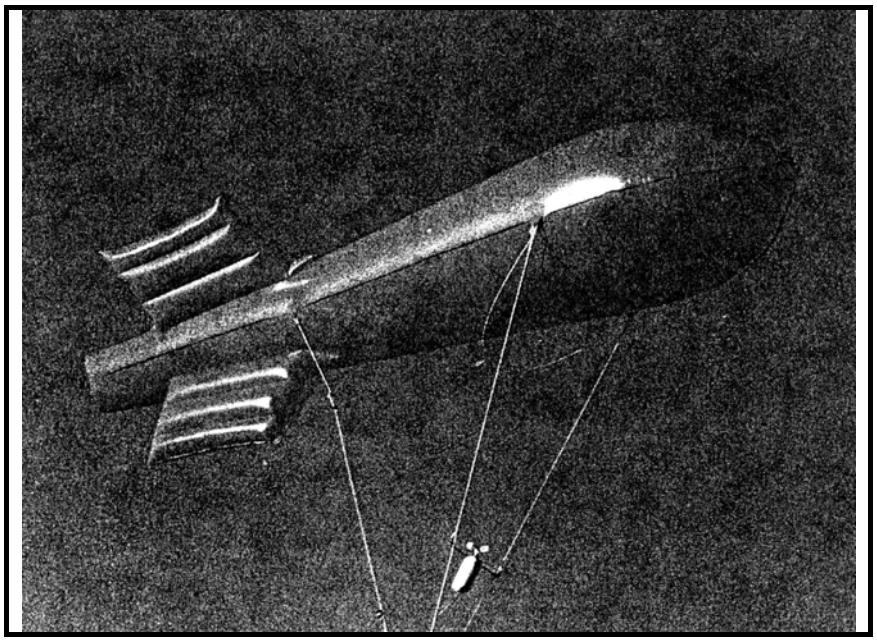


Fig.. XV.2 - Balão cativo

XV.4 - Características de balões ligados

Os balões usados nestas condições são projectados para pequena resistência, para ascenderem regularmente, e para proporcionarem impulsão aerodinâmica suficiente ,de modo a evitar afastamentos horizontais grandes relativamente a posição de ligação no caso de ventos

fortes, e deste modo proporcionarem também atingir maiores altitudes.

Têm capacidades de várias dezenas de m^3 ,e são geralmente cheios com hélio. Devem ser capazes de transportar uma carga até 3 kg, além do cabo de ligação, até uma altitude de 1500m.Além disso deve manter-se operacional para velocidades de vento entre 5m/s e 1.5m/s.O cabo de ligação deve ser capaz de suportar uma força de 200 a 300kg.

O vão de balões de ligação está sujeito a regras de segurança do avião. Assim devem ter cores evidentes e luzes de alerta à noite. Devem poder ser deflacionados por mecanismo automático, e poderão ter um reflector para radar.

XV.5 - Mecanismos de ascensão

O mecanismo de ascensão usado para controlar o balão pode ser operado manual ou eléctricamente, sendo provido de pelo menos, duas velocidades(por ex. 1m e 2m/s)para o movimento do calor. Deve possuir um travão, um contador do comprimento do cabo, e um indicador de azimute. Deve dispor de uma ligação terra, como protecção contra descargas atmosféricas.

XV.6 - Bloco de sensores

O uso de condutores para transportar os sinais dos sensores não é, em muitos aspectos, atractivo. Assim, a informação que segue, refere-se a radiossondas especiais. Os sensores de temperatura e humidade devem ser providos de protecção contra a radiação, calor e a chuva, permitindo, por outro lado, ventilação adequada. Possuem sensores extra de direcção e velocidade do vento. As características que possuem são :

Variável	Gama de operação	Precisão

Pressão ---------- 1050 a 850 hpa ---------- ± 0.5 hpa
Temperatura ---------- +40 a -20 (ou -40)°C ---------- ± 0.2°C
Humidade ---------- 100 a 20 (ou 10)% ---------- ± 2%
Velocidade do Vento -- 0.5 ou 15 m/s ----------± 0.5m/s
Direcção do Vento ------ 0 a 360 graus ---------- ± 10°

Usam em geral, a frequência de rádio de 400 MHZ.A carga deve situar-se confortavelmente dentro do limite de capacidade do balão; é razoável um limite de 2kg.

A radiossonda deve ser suspensa a pelo menos 5m abaixo do balão, de modo a manter uma ventilação e protecção adequadas.

XV.7 - Preceptores e registradores

O equipamento situado a nível do solo deve incluir, pelo menos, um receptor e um registrador; no entanto, instalam-se frequentemente dois, sendo um para os dados de temperatura, humidade e pressão, e outro para a direcção e velocidade do vento. Os dados são processados por uma pequena calculadora ou um dataloger que traduz os impulsos em dígitos

XV.8 - Procedimento da sondagem.

As sondagens podem ser feitas durante a ascensão ou a descida do balão, quer constantemente, ou com pausas a níveis seleccionados. Devem efectuar-se medições aos seguintes níveis: 10, 25, 50, 75, 100, 150, e 200 m, e depois a intervalos de 50 m.

A altura pode ser obtida do comprimento do cabo liberto para as alturas menores, no entanto, o método não constitui mais do que uma aproximação para os níveis superiores. Neste caso, à que fazer uso da equação da hidrostática, atendendo à distribuição observada de pressão, temperatura e humidade. Assim, o incremento em m de geopotencial de um nível n

para um móvel n+1 é dado por onde $\overline{T}_V$ designa a temperatura virtual média entre os níveis n e n +1, sendo P_n e P_{n+1} as correspondentes pressões.

$$\Delta m_n^{n+1} = 29.27 \times \overline{T}_V \times \ln \left(\frac{Pn}{Pn+1} \right)$$

Se, se utilizar o método de observação nível a nível, então deverá dar-se um tempo de estabilização de 2 a 3 minutos, e proceder a vários ciclos de medição. Nestas condições, uma sondagem leva entre 1/2 e 1 hora. É feita uma verificação à partida num abrigo de controle, para estabelecer as diferenças entre um barómetro e um psicrómetro aspirado. Procede-se de igual modo, logo que se termina a sondagem. Os dados ao nível da estação não são obtidos da radiossondagem, mas de instrumentos convencionais de um abrigo meteorológico.

No que respeita aos dados da sondagem, deverão tomar-se médias da pressão, temperatura e humidade a cada nível. Para a velocidade do vento, deve-se calcular a média para um período de 100 a 120 s. Se não se medir directamente a direcção do vento, procede-se a uma estimativa a partir da orientação do eixo longitudinal do balão relativamente ao N verdadeiro, usando o indicador de azimute. A incerteza do método é de ± 30°.

XV.9 - Sondagens livres usando radiossondas

As sondagens livres que se efectuam para investigar a temperatura , humidade e perfis de vento na camada entre a superfície e 3 a 5 km, usam radiossondas . As radiossondas usadas neste caso , e relativamente às que se utilizam para uma sondagem mais completa , proporcionam um aumento de sensibilidade, e ciclos de medições mais frequentes , de modo que os perfis verticais das variáveis meteorológicas são melhor avaliados .

Para a pressão , a gama de medição é de 1050 a 500 hPa , com resolução melhor que 0,5 hPa . A leitura das coordenadas do balão faz-se de 31 em 30A . A velocidade ascensional pode reduzir-se para 150 a 200 m / minuto , usando um pára-quedas suspenso ao contrário (do que é habitual) . O procedimento para sondagem é semelhante ao anteriormente descrito . O mesmo acontece com o processamento de dados .

Para sondagens até 2000m pode por vezes dispensar-se o sensor da pressão , obtendo-se informação acerca desta , a partir temperatura . A radiossonda é então mais simples e barata .

Para elevar a radiossonda, usa-se um balão piloto , cuja altura se mede por teodolitos ou por radar .

XV.10 - Radar de vento

A técnica de medição é idêntica à de uma sondagem vulgar de vento , usando um reflector para radar suspenso a baixo do balão, mas reduzindo a velocidade de ascensão por uso de um pára-quedas de travagem, ou uma elevação baixa .

O radar deve ser capaz de proporcionar dados a distâncias tão curtas quanto 100m , sedo o ponto de lançamento escolhido para além desta distância a jusante da gama mínima de discriminação .

Pode usar-se este método de sondagem por radar para determinar trajectórias do movimento horizontal do ar , libertando pequenos balões de volume constante , providos de reflectores de radar , a determinados níveis , a partir de um balão ligado , e tirando leituras frequentes (por ex. de segundo a segundo).

Dados adicionais do vento na baixa troposfera podem obter-se de radiossondas convencionais , tirando medições mais frequentes entre os 2 e 10 minutos .

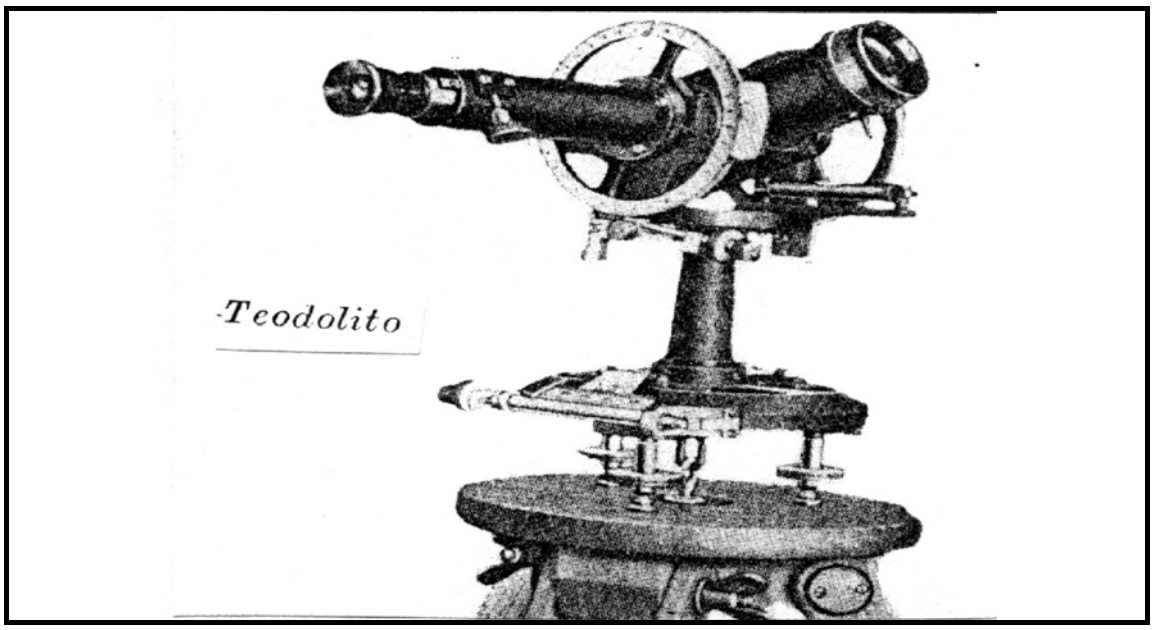


Fig.. XV.3 - Esquema radar para sondagem

XV.11 - Observações de balões piloto

Da sondagem de um balão piloto usando um só teodolito pode obter-se rapidamente o perfil de vento . A precisão é pequena, não se pode, em geral, usar para além de 3000m , para além de só se poder usar, se as condições atmosféricas o permitirem .

No entanto , antes de se proceder a uma sondagem por balão ligado , faz-se muitas vezes uma sondagem prova como a descrita, de modo a garantir que não estão presentes ventos fortes ou com rajadas que possam comprometer aquela sondagem .

Para a determinação correcta de perfis de vento até a altitude de cerca de 3000m, por teodolitos, é conveniente usar as estações , que se deverão situar a uma distância em linha superior a 1km . O método usa-se em condições de tempo bom . Os teodolitos devem ser lidos em sincronismo e de 20 em 20 s .

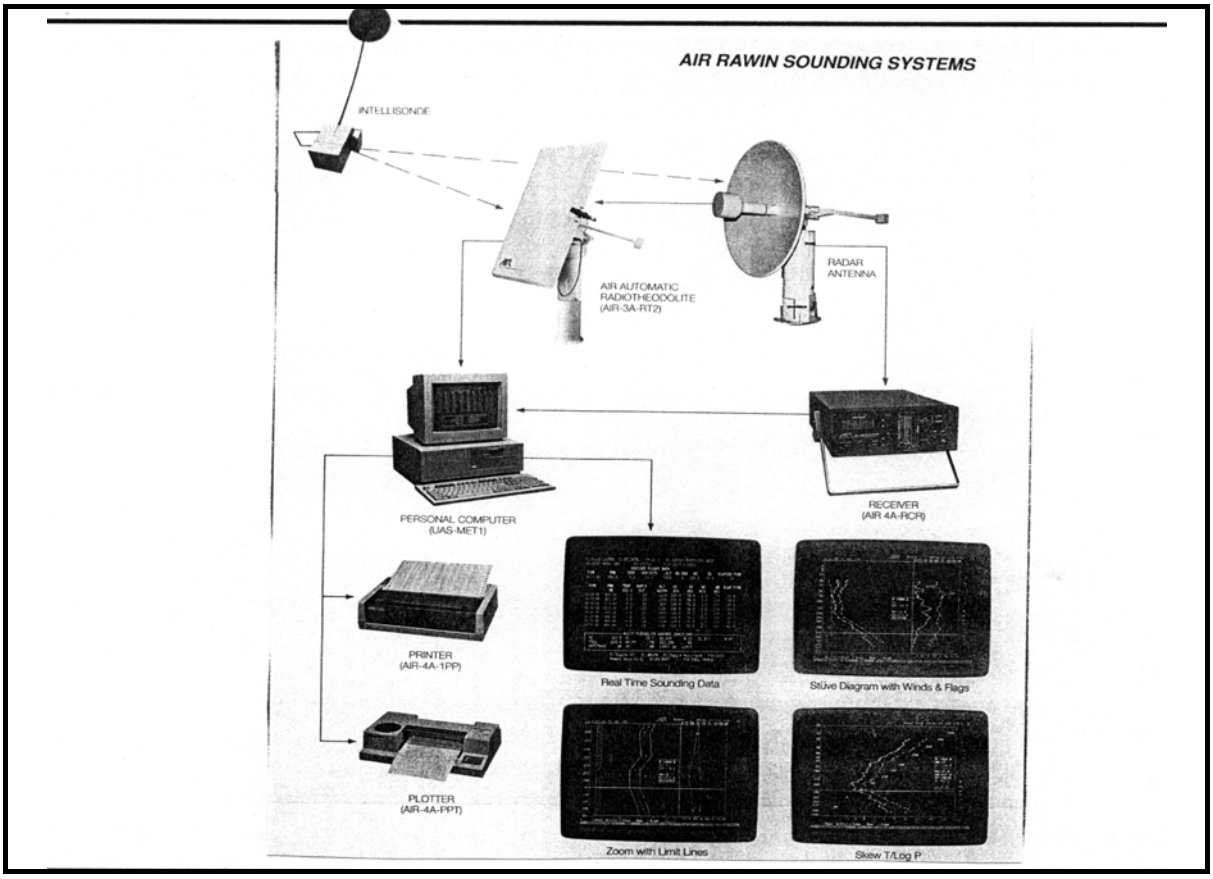


Fig.. XV.4 - Balão piloto provido de um papel metálico para servir de alvo para o radar

XV.12 -Aeronaves , incluindo helicópteros

Aeronaves equipadas com instrumentos de medição convenientes podem proporcionar sondagens verticais ou horizontais sobre determinada área . Podem igualmente fazer-se observações visuais .

Os instrumentos de navegação da aeronave permitem obter a velocidade e direcção do vento à altura do vôo .

Para sondagens do vento , podem lançar-se sondas para o vento, e sondas para a temperatura e humidade . São providas de pára-quedas de abertura retardada, ou mesmo

desprovidas dele . Os dados são recebidos em receptor a bordo da aeronave .

Instrumentos de cerca de 500g , caindo a cerca de 25m / s, permitem uma sondagem em cerca de três minutos, se forem lançados da altitude de 4000m. A atribuição dos valores de temperatura e humidade a níveis, faz-se usando os valores dos tempos de transmissão e cálculos feitos a partir da equação de balística .

Este método é limitado pelo custo , pelo que a técnica descrita é só usada em projectos de investigação de larga escala .

Podem também usar-se aeronaves não tripuladas, mas neste caso os melhores resultados confinam-se à altitude de 1000m .

XV.13 - Sensores acústicos

Nos últimos anos têm-se desenvolvido métodos acústicos para o controle ou sondagem remota da baixa atmosfera .

Algumas aplicações técnicas são :

a) - medição da alturas de inversão e profundidade da zona de mistura

b) - monitorização da evolução da estabilidade da baixa atmosfera

c) - detectar o topo de uma camada de nevoeiro ou de nuvens

d) - detectar campos de vento

Esta técnica é conhecida como *sound detection and ranging* (SODAR) e o equipamento designa-se por sensor ou detector acústico ou radar acústico .

Há dois tipos básicos de SODAR . Um baseia-se na detenção de reflexão acústica causada por flutuações no índice de refracção do ar , o que se designa por nuvens acústicas . Podem assim obter-se gradientes de temperatura e inversões bem como flutuações de temperatura de pequena escala. Este método tem sido usado para medir a convenção a níveis baixos e fazer o estudo de plumas térmicas.

O segundo tipo de sodar mede a diferença de frequência Doppler ou o som disperso acusticamente, que se relacione com o vento, mostrando continuamente os perfis horizontais e verticais do vento, olhe-se informação na taxa de variação do vento com a altura , à cerca da turbulência e estabilidade atmosférica . As correntes de jacto nocturnas de baixo nível podem também ser detectadas .

Indicam-se como um exemplo , as características técnicas de um dado detector acústico :

Frequência de pulso : 2000Hz
Duração do pulso : 50 a 200 ms
Período de repetição do pulso : 2 a 10 A (correspondendo a um alcance de 340 a 1700 m)

Numa instalação típica, sinais acústicos e ópticos provenientes de uma aeronave, balão, torre, etc . são simultaneamente produzidos num ponto P. a várias centenas de m acima do solo. A velocidade do sinal óptico é muito superior à do sinal acústico. Cinco sensores acústicos, um dos quais imediatamente abaixo do nível P, recebem os sinais a intervalos de tempo diferentes. Destes dados, deduzem-se a velocidade e direcção média na camada, tal como a velocidade média do som , do que se pode deduzir a temperatura virtual da camada .

Embora sejam de fácil acesso, e estejam em uso crescente, a aplicação dos detectores acústicos está de certo modo limitada, uma vez que permitem tons muito altos cuja intensidade se situa muito próxima do limite de dor para os humanos .

Fazendo uma comparação dos resultados obtidos com um detector acústico, como os obtidos por métodos directos direitos de detecção conduzem às seguintes conclusões :

a) - os perfis do detector acústico converte e os campos naturais que o vento têm numa estrutura mais complexa que a indicada por outras sondagens .
b) - a interpretação de um eco acústico não pode ser estandardizada devido à

variedade de condições meteorológicas ; no entanto os ecos provêm em muitos casos de camadas estáveis .

c) - tentativas feitas no sentido de utilizar os detectores acústicos para medições de humidade ainda não conduziram a resultados satisfatórios , até à data .

XV.14 - Laser radares

Um dos meios mais prometedores de controle ou detecção remota é o de Laser radar , designa-se a técnica por " light detection and ranging - LIDAR . O instrumento varre a atmosfera do mesmo modo que um radar, mas usa a capacidade de versatilidade de multi-comprimentos de onda de um laser . Isto deve permitir examinar volumes extremamente pequenos da atmosfera . As capacidades pontuais do LIDAR incluem o teste de nuvens, ondas de montanha, poluição, turbulência, aerossóis e vapor de água . pode levar-se a efeito um motorização contínua permitindo um conjunto de dados gráficos ou digitais que revela os ciclos da vida destes fenómenos e elementos .

Um sistema típico de LIDAR emprega uma fonte pulsada como um laser de rubi Q-switched , um laser de neodímio ou laser de corante que transmite pulsos de luz coerente para a atmosfera. Um telescópio óptico , adjacente ao laser intercepta os ecos, originados em dispersantes atmosféricos (backscattering) presentes no passo do feixe transmitido . A luz colhida com o telescópio focada num foto-detector , como um foto-multiplicados , sendo a resposta obtida num tubo de raios católicos ou registada num facsimile .

Em aplicações quantitativas os dados são frequentemente digitalisados em tempo real é , ou armazenada para posterior exame , ou analisada de imediato no computador .

A potência média dos laseres usados varia de alguns mW a décimos de W, dependendo do tipo de investigação para que se usa o sistema.

A experiência com LIDARS revela o seguinte:

a) Os sinais de retorno contêm informação sobre a quantidade tipo, distribuição e movimento de gazes e partículas atmosféricas

b) Existem sistemas operacionais que podem medir a distribuição espacial das partículas de aerossol e inferir a suas características físicas.

c) Os sistemas que medem a densidade do ar, composição, temperatura e vento estão no estágio experimental .

XV.15 - Detectores de infravermelhos

A técnica de detecção remota que usa a radiação infravermelha encontrou grande aplicação. Um sensor de infravermelho pode detectar radiação térmica proveniente de moléculas específicas da atmosfera, uma dada molécula sendo determinada pelo comprimento de onda detectado.

Assim, operando nas bandas de 4.3 μm e 15 μm detecta radiação CO_2 provinda de uma camada especifica da atmosfera. Se o comprimento de onda for modificado dentro de uma onda, por exemplo, por adição de filtros, pode obter-se informações da temperatura.

Quase todo o trabalho de desenvolvimento feito em sensores de infravermelhos tem sido levado a efeito para aplicações em plataformas especiais. Estes instrumentos consistem normalmente de um número de sensores individuais, cada um operando a um comprimento de onda diferente, sendo os comprimentos de onda seleccionados para detectar energia radiada por CO_2 dentro de determinadas camadas da atmosfera. Um dos tipos varia a frequência que é detectada por mudanças de pressão numa célula de CO_2 de tal modo que é só necessário um detector, proporcionado assim alta comparabilidade de resposta a frequências diferentes.

O processo inverso de obter dados a partir de um sistema olhando verticalmente para cima, e ao nível do solo, esta estágio experimental. Estes investimentos estão restringidos a sentir os 1500 metros mais baixos da atmosfera. Além disso, não detectam inversões fortes, e a água líquida das nuvens baixas distorce as medições emissões de forte atenuação. Medições na banda 6.3 μm de H_2O e na banda 9.6 μm do O_3 devem permitir informações das distribuições verticais de vapor de água e de ozono.

XV.16 - Detectores de micro-ondas

Há detectores que podem detectar radiação na gama natural das micro-ondas, proveniente de moléculas de oxigénio na atmosfera, uma vez que o oxigénio tem fortes bandas de emissão - absorção na região de 60 GAZ. O oxigénio é um constituinte gasoso adequado para a detecção remota da temperatura porque a sua distribuição na atmosfera é constante e as suas propriedades de absorção - emissão varia com frequência. Informação pode ser obtida quer por variação da frequência, quer mantendo a frequência constante e variando o ângulo de elevação do instrumento.

Contrariamente ao que acontece com os detectores de infravermelhos, os detectores de micro-ondas não são afectados por nevoeiro ou estratos baixos, mas só por nuvens com conteúdo em água considerável. Quando os perfis de temperatura obtida a partir dessas detecções são comparados com os de ascensões de radio-sondas , obtém-se bom acordo em geral, mas a técnica de detecção remota introduz uma atenuação de irregularidade considerável, especialmente a níveis com inversões pronunciadas.

Fig.. XV.5 - Torre meteorológica da Universidade de Aveiro

Fig.. XV.6 - Torre meteorológica da Universidade de Aveiro

CAPÍTULO XVI - ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS AUTOMÁTICAS

XVI.1 - Introdução

Definição.

Define-se uma Estação Automática, no "Manual sobre o sistema de observação global" como sendo a estação em que os instrumentos fazem ou transmitem ou registam observações automaticamente, sendo a conversão para o código, se necessário, feita quer directamente ou numa estação automática. Pode eventualmente fazer-se a inserção manual de dados.

XVI.2 - Considerações gerais

Usam-se estações meteorológicas automáticas nomeadamente para aumentar uma rede básica de estações manuais. Fazem-no, fornecendo dados de localização que são de difícil acesso ou não são hospitaleiras, ou, em estações operadas por funcionários, proporcionando observações fora das horas normais de trabalho destes.

De forma a que os utilizadores sejam providos dos dados no formato adequado (requerido), deverá haver um plano coordenado para as estações automáticas.

É importante aperceber-mos que os dados fornecidos por sistemas automáticos não são idênticos aos fornecidos por um observador que faça as mesmas medições. Pode cair-se em trabalho caro e longo ao tentar-se reproduzir com instrumentos automáticos a filtragem subjectiva que é imposta por um observador sobre os dados que observa. Citam-se casos exemplares às medições de visibilidade e do vento à superfície.

Observações humanas de visibilidade dependem não só do estado da atmosfera, mas também da localização, tamanho, características e distribuição dos objectos usados como alvos de visibilidade. Além disso, dependem da variabilidade de factores fisiológicos e psicológicos associados ao observador, tais como a sua familiaridade

com os objectos e a sua localização e, durante a noite, a adaptação dos olhos a estas condições.

No que respeita ao vento, o obter-se numa "média" da saída analógica de um indicador do vento por um observador produzirá, em geral, um resultado diferente do que a média instrumental do mesmo sensor no mesmo intervalo de tempo. Estas diferenças provêm de influências como a frequência de amostragem, o tempo de filtragem instrumental usada pelo sistema informática e a ambiguidade do observador.

Devido à estes factos, um projectista ou assessor de um sistema automático deve trabalhar de preferência tendo em vista uma especificação predeterminada do que em termos de "medições" feitas por um observador.

XVI.3 - Tipos de estações automáticas

O tipo de funcionamento requerido de uma estação automática, e as funções que desempenham são definidas pelo uso a dar aos dados.

É possível classificar as estações automáticas num número de grupos funcionais; estes no entanto, sobrepõem-se por vezes, e a classificação começa então a perder a sua validade.

A melhor classificação é a que se refere a estações que fornecem dados em tempo real, e as que registam os dados para análise em tempo real. Muitas vezes, usa-se o mesmo tipo de sistema para fornecer os dados. Utilizações típicas de dados em tempo real são as dos dados sinopticos, dados para o funcionamento do aeródromo, e a monitorização de estados de alerta críticos tais como tempestades, níveis da águas de um rio, de marés.

Típicas utilizações não em tempo real são as de estações climatológicas ou a monitorização de condições de perigo ambiental cujos efeitos estão normalmente associados a constantes de tempos elevados. (como sejam, condições patológicas das

plantas)

Estações meteorológicas automáticas necessitam de funcionar sem supervisão por períodos longos tanto em localizações de acesso difícil como no mar. Podem ter que operar a partir de fontes de alimentação não fidedignas, ou a partir de locais onde não há alimentação permanente e além disso, devem obviamente ser capazes de suportar as situações mais severas de extremos meteorológicos. Contudo, o custo de obter sistemas capazes de operar sob todas as circunstâncias previsíveis para as estações automáticas, é positivo e essencial que antes de especificar ou projectar um sistema, seja antecipada uma compreensão tão completa quanto possível do ambiente de trabalho. Um requisito essencial para todas as estações automáticas é a sua fiabilidade. O custo de manutenção de uma rede de estações automáticas em terra pode exceder o seu custo de compra sendo o problema mais severo para os sistemas marítimos

XVI.4 - Componentes de uma estação meteorológica automática

XVI.4.1 - Configuração geral

Todas as estações meteorológicas automáticas são constituídas por um conjunto de sensores que ligam por uma interface a um sistema que os interroga, um sistema de condicionamento do sinal, e um sistema de transmissão com registo do sinal.

A posição do sistema que condiciona o sinal dentro da configuração da Estação, é governada pela decisão de se os dados fornecidos pelos sensores são processados na própria estação automática ou nalgum ponto de armazenagem central.

No primeiro caso, a carga de transmissão dos dados é reduzida, mas requer que exista um processador de dados em cada sítio.

No segundo caso, pode ser necessária uma banda mais longa de comunicação, assim como um maior e mais rápido processador central com o consequente software mais complexo.

Embora a implementação das Estações Meteorológicas Automáticas se tenha feito sem o uso de computadores ou micro-processadores , se as suas saídas forem necessárias num código meteorológico apropriado, então a inclusão de um processador controlado por software nalgum ponto do sistema é geralmente requerido. Deve ter-se atenção que o fornecimento de software adequado é muito caros. Estes custos não são muitas vezes tidos em devida conta.

XVI.4.2 - Sensores

XVI.4.2.1 - Considerações gerais

Os requisitos exigidos aos sensores para uso em estações meteorológicas automáticas não são muito diferentes dos exigidos de sensores para uso convencional. Devem ser robustos e não apresentar incertezas no modo como fazem a amostragem da variável a ser medida. É desejável que haja um elevado grau de homogeneidade entre os sensores usados em estações automáticas e os usados em estações convencionais com os quais os dados das estações automáticas vão ser integrados.

Resulta normalmente numa equação sem sucesso, se tentarmos acomodar sensores não adaptáveis a estações automáticas às mesmas. O único modo apropriado é o de adoptar sensores cujas saídas sejam consistentes com o manuseamento de dados automáticos, e então estabelecer se for necessário, alguma diferença significativa que exista entre as observações resultantes e os dados manuais complementares. Os sensores que sejam capazes de indicar através de um indicador eléctrico ou registadores são, em geral, ilegíveis. Presentemente há um grande número de sensores de resposta e qualidade diferentes que se adequar ao uso com sistemas de aquisição automática de dados.

XVI.4.2.2 - Pressão atmosférica

Há uma grande variedade de sensores, baseados no uso de uma cápsula aneróide ou

de um diafragma para monitorar a pressão a dado ponto e fornecer uma saída eléctrica analógica ou sob forma digital. Os principais problemas a ter em conta pelo projectista são os efeitos adversos da temperatura, desvio a longo prazo, vibração e exposição.

Os efeitos da temperatura sobre instrumentos aneróides podem ser importantes e não são facilmente ultrapassáveis. O coeficiente de temperatura equivalente à variação da pressão de 0.9 h Pa no intervalo de temperatura de +5°C a +35°C parece ser satisfatório para os climas temperados cobertos por certa gama, mas para zonas climáticas mais extremas, requer-se uma especificação mais estrita.

É necessária também uma especificação cuidada para a repetibilidade. Em sistemas automáticos que incluam uma medida de controlo de software, a importante característica de linearidade não se revela tanto, visto que as correcções que forem necessárias podem ser facilmente aplicadas.

Os efeitos de vibração ou choque mecânico nas saídas de transdutores da pressão são especialmente importantes em estações automáticas marítimas. Assim, é aceitável a seguinte especificação: acelerações de 1g na gama de frequências de 0,1 a 30 Hz não deve, num período de 2 minutos, resultar na variação da pressão indicada de mais de que 1.5hPa.

O problema mais significativo associado com a medição de pressão numa estação meteorológica automática é o da exposição. Devido à necessidade de um ambiente protegido para a parte electrónica do sistema e devido à vulnerabilidade de muitos dos sensores de pressão existentes à exposição do exterior, é comum introduzir o instrumento da pressão num invólucro selado e ventilar o sensor para o exterior da caixa por meio de um tubo. Contudo, o fluxo de ar através da extremidade aberta de um simples tubo de ventilação dá origem a efeitos de Venturi que resultarão em erros significativos para a pressão, sendo necessário recorrer a uma cabeça de pressão estática de modo a evitar este problema.

Estes instrumentos não possuem partes móveis pelo que são preferidos por serem menos propícios a falhas mecânicas do que os que rodam com a mudança da direcção

do vento. O designo de tais instrumentos não é trivial sendo requeridos testes em túneis de vento como forma de verificação de que os erros significativos de pressão dinâmica são eliminados.

No caso de medição de pressão para fins sinópticos a frequência de amostragem da pressão atmosférica não é crítica. Simples médias aritméticas de valores tirados a intervalos de 1 minuto por períodos da ordem de 10 minutos proporcionam rejeição adequada de dispersão, sendo até aceitáveis medições posicionais únicas. Para estações automáticas em plataformas marítimas ancoradas, como bóias, há o perigo de que as amostras possam ser tomadas em fase com o movimento vertical devido às ondas, possivelmente introduzindo uma tendência sistemática nas observações. De forma a excluir esta possibilidade, as amostras da pressão deveriam ser tomadas a intervalos de tempo aleatórios. No entanto, há muito poucos sistemas que contenham esta grande sofisticação.

XVI.4.2.3 - Temperatura

Os tipos mais comuns de termómetros usados em estações meteorológicas automáticas são termómetros de resistência de metal puro, ou termistores. Há também termómetros bimetálicos mas são de mais baixa qualidade, e não são significativamente mais baratos ou de utilização mais fácil.

A alta resistência de muitos termómetros de platina ou de termistores, é fácil de medir num circuito eléctrico em frente; em muitos casos usa-se uma fonte de Kelvin. No caso de se utilizarem instrumentos de mais baixa resistência, como os termómetros de tungsténio ou mesmo os termómetros de platina com uma baixa resistência nominal, deve ter-se o cuidado de evitar erros significativos provenientes de resistências eléctricas em série com o seu calor. Neste caso, recomenda-se que se use uma ponte de 4 braços.

Termómetros eléctricos deste tipo têm normalmente uma constante de tempos muito baixa (~ 100 - 500 ms) , e quando acoplados a instrumentos de leitura rápida ou quando

amostrados por circuitos electrónicos a sua saída reflecte as flutuações de alta frequência, e baixa amplitude da temperatura atmosférica local, leituras pontuais deitas com estes sistemas podem diferir tanto quanto 0,5°C de uma leitura "simultânea" obtida manualmente com um termómetro de mercúrio em vidro ou de álcool em vidro. É, no entanto, possível ligar uma massa térmica adicional ao sensor propriamente dito de modo a aumentar a constante de tempo. Ou então, o termómetro eléctrico pode ser provido de um circuito adequado de modo a que a constante de tempo do sinal de saída aumente; ou a saída do termómetro pode ser amostrada rapidamente e tirar-se a média das amostras. Usa-se habitualmente um período de amostragem da ordem dos segundos e períodos de médias da ordem dos minutos.

XVI.4.2.4 - Humidade

Em estações automáticas, das variáveis mais difíceis de medir são a humidade relativa ou absoluta. As duas soluções mais antigas para o problema revelam dificuldades inerentes. Os higrómetros de cabelo exibem histereses, comportam-se deficientemente para valores baixos da humidade e sofrem afastamentos grandes do zero a baixas temperaturas; apresentam baixa fiabilidade. O psicrómetro tem ainda problemas maiores. Em localizações remotas é difícil garantirmos que a musselina do termómetro molhado se mantém húmida e limpa e a contaminação pelo sal em locais costeiros rapidamente inutiliza a informação proveniente do instrumento. Por outro lado, quando a temperatura é superior a 0°C é necessário assegurar que as medições são feitas para o bolbo envolvido em fina camada de gelo.

Além disso, o cálculo automático da humidade, ou do ponto de orvalho a partir das temperaturas dos termómetros seco e húmido ou requer algoritmos muito complexos e longos para resolver as equações polinomiais de ordem elevada, ou alternativamente requere a consulta de extensas tabelas. A não ser que sejam devidamente feitas, qualquer destes procedimentos pode determinar uma quantidade enorme de software ou a utilização de espaço de memória de um processador da estação automática, o problema alivia um pouco, quando o processador central serve várias destas estações.

Muitos sensores de humidade especialmente projectados para usos de controle ambiental começam a existir. Alguns podem ser usados para medições meteorológicas, embora muitos não funcionem muito bem em ambientes não controladas.

XVI.4.2.5 - Velocidade do vento

O uso de anemómetros de copos ou palhetas convencionais em estações automáticas está bastante alargado a não ser os associados com a acumulação de gelo em condições severas. Esta dificuldade foi ultrapassada por estar comercialmente disponível um anemómetro que responde à pressão diferencial gerada numa série de orifícios posicionados no topo de um tubo vertical fechado. O tubo pode ser aquecido por meio de uma resistência eléctrica, evitando-se a acumulação de gelo, à custa de um aumento significativo do consumo de energia.

Os problemas associados à medição automática da velocidade do vento são sobretudo os devidos à amostragem e filtragem do sinal do anemómetro. Devem ser tidos em conta no sentido de não obter resultados erróneos e incorrectos.

XVI.4.2.6 - Direcção do vento

O uso de instrumentos analógicos para medições da direcção do vento em estações automáticas é muito frequente. Instrumentos de cata-vento com saídas digitais em código apropriado, podem ser de conveniente aplicação.

O problema de achar a média de uma representação analógica de uma orientação angular variável põe a dificuldade da singularidade a 360°. Este problema pode ser ultrapassado de várias maneiras. Se a direcção e velocidade fossem conjuntamente tratadas no software, obstem-se a média do vector. Um processo menos sofisticado consiste em ter de fazer a escala analógica para um máximo de 340°.

Tal como acontece para a velocidade, a escolha do período de amostragem e o

tempo e modo de fazer a média pode afectar os resultados de modo significativo. Mantendo em atenção a singularidade a 360°, tanto a média linear como exponencial pode ser usada. Pode obter-se contudo, uma melhor representação do vento verdadeiro se, se usarem filtros complexos como sejam polinómios de ordem elevada. Em qualquer caso, o sinal de saída de sistemas completamente automáticos não concordará melhor do que num intervalo de 10° com as estimativas do vento médio feito por observadores, mesmo quando assistido por indicadores de leitura directa.

A escolha do intervalo de amostragem e Tempo de execução de média para medições do vento por sistemas de observação automáticos depende da frequência mais alta da estrutura do vento que se pretende que a saída processada reflicta. Isto depende por sua vez, do destino a dar aos dados.

A WMO recomenda um tempo de 10 minutos para observações sinópticas, enquanto que 2 minutos são recomendados para uso local num aeródromo.

XVI.4.2.7 - Precipitações

O equipamento mais comum para medição da precipitação, que também é susceptível de ser usada em Estações Automáticas é o sensor de báscula. De cada vez que um reservatório se encha de água da chuva, aquece báscula e gera-se um pulso digital. O sistema de reservatório báscula sempre que recebe água da chuva numa quantidade que se situa entre 0,1mm e 0,5mm.

Quando se pretende obter informação determinada para descrever a natureza temporal de um processo atmosférico de maneira aceitável, uma simples média não se adequai, visto não reduzir suficientemente as componentes de alta frequência do espectro. Neste caso, é necessário filtrar os valores medidos das variáveis, em vez de fazer a sua média.

Os utilizadores de dados requerem uma maior precisão das medições. Contudo, tanto os erros feitos pelos instrumentos de medida, como os de método de medição, como os de interpolação ou da média temporal ou espacial contribuem para a

degradação da precisão da medição.

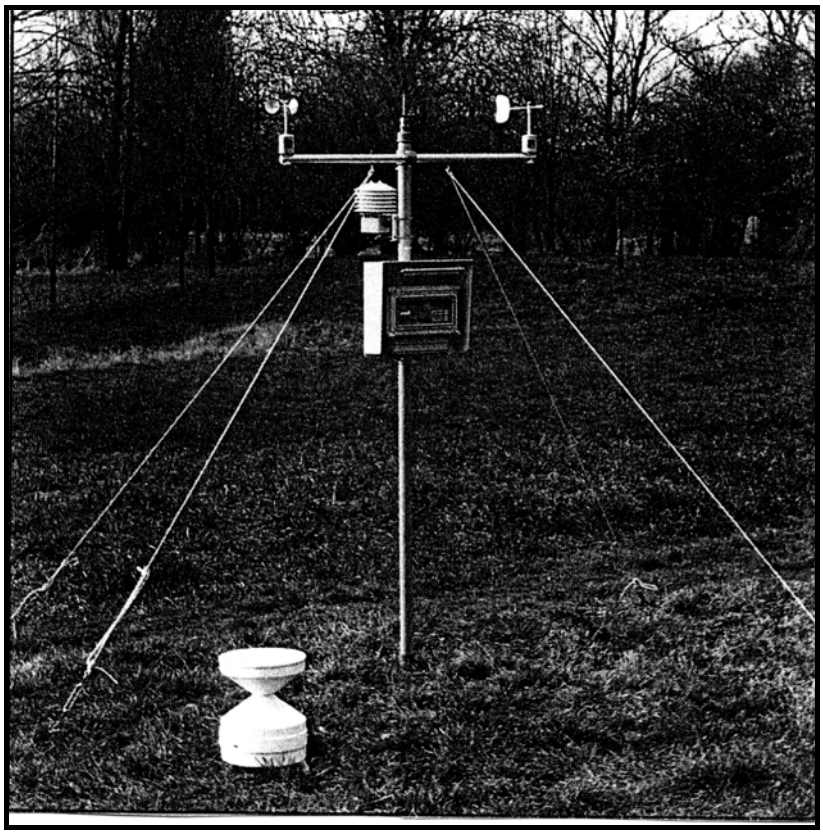


Fig. XVI.1 Estação automática

CAPÍTULO XVII - O RADAR METEOROLÓGICO

Durante a última guerra mundial, descobriu-se que os radares de micro-ondas, naquela altura postos ao serviço, com o objectivo de localizar barcos e aviões à distância, viam dificultada a sua missão pela presença de **"perturbações ou ruídos"** atmosféricos. Laboriosos trabalhos, teóricos e experimentais, levados a cabo na década de 40, puseram em evidência que tais perturbações tinham origem na radiação electromagnética dispersa pela precipitação. Esta descoberta inicial levou à continuação de estudos mais

desenvolvidos. Estes estudos concluíram que o sinal retrodisperso pela precipitação, pode ser interpretado em função dos tamanhos, formas, movimentos ou fase termodinâmica, das partículas que constituem o alvo. Assim os radares transformaram-se em instrumentos de observação fundamentais para o estudo e desenvolvimento das precipitações. Recentemente foram construídos equipamentos completos de radar, associados a computadores para tratamento da informação, de uso corrente na investigação meteorológica.

Este Capítulo resume os fundamentos do radar meteorológico, e dá a ideia básica que permite compreender a informação fornecida pelo radar. No livro escrito por **Battan(1973)**, esta informação pode ser estudada mais detalhadamente.

XVII - 1 - Fundamentos do radar

Os principais componentes do radar são o **transmissor , a antena e o receptor**; o transmissor gera curtos impulsos de energia, na zona de radio-frequências do espectro electromagnético; estes impulsos são concentrados pela antena, dentro de um feixe muito estreito, e propagam-se, a partir dela, para fora, praticamente a velocidade da luz. Quando o feixe é interceptado por um objecto, cujas características refractárias sejam diferentes das do ar, induz-se uma corrente no objecto, que vai perturbar o impulso recebido, determinando que parte da sua energia seja dispersa. Uma fracção desta energia dispersa será devolvida, para a antena, assim, se o sinal, proveniente da retrodispersão, for suficientemente forte, poderá ser detectado pelo receptor.

O primeiro objectivo do radar é determinar a distância e a natureza ou comportamento dos objectos (ou alvos) retrodispersores. A distância conhece-se por meio de um circuito que mede o intervalo de tempo decorrido entre a emissão de um impulso e a recepção do sinal-eco, quer pela direcção, azimute e elevação da antena, no instante que recebe o sinal.

A forma fundamental em que se apresenta visualmente a informação fornecida pelo radar, é denominada **"A-scope"**; como se indica na **Fig XVII.1**, consiste no registro, sobre o oscilógrafo da amplitude do sinal devolvido, em função do tempo decorrido após

a emissão do impulso. Como a energia se propaga com a velocidade **c**, o intervalo de tempo, entre a emissão e recepção, está ligada à distância ao alvo pela relação **r = ct/2**, onde o factor 2 introduz-se pelo facto do sinal ter percorrido o caminho de ida e volta, até à distância **r**, no tempo **t**.

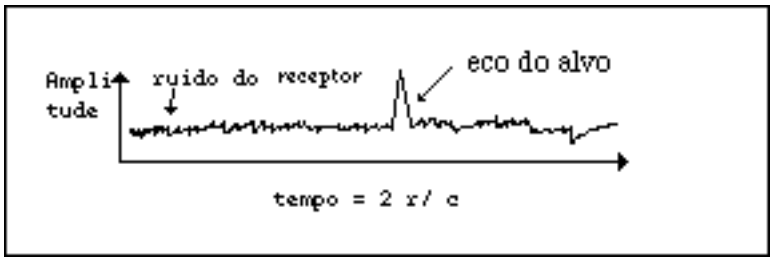


Fig. XVII.1 Apresentação visual no ecrã do radar da informação na forma A-Scope

A contagem do tempo inicia-se a partir do instante em que começa cada impulso, e este pode conduzir, em algumas circunstâncias, a uma certa ambiguidade na determinação do alcance ou distância. Suponha que o alvo está situado tão longe do emissor que o sinal devolvido, de um certo impulso, não seja recebido até depois de ser emitido o impulso seguinte; neste caso, deduzimos, erradamente, um alcance demasiado próximo. Para uma determinada frequência de repetição de impulsos do radar (**PRF**), existe uma distância máxima à qual o alvo pode estar situado, para que a informação relativa a distância, seja correcta. Os alvos situados mais longe dela, $\mathbf{r}_{\mathbf{máx}}$, podem devolver energia, capaz de ser detectada pelo receptor, proporcionar uma informação ambígua, acerca da distância a que se encontram. O intervalo de observação máximo, em que o alcance virá dado sem ambiguidade, obtém-se por $\mathbf{r_{máx.} = c/2f_r}$ onde $\mathbf{f_r}$ denota **PRF.**

Alguns dos parâmetros mais importantes do radar, assim como os seus valores típicos para radares meteorológicos, são os seguintes:

1. Potência instantânea no impulso, $\mathbf{P_t}$, ou potência do máximo,

$$10 < P_t < 10^3 \text{ kw.}$$

2. Radiofrequência, ν,

$$3 < \nu < 30 \text{ G Hz}$$

(que corresponde a comprimentos de onda compreendidos entre 1 e 10 cm)

3. Frequência de repetição de impulsos, **PRF**, ou $\mathbf{f_r}$,

$$200 < fr < 2000 \text{ seg}^{-1}.$$

4. Duração (ou comprimento de onda que é igual a $c\tau$) do impulso, $\boldsymbol{\tau}$,

$$0{,}1 < \tau < 5\ \mu \text{ seg}.$$

Um parâmetro adicional, de grande importância na utilização dos radares meteorológicos, é a largura do feixe, que vem determinada pelo comprimento de onda, o tamanho e a forma da antena. A largura do feixe define-se como referência, a forma da antena, e vem a ser uma representação da intensidade radiada em função da distância angular, em relação ao eixo central do feixe. Em geral tais representações diferem para diversos planos, que passando pelo eixo, tenham diferentes orientações; no entanto, muitas antenas usadas em radares meteorológicos, são de forma parabólica e, em consequência, a forma do feixe, são as mesmas para todos os planos que passam pelo eixo. A largura do feixe, geralmente vem definida pela separação angular entre os pontos, para os quais a intensidade transmitida se reduziu a metade do seu valor máximo, ou a três decibeis por debaixo do máximo (-3+10 log 2).

A forma do feixe do radar, emitido pela antena, está caracterizado pela presença de lóbulos laterais que são, em geral indesejáveis mas inevitáveis; no projecto de uma antena há que estabelecer um compromisso satisfatório, entre as características do feixe central ou principal, e os lóbulos laterais.

XVII - 2 - Equação do radar

Medindo a potência devolvida por um alvo, com frequência é possível obter interessantes informações sobre a sua natureza. A base de que se parte para a obtenção de tal informação, é a equação do alcance do radar que relaciona a potência recebida , com a secção transversal de retrodispersão do alvo. Consideremos, em primeiro lugar o caso de um alvo pontual.

Suponhamos que o radar emite um impulso de potência instantâneo Pt; se foi radiada isotrópicamente, uma pequena superfície, At, situada a distância r, interceptaria uma potência dada por:

$$P_\sigma = \frac{P_t A_t}{4\pi r^2}$$

Agora, a antena utiliza-se para concentrar a energia dentro de um estreito feixe, pois com este aumenta-se a potência , em relação ao que se obteria se a radiação fosse isotrópica; tendo em conta este raciocínio , a pequena área At, interceptará uma potência dada por:

$$P_\sigma = G\frac{P_t A_t}{4\pi r^2}$$

onde G é um factor, adimensional, denominado ganho axial da antena.

Se a pequena superfície At, dispersa, isotrópicamente a energia que recebe, a potência que será devolvida à antena, cuja abertura designaremos por A_e, será:

$$P_\sigma = \frac{P_\sigma A_e}{4\pi r^2} = \frac{G P_t A_t A_e}{\left(4\pi r^2 \lambda^2\right)}$$

O ganho G e abertura A_e da antena estão, aproximadamente, relacionadas por

$$G = \frac{4\pi A_e}{A^2}$$

onde:

$$P_r = P_t \frac{G^2 \lambda^2}{(4\pi)^3 r^4} A_t$$

Como a maioria dos alvos não dispersam isotrópicamente, recorre-se ao artifício conveniente de introduzir o conceito de secção transversal de retrodispersão do alvo, que designaremos por σ, definindo assim:

$$P_r = P_t \frac{G^2 \lambda^2}{(4\pi)^3 r^4} \sigma \qquad \text{(XVII.1)}$$

que é a forma que toma a equação do radar, para uma partícula única de secção eficaz de retrodispersão σ. (Advirta-se que , em geral, $\sigma \neq A_{t.}$).

XVII - 3 - Equação do radar meteorológico

As gotas da chuva, os flocos de neve e as gotas de névoas, são exemplos de um tipo importante de alvos do radar, conhecidos com o nome de alvos dispersos. Tais alvos estão caracterizados pela presença de muitos elementos dispersos que são, simultaneamente, afectados pelo feixe de radiação. O volume que contém tais partículas, recebem o feixe que, por sua vez, vem determinado pela largura do feixe e o comprimento do impulso. Neste tipo de alvos dispersos, cada elemento difusor se mexe com ralação ao r este, e a potência devolvida ao receptor, procedente de uma certa zona, varia no tempo. No radar meteorológico, os sinais variam porque os difusores mexem-se uns em relação aos outros, em virtude das distintas velocidade de queda e das variações do vento que tem lugar dentro do volume de resolução do feixe. A potência instantânea do sinal depende da posição relativa que ocupam os difusores, naquele instante, em que venha unicamente determinada pelas suas respectivas secções de retrodispersão. No entanto, resulta que se ao sinal recebido se faz a média para um tempo relativamente longo (na prática uns 10 ms), e a potência média, que provém de um certo alcance, r, pode ser exprimido por:

$$\overline{P}_r = P_t \frac{G^2 \lambda^2}{(4\pi)^3 r^4} \sum \sigma \qquad \text{(XVII.2)}$$

onde $\sum \sigma$ é soma das secções eficazes de retrodispersão, estendida às partículas contidas no volume de resolução do feixe de radar. Este volume que constitui o sinal do eco, é aproximadamente igual a:

$$V = \pi \left(\frac{r\theta}{2} \right)^2 \frac{h}{2} \qquad \text{(XVII.3)}$$

onde $h = c\tau$ é o comprimento do impulso e ϑ a largura do feixe.

Às vezes a Equação (XVII.2) e a (XVII.3) combinam-se, dando lugar a:

$$\bar{P}_r = P_t \frac{G^2 \lambda^2}{(4\pi)^3 r^4} \pi \left(\frac{r\theta}{2}\right)^2 \frac{h}{2} \eta \qquad \text{(XVII.4)}$$

onde μ denota a reflectividade do radar por unidade de volume.

Tanto na equação (XVII.2), como na (XVII.3), e portanto na (XVII.4), se supõe que o ganho da antena é uniforme, dentro dum limite de três decibeis, o que não é exacto; na equação (XVII.2) deve usar-se um ganho médio algo inferior ao axial; por outro lado, também convém definir o volume efectivo em forma integral estendida a todo o feixe, em lugar de considerar só a zona do mesmo correspondente aos limites de 3 decibeis. Supondo que a forma do feixe é gaussiana, a (XVII.4) pode escrever-se, aproximadamente:

$$\bar{P}_r = P_t \frac{G^2 \lambda^2 \theta^2 h \eta}{1024 \pi^2 \ln 2 r^2} \qquad \text{(XVII.5)}$$

que difere da (XVII.4), só no factor $\frac{1}{(2\mathrm{Ln}2)}$.

Para o caso de uma só partícula dispersa esférica, de tamanho pequeno frente ao comprimento de onda do radar (basta que o seu radio seja da ordem de 0,1 λ), a secção eficaz de retrodispersão está relacionada com o raio da esfera por $\mathbf{K = (m^2-1)/(m^2+2)}$, sendo $\mathbf{m = n-ik}$, o índice de refracção complexo da esfera; n= índice de refracção e k = coeficiente de absorção. Esta lei conhecida pelo nome de lei de dispersão de Rayleigh, e as partículas, suficientemente pequenas para que lhe sejam aplicáveis, denominam-se dispersores de Rayleigh. O termo de refracção **K** depende da temperatura e comprimento de onda, assim como da composição da esfera. Para os comprimentos de onda utilizados para os radares meteorológicos, e para o intervalo de temperaturas consideradas em meteorologia, $\mathbf{|K|^2 = 0{,}93}$, para a água e **0,21** para o gelo. Em consequência, uma esfera

de gelo tem, para o radar, uma secção eficaz de retrodispersão igual a uns 2/9, que a correspondente esfera de água do mesmo tamanho, este é de menos uns 6,6 dB.

Para um conjunto de gotas de chuva esféricas, misturadas ao acaso, e cujo tamanho seja suficientemente pequeno, em relação ao comprimento de onda, a potência média recebida é:

$$\bar{P}_r = P_t \frac{G^2\lambda^2}{(4\pi)^3 r^4} 64 \frac{\pi^5}{\lambda^4} |K|^2 \sum r^6$$

onde o somatório deve ser estendido a todo o volume de que provém o eco. Introduzindo o diâmetro das gotas.

$$\bar{P}_r = P_t \frac{G^2\pi^5}{(4\pi)^3 r^4 \lambda^2} |K|^2 \sum D^6$$

De modo que para os difusores esféricos e relativamente pequenos, em relação ao comprimento de onda, a potência média recebida vem determinada por parâmetros do radar, distância e somente por factores que dependem dos mesmos dispersores: o valor de $|K|^2$ e a magnitude $\sum D^6$. Em virtude da importância que tem o último, é costume introduzir uma magnitude, Z, definida por

$$Z = \sum_v D^6 = \int N(D)\, D^6 dD \qquad \text{(XVII.7)}$$

onde $\sum v$ significa que a soma deve estender-se só para a unidade de volume, e N(D)dD é o número de difusores, por unidade de volume, cujos diâmetros estão distribuídos entre D e D+dD. Para as gotas de chuva N(D) toma-se como distribuição por diâmetros uma vez que elas sejam fundidas. Ao adaptar-se , para a neve esta convenção, a sua densidade apareceria como termo correctivo de $|K|^2$.

Com a introdução de Z e tendo em conta uma pequena correcção que se inclui na relação ao suposto que o feixe é gaussiano, a equação de radar converte-se em:

$$\bar{P}_r = \frac{\pi^3 c}{1024 \ln 2} \left[\frac{P_t \tau G^2 \theta^2}{\lambda^2}\right] \left[|K|^2 \frac{Z}{r^2}\right] \qquad \text{(XVII.8)}$$

Radar Alvo

Esta é a forma mais útil da equação do radar e nela figuram em separado, os parâmetros próprios do radar e as características do alvo.

De acordo com a (XVII.8), a potência recebida fica relacionada com o factor de reflectividade Z, por

$$10 \log \overline{P}_r = 10\log Z - 20 \log r + C \quad \text{(XVII.9)}$$

onde **C** é uma constante que é uma espécie de factor de sensibilidade, determinada por parâmetros do radar e o carácter dieléctrico do alvo; nesta forma logarítmica, a potência, em decibeis, fica relacionada com o factor de reflectividade, medido numa escala em **dBm** (decibeis por 10^{-3} W); **Z** mede-se em mm^6/m^3, e a magnitude 10 log Z, denominada factor de reflectividade, em dBz. Esta versão logarítmica da equação, resulta interessante devido ao amplo intervalo de variação que apresenta, tanto $\overline{P}_r$, como Z.

XVII - 4 - Relação entre Z e a intensidade da precipitação

De acordo com a sua definição, dada em (XVII.7), Z depende da distribuição das gotas por tamanhos, sendo também muito influenciadas pela parte da dita distribuição correspondente às gotas de maior tamanho. Para uma distribuição de gotas de chuva de Marshall-Palmer, que se estende desde um diâmetro zero até infinito, o factor de reflectividade vem dado por:

$$Z = N_0 \frac{6!}{\Lambda^7} = N_0 \frac{6!}{(41)^7} R^{1,47}.$$

Este resultado está bastante de acordo com uma relação empírica que liga os valores de Z e de R para a chuva, com aceitável aproximação:

$$Z = 200R^{1,6}.$$

Na tabela (XVII.1) dão-se exemplos de valores de Z, para distintas intensidades de precipitação, deduzidas da (XVII.10)

Tabela XVII.1 Reflectividade em função da intensidade de precipitação.

R (mm/hora)	0,1	1	10	100
Z (mm^6/m^3)	5	200	7950	316000
dBz	7	23	39	55

Uma limitação fundamental do radar é o ruído de fundo do receptor; sem tomar especiais precauções, o sinal recebido não resulta detectável, por não ser mais intensa que o ruído do fundo; Os receptores bem projectados, tem níveis de fundo de -105 a -108 dBm. Nos radares meteorológicos típicos, os valores do factor de sensibilidade C são tais que a mínima intensidade de precipitação detectável, a uma distância de umas 10 milhas, é da ordem de 0,1 mm/h, o que corresponde ao chuvisco fraco. Em consequência, tais radares detectam geralmente a precipitação, mas não as nuvens. Para o estudo destas últimas há que recorrer a radares especiais, trabalhando em comprimentos de onda da ordem de um centímetro.

Para a relação, entre Z e R, quando se trata de neve, há maior variabilidade, mas existe uma relação aproximada, que se aceita em geral, que é:

$$Z = 2000\ R^2 \qquad \text{(XVII.11)}$$

onde, como em (XVII.10), R significa a intensidade da precipitação em mm de água por hora.

XVII - 5 - Apresentação visual da informação do radar e técnicas especiais.

A apresentação mais frequente da informação sobre o ecrã do radar denomina-se **PPI** (Indicador Plano Posição); nela registam-se os sinais recebidos, os "ecos", em coordenadas polares no plano de visão. A antena, com um ângulo de elevação fixo, varre 360° no azimute, ao mesmo tempo que o feixe, por sua vez, varre através de uma superfície cónica no espaço. Para cada azimute, o impulso de tensão do receptor, em função da distância, é utilizado para modular em intensidade, uma válvula com

coordenadas polares ; desta forma produz-se, no plano de visão, uma imagem que dá a distribuição da precipitação e uma sequência temporal de imagens PPI, indicará o desenvolvimento da áreas de precipitação. Um varrimento completo, em azimute, requer tempos da ordem de 10s, e normalmente o ecrã é fotografado uma vez por cada rotação.

Sem métodos de calibração e de manutenção cuidadosos, os registros PPI permitem só dar uma ideia de onde e quando se produz a precipitação, assim como uma visão aproximada das zonas em que é, relativamente, mais intensa (ecos mais brilhantes) . Esta informação, tem interesse por si mesma, em meteorologia sinóptica e nas investigações relativas à física das nuvens, mas é de valor limitado nos estudos quantitativos da precipitação . Para este último trabalho, convém conhecer a distribuição real dos ecos ; em princípio esta informação pode obter-se a partir do registro fotográfico contínuo da imagem PPI, mediante densitometria ou qualquer outra forma de análise análoga; mas na prática, resulta extraordinariamente difícil manter a indispensável calibração global de todo o sistema , desde o receptor do radar, ao tratamento do filme, pelo que o método não oferece garantias.

Por esta razão, o problema coloca-se de outra forma; nos receptores costuma existir um amplificador umbral que tem por missão transformar o sinal contínuo de potência que recebe, numa escala descontínua que consta de 6 ou 7 níveis. Cada um deles aparece no ecrã PPI, com uma tonalidade de cinzento distinto; deles uns 5 podem ser facilmente diferenciados, pelos métodos fotográficos normais. Em geral, os distintos níveis ou escalões estão colocados de modo que de um deles ao seguinte existem intervalos de reflectividade de 10 dB. Nesta forma, uma sombra do cinzento no PPI, permitirá facilmente estimar o factor de reflectividade do alvo em ± 5 dBz.

Analogamente à apresentação visual PPI, existe outra denominada RHI, siglas de Range Height Indicator ou Indicador altura-alcance; esta visão obtém-se quando a antena varre em elevação, a um azimute fixo. Desta forma enquanto a visão PPI põe de relevo a estrutura horizontal do eco, a RHI mostra-nos em detalhe a estrutura vertical.

Idealmente será desejável uma visão tridimensional do eco, que não pode dar-nos a RHI, nem a PPI; no entanto, tal visão pode conseguir-se graças a um varrimento programado da antena, no entanto o azimute, como a altura, são sistematicamente variados, de forma a que o feixe seja capaz de examinar todo, ou quase todo, o espaço à volta do radar. Tem-se utilizado técnicas análogas para combinar automaticamente os dados procedentes de um varrimento em espiral, e com eles tem-se obtido apresentações visuais PPI, a altura constante, para as diversas cotas sobre a superfície terrestre; este tipo de apresentação visual da informação domina-se CAPPI (constante altitude PI = PPI a cota constante). Também se tem utilizado estas técnicas de digitalização automáticas, para a obtenção de secções horizontais e verticais dos ecos, dentro de uma zona limitada da área total observada. Naturalmente, todas estas técnicas que empregam o varrimento tridimensional requerem mais tempo que as correntes PPI ou RHI, geralmente à volta de uns 5 minutos. As técnicas digitais mais modernas tem a grande vantagem de que permitem trabalhar directamente com o sinal recebido, iludindo totalmente a fase fotográfica.

Nos equipamentos de radar modernos, com frequência o emissor é coerente; isto equivale a dizer que a frequência do sinal transmitido é constante e que cada impulso leva a mesma relação de fase que a anterior. É o tipo de sinal que se origina por modulação de impulsos num oscilador estabilizado; tal é a característica dos radares que tem emissores Klystron. Mediante um equipamento deste tipo, e feitas certas modificações no receptor, cabe a possibilidade de conseguir medidas de velocidade por efeito Doppler. Com efeito, a variação de frequência , entre o sinal recebido e o emitido, pode interpretar-se como originada pelo efeito Doppler. Em consequência, uma variação de frequência Δv, corresponderá a uma velocidade V, de acordo com

$$\Delta_v = \frac{2}{\lambda} \vec{V} \cdot \hat{r}$$

onde $\hat{r}$ é o vector unitário, na direcção do feixe do radar.

Os alvos meteorológicos dão lugar a espectros de variações Doppler, pelo facto dos elementos dispersores, que o constituem, não têm todos a mesma velocidade. Quando o feixe do radar dirige-se verticalmente para cima, o espectro Doppler fornece informação relativa aos movimentos verticais do ar, assim como a velocidade com que caí

a precipitação. Pelo contrário, numa visão horizontal, as velocidades Dopplers interpretam-se como devidas aos movimentos horizontais do ar. Poderemos considerar com bastante aproximação, que as partículas dispersoras mexem-se com o vento, devido ao desenvolvimento da precipitação, que tem lugar em determinadas regiões dentro do eco.

Com o objectivo de medir a reflectividade de um alvo, compara-se a amplitude do sinal devolvido, com o transmitido. Nas medidas de velocidades, por efeito Doppler, a comparação tem lugar entre as frequências emitidas e recebidas. Também se pode deduzir informação relativa ao alvo, por comparação do estado de polarização das ondas recebidas e as emitidas. Nos objectos dispersores que carecem de simetria esférica, a radiação devolvida está polarizada, com um certa componente normal ao plano de polarização inicial da onda emitida pela antena; esta polarização " cruzada" depende de maneira muito complexa, da forma, tamanho (perante comprimento de onda) e propriedades dieléctricas , de tais dispersores. Para o caso da precipitação, existe uma teoria segundo a qual, é suposto que a partícula possa ser considerada, aproximadamente de forma elipsoidal e de dimensões pequenas, perante o comprimento de onda, pode-se relacionar a polarização cruzada com a relação axial das partículas . Existem alguns indícios de que as técnicas de polarização conduzirão a algum método que permitira distinguir entre a chuva e outra forma de precipitação.

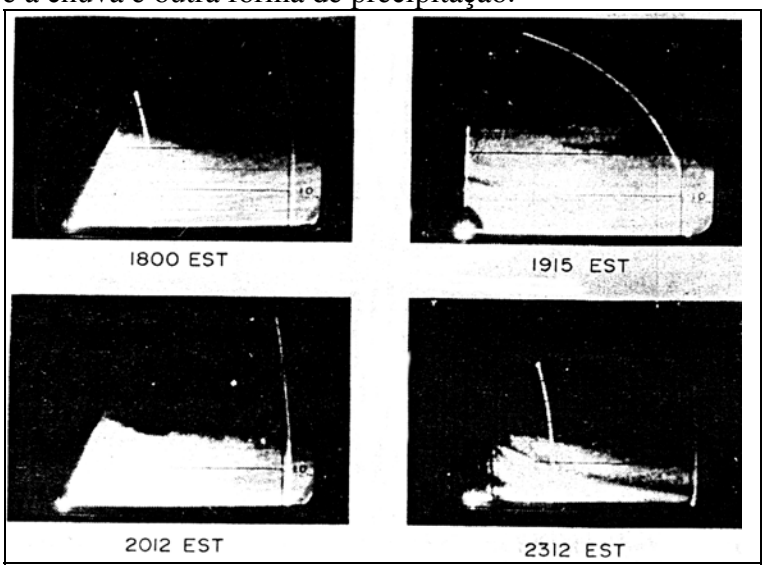


Fig. XVII.1 Registros RHI no ecrã do radar, obtidos observando a queda de neve. Alcance máximo 10 milhas para o gráfico a 1915, e 25 milhas para os restantes. Os sinais de altura a intervalos de 5000 pés. (De Wexler e Austin, 1954).

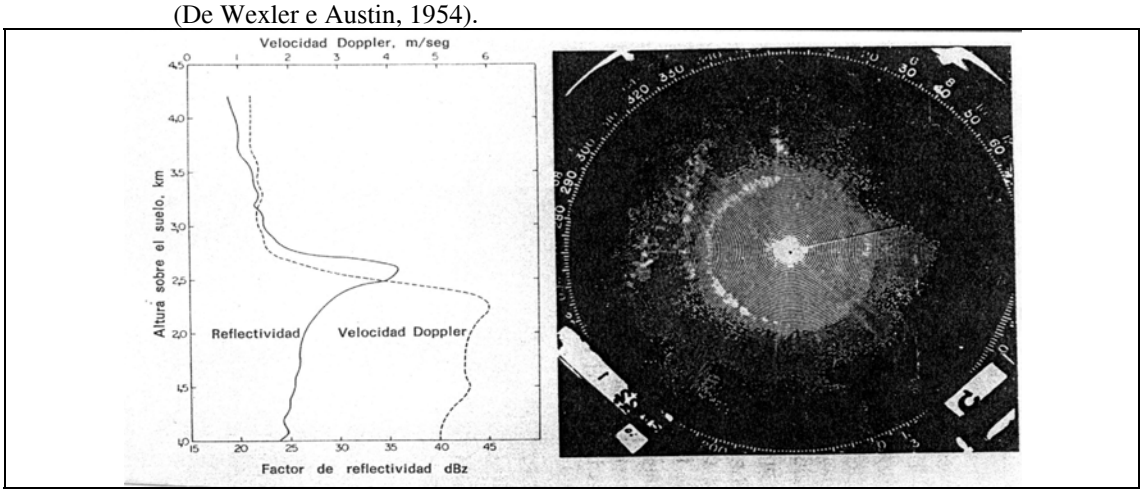


Fig. . Duas vistas da banda brilhante no radar. Esq.. , perfil vertical de reflectividade e velocidade Doppler, obtidas com o radar dirigido verticalmente para cima; a Direita, uma imagem PPI, co o feixe a 8° de elevação , a zona de fusão é o anel branco, a 12 milhas

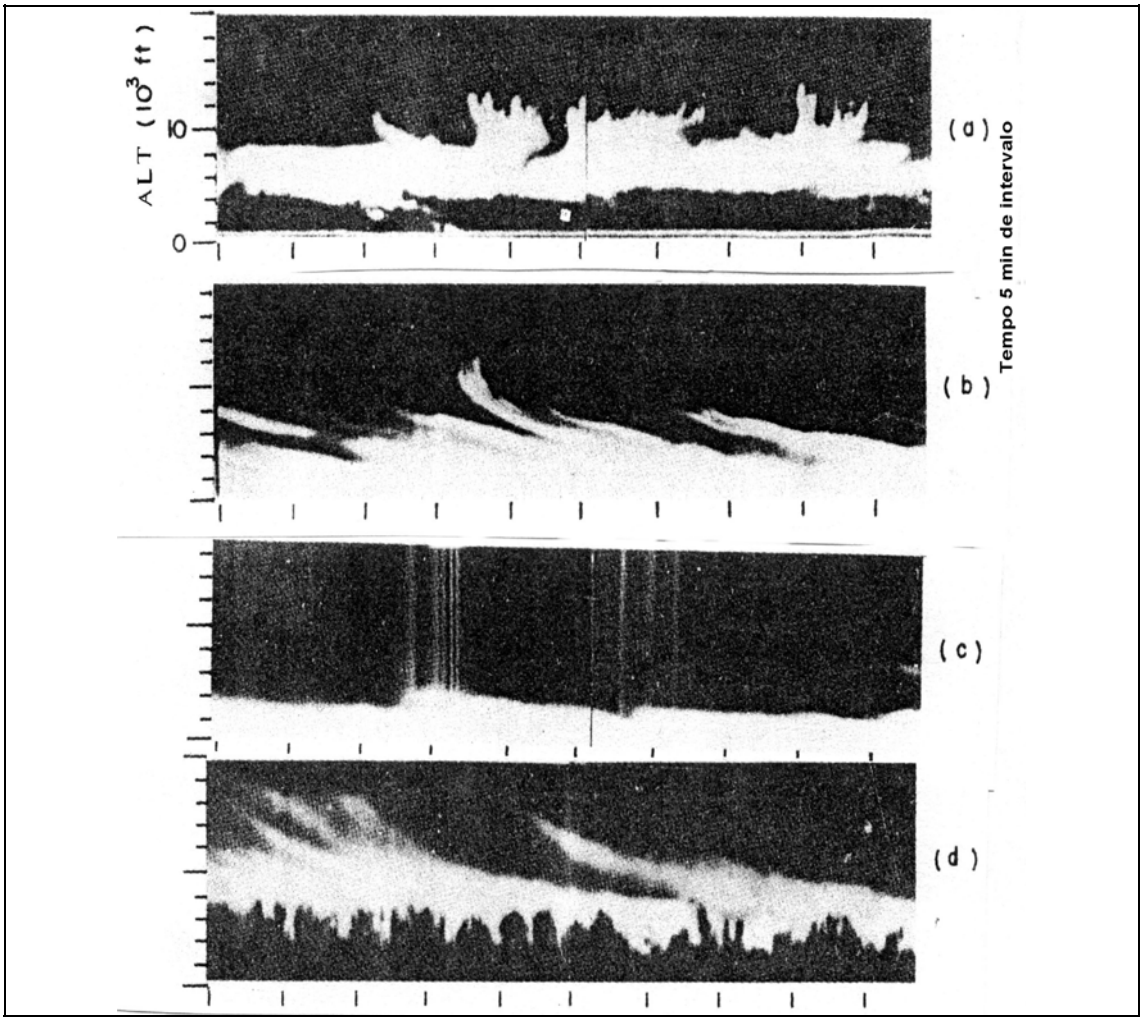


Fig. XVII.3 Registros em que se pode observar a variação com o tempo e altura de (a) neve em altura, mas sem chegar ao solo, (b) esteias e penachos bem definidos, (c) eco relativamente homogéneo, (d) estalactites (protuberâncias descendentes no bordo principal da trovoada. (De Douglas e outros , 1957.)

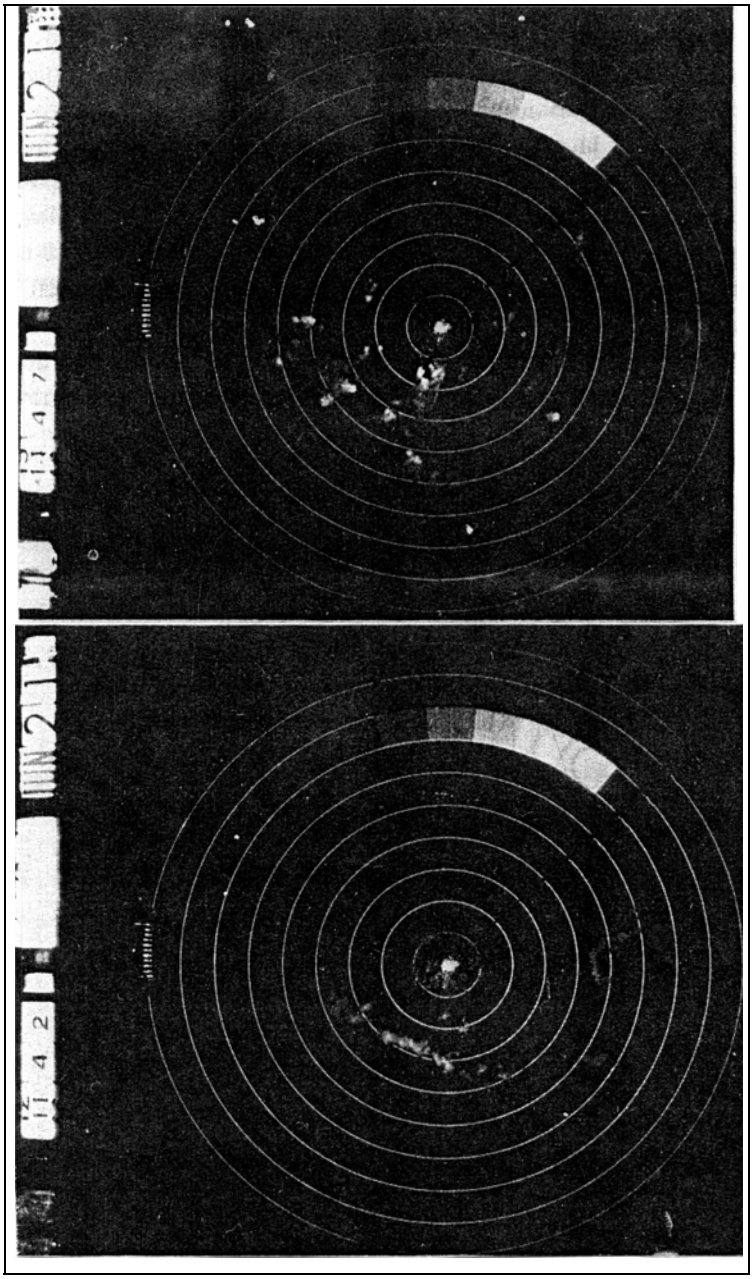


Fig XVII.4 Dois exemplos de zonas de aguaceiros observados mediante o radar; na Fig de cima, alguns ecos parecem estar organizados ao longo de uma linha de ecos; na Fig de debaixo, estão distribuídos de uma forma aleatória .Circunferências acoitando distâncias, a intervalos de 20 dB, com modelo de calibração situado a 70 milhas para este. (De Alberta Hail Studies Laboratory).

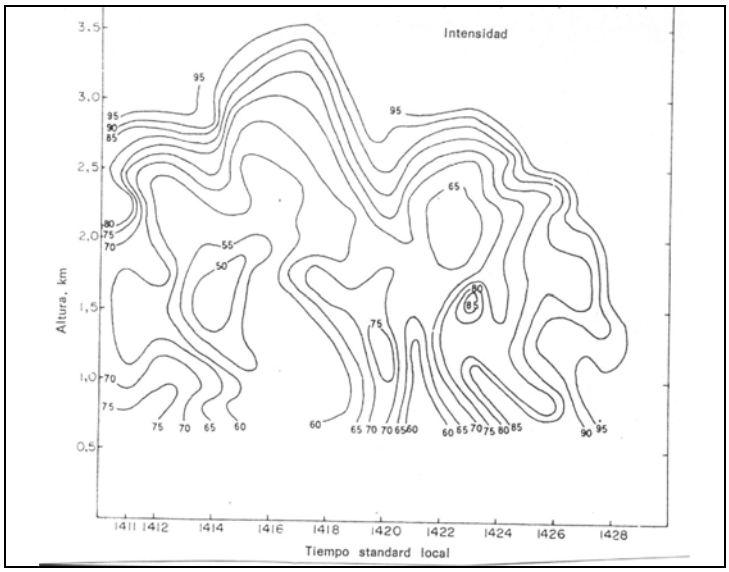


Fig. XVII.5 Variação da reflectividade, com o tempo e altura, num aguaceiro de chuva "quente", observado em Hawaii; os valores da intensidade, I, estão relacionados com o factor de reflectividade, em dBz, pela fórmula dBz = 95-I

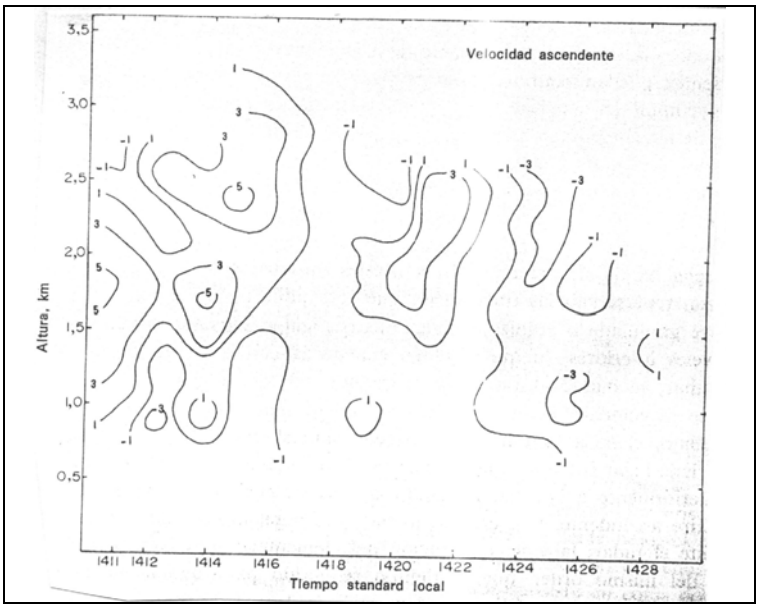


Fig. XVII.6 Variação da velocidade da corrente ascensional no mesmo chuvisco; as linhas de contorno para a velocidade, em m/s e positivas para cima. (Rogers, 1967).

CAPÍTULO XVIII - OS SATÉLITES

A Detecção Remota é um campo muito vasto, e onde os satélites se incluem. Assim quer analisando as suas características, quer as suas variadas aplicações, concluí-se que um estudo exaustivo neste âmbito é impensável, é pois este capítulo uma iniciação ao tema.

Os satélites que estão à disposição dos investigadores não são em muitos casos destinados unicamente à meteorologia e oceanografia, daí não se falar só em satélites meteorológicos. Por exemplo o satélite LANDSAT cuja missão geralmente está ligada à análise do solo e riquezas naturais, tem frequentemente a sua utilização ligada à oceanografia para observar o movimento de sedimentos; efectuar batimetria, etc, enquanto em meteorologia a observação de nuvens é igualmente frequente, isto é tudo devido à sua excelente resolução espacial que possui.

XVIII - 1 - Introdução

Depois do lançamento do Sputnik-1 em 1957, pela União Soviética mais de 4000 satélites foram colocados em órbita. Se o primeiro satélite não sabia fazer muito mais do que emitir um bip-bip, abriu um caminho com imensas possibilidades para os interesses militares, civis e científicos. Desde satélites que utilizam as imagens para a prospecção de recursos da crosta terrestre, vigilância militar e previsão meteorológica, passando também por aqueles que transmitem sinais de telecomunicações até aos que fazem serviços de posicionamento, todos estão colocados em orbitas de dois tipos: as geostacionárias e as heliocêntricas (ou também chamadas polares).

Na figura 1 podemos ver o crescimento logarítmico após duas décadas de Detecção Remota por Satélite.

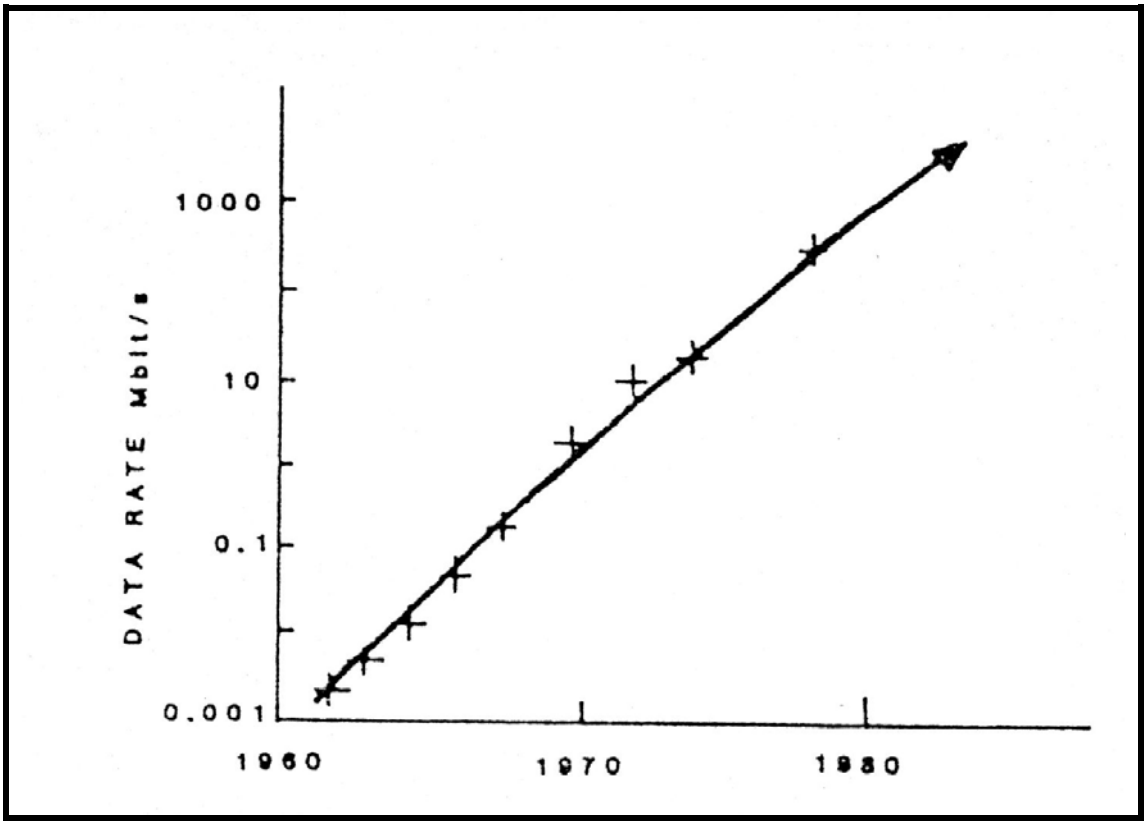


Figura XVIII - 1 - Crescimento dos dados transmitidos por detecção Remota

XVIII - 1.1 - Definição de detecção remota

A detecção remota consiste na medição à distância de determinadas grandezas.

Destas observações nem só as efectuadas a partir de satélite são consideradas remotas, também as realizadas a partir de aviões ou, executadas através de radiómetros portáteis no infravermelho, são observações remotas e não menos usuais.

Num conjunto de estudos, um projecto pode ter muitas observações remotas. A figura seguinte é um exemplo de um projecto de grandes recursos.

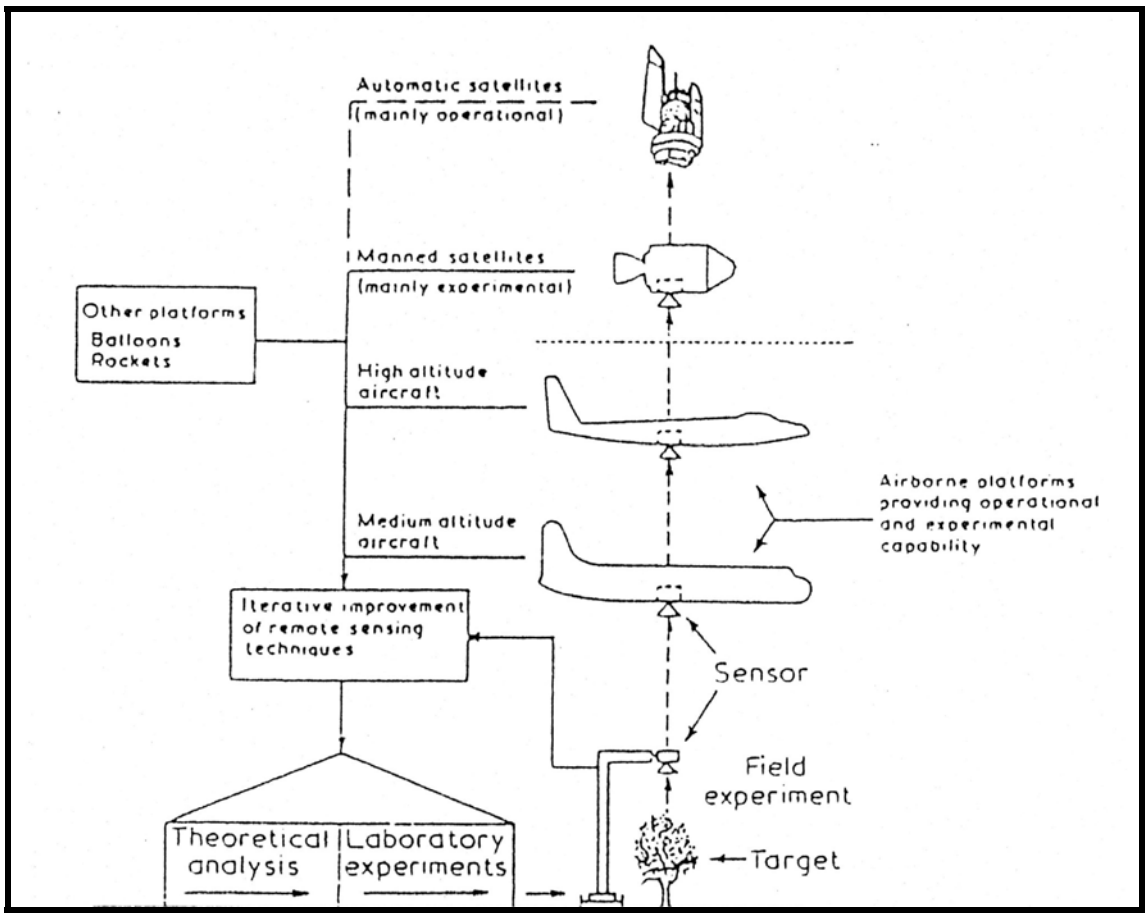


Figura XVIII - 2 - Projecto global com vários sensores remotos

Estes projectos além de terem um orçamento elevado, não se costumam realizar por períodos inferiores a três anos e têm a colaboração de muitos investigadores especializados em cada sensor, que no decorrer do estudo, apresentam um conjunto de dados típicos dos mesmos.

XVIII - 2 - Características dos satélites

XVIII - 2.1 - Tipos de Satélites

Os satélites são muito variados, quer pelas suas características de orbita, quer pelos sensores específicos de uma determinada observação. O tipo de órbita que têm, como já foi referido, é a geostacionária e a heliosíncrona.

Os satélites geostacionários têm uma capacidade de resolução muito baixa, pois apesar de estarem a cobrir sempre a mesma área, estão a uma distância de mais de 35900 Km. No entanto em termos temporais têm uma capacidade elevada no tempo, pois estão permanentemente a observar a mesma área.

Os satélites heliosíncronos têm uma capacidade de resolução elevada, sendo esta tanto maior quanto menor for a altura a que o satélite se encontre. Em termos temporais a sua capacidade é muito baixa pois ao estar em rotação em volta da Terra, de forma a fazer um conjunto completo de fotografias da superfície da Terra não pode estar ao mesmo tempo sobre todos os pontos. Daí que um sistema seja quase o complementar do outro.

Em meteorologia para análise sinóptica recorre-se a uma grande área e portanto aos satélites geostacionários. Quando se quer fazer estudos regionais, procura-se uma melhor resolução espacial junta-se assim os dados de um ou mais satélites heliosíncronos.

Os satélites têm as mais diversas configurações. Estas dependem da órbita, do tipo de sensores e fundamentalmente da filosofia de construção do grupo de cientistas de cada país, uma vez que os satélites hoje em órbita, são das mais diversas nacionalidades.

Segue-se várias figuras onde se mostra alguns dos mais importantes satélites com utilização nas áreas de meteorologia e oceonografia:

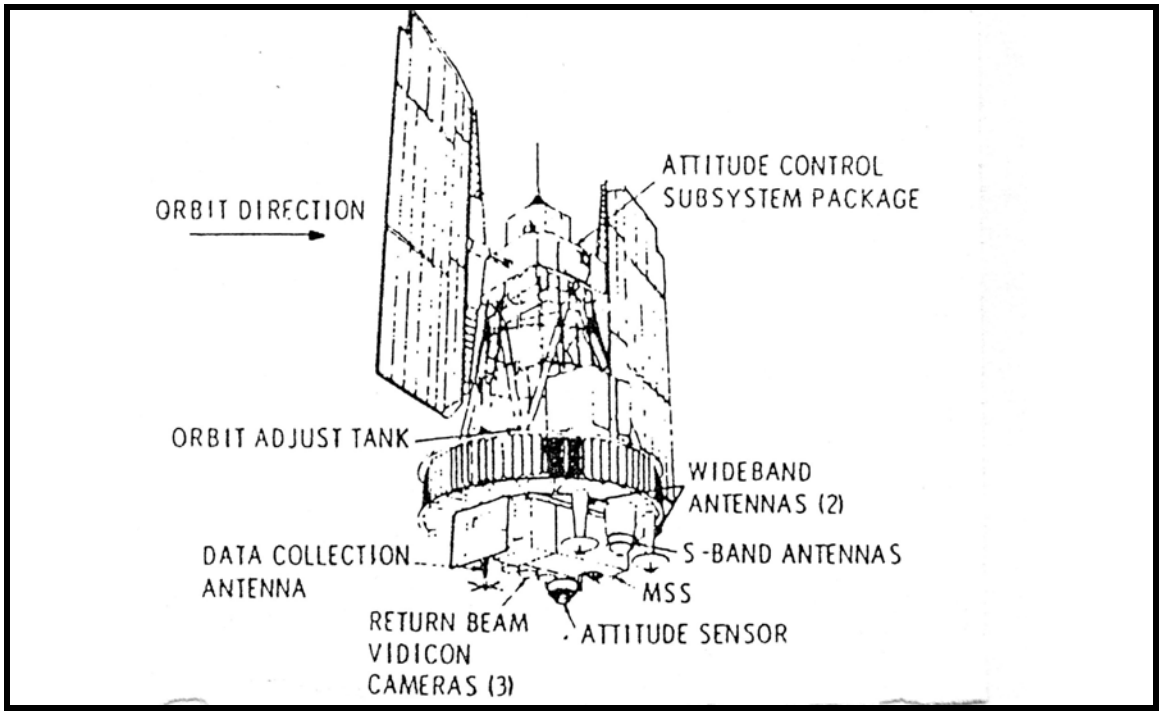


Figura XVIII - 3 - O satélite landsat 1, foi construído para a análise do solo e riquezas naturais

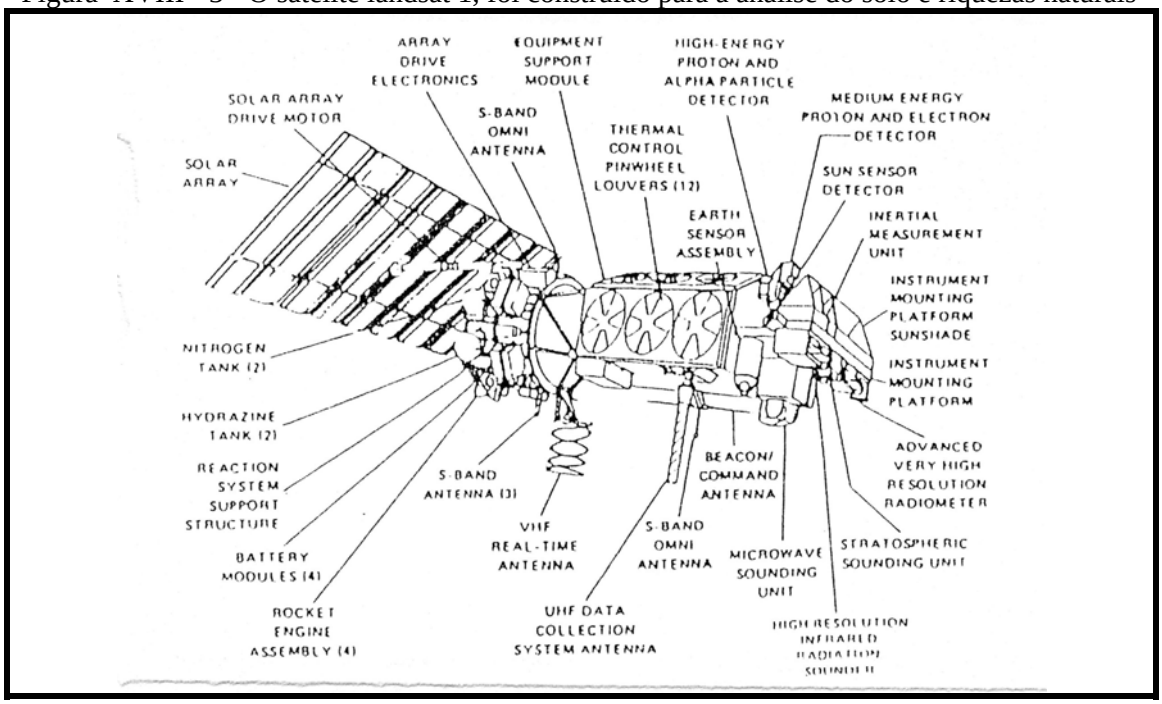


Figura XVIII - 4 - O satélite Tiros n ,faz observações meteorológicas

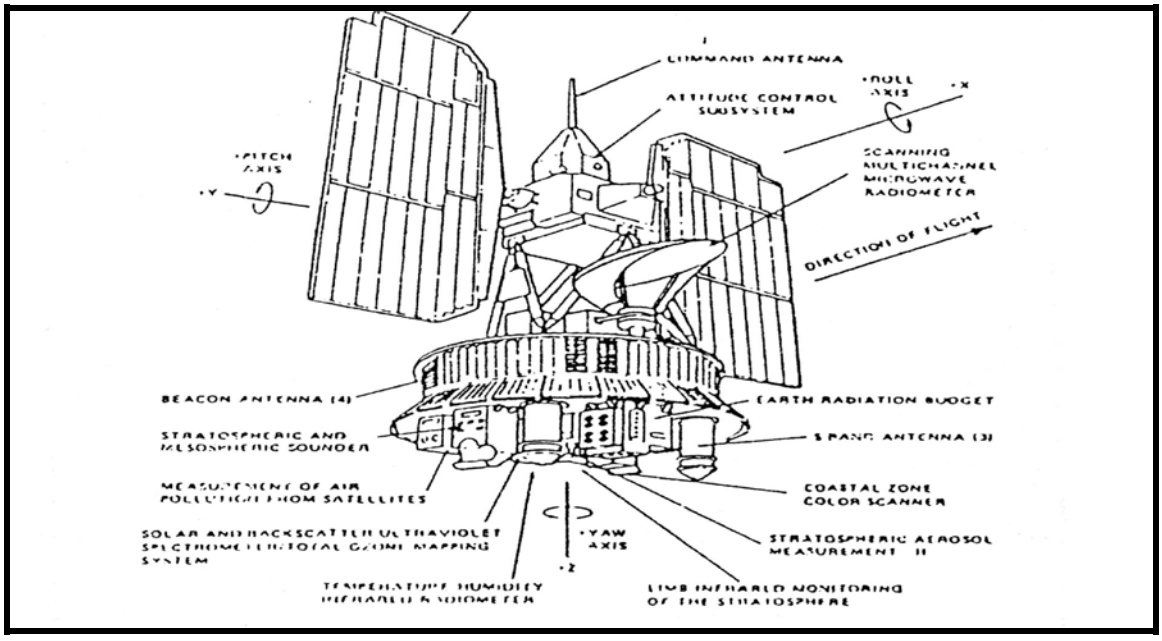


Figura XVIII - 5 - O satélite Nimbus 7 ,faz observações meteorológicas

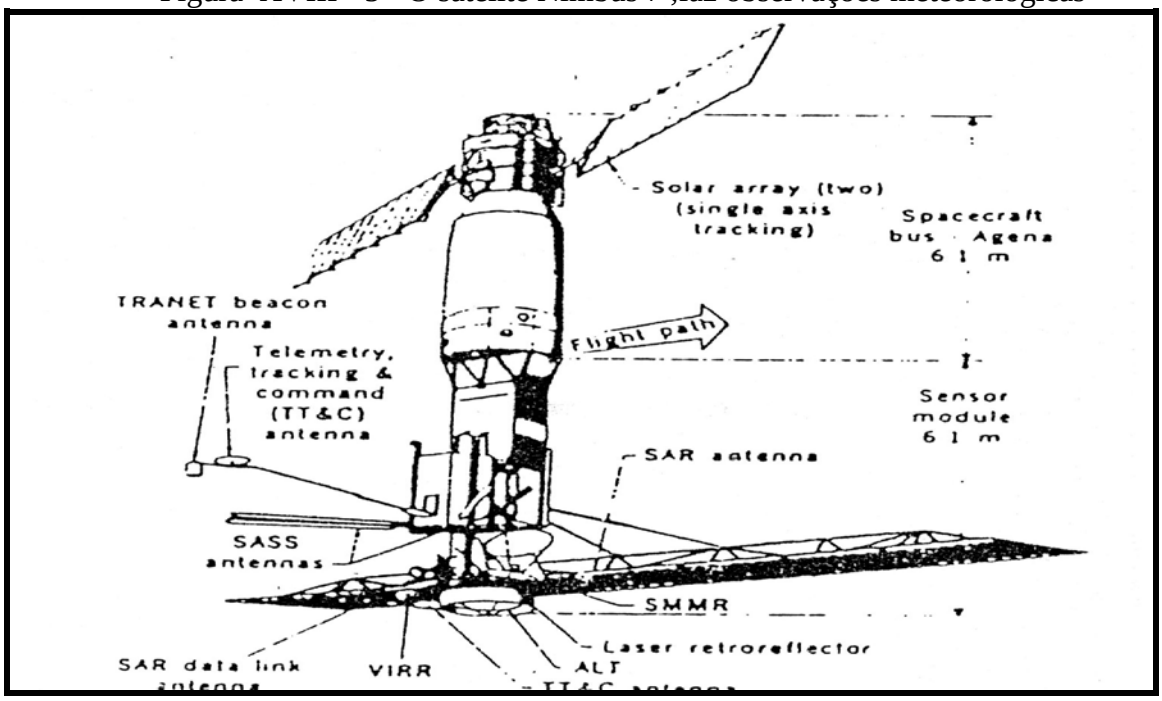


Figura XVIII - 6 - O satélite Seasat como nome indica, é orientado para medições oceanográficas

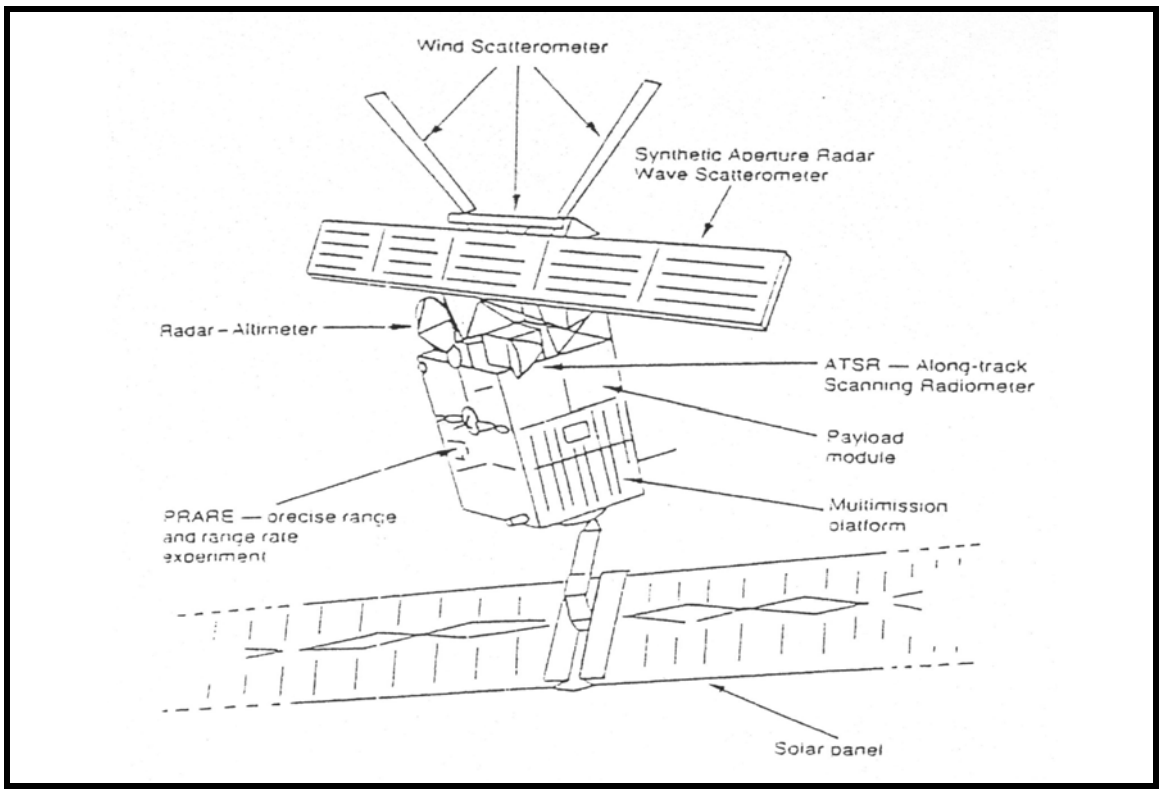


Figura XVIII - 7 - ERS -1, faz observações diversas essencialmente aplicadas à meteorologia

Os satélites estão organizados de forma a optimizar a área a estudar. Na seguinte figura 8 pode-se observar como alguns dos satélites mais importantes estão distribuídos:

De notar que apesar de só serem mostrados estes satélites geostacionários outros existem de reserva para substituir em caso de avaria grave de forma a não faltarem imagens que são fundamentais para a vigilância da condições meteorológicas.

Actualmente o METEOSAT - 3 está situado em 75º W proporcionando dados aos Estados Unidos, uma vez que o GOES - 8, entrará em serviço na primavera de 1995 O METEOSAT - 4 está localizado próximo dos 8º W, e pode ser imediatamente activado em caso de algum problema com o METEOSAT - 5. O METEOSAT - 6 que foi lançado em 20 Novembro de 1993 está a ser submetido a testes e está localizado próximo dos 10º N.

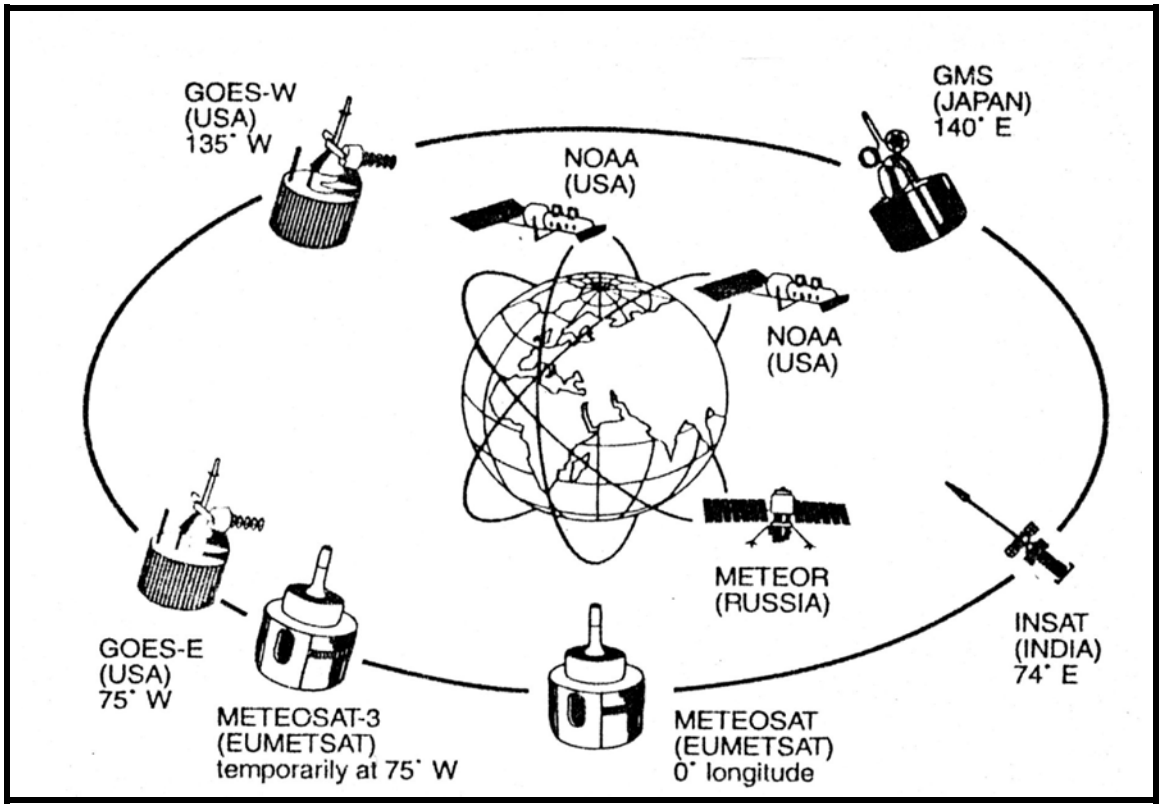


Figura XVIII - 8 - Sistema global de satélites meteorológicos

XVIII - 2.2 - Descrição do tipo de órbitas

A orbita circular de raio de mais de 35900 Km já referida não apresenta muitos problemas para a sua compreensão, situados sobre o equador estes satélites acompanham a Terra com a mesma velocidade angular, ficando a observar a Terra do mesmo ponto permanentemente.

No entanto quando nos referimos às órbitas dos heliosíncronos temos de dar um pouco mais de atenção. A sua característica principal reside na sincronização com o sol, vindo daí o nome atribuido. Por vezes chama-se polar, mas o nome correcto seria quase-polar, devido a não ser possível a orbita passar exactamente sobre os polos e manter o sincronismo com o sol.

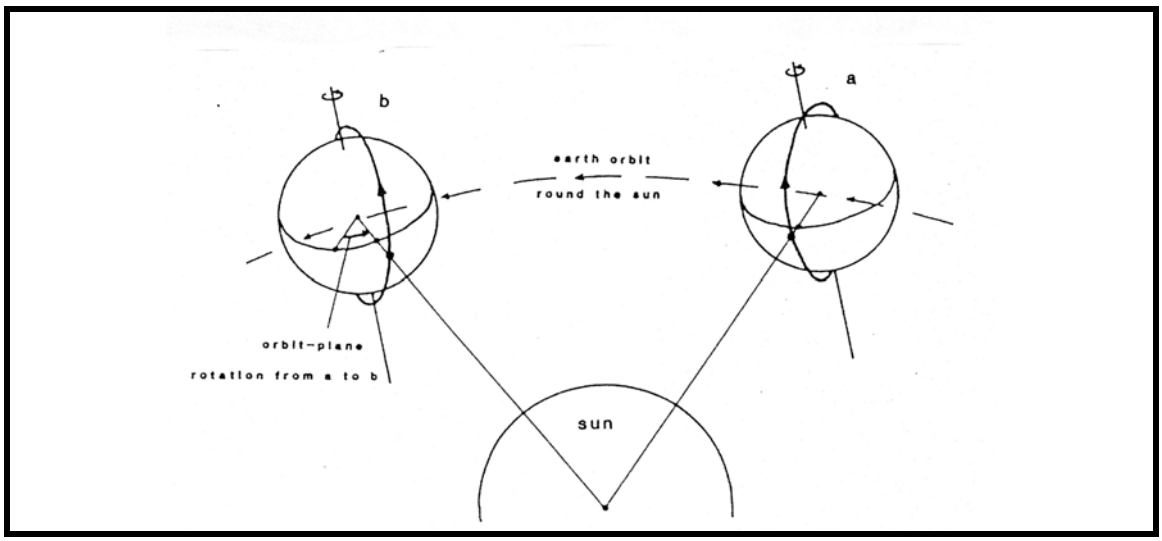


Figura XVIII - 9 - Órbita de um satélite sincronizada com o sol.

No caso do Landsat que veremos de seguida como exemplo, o satélite efectua um conjunto de órbitas de forma a cobrir a superfície da Terra como já foi referido. A figura seguinte mostra o ciclo dessas órbitas:

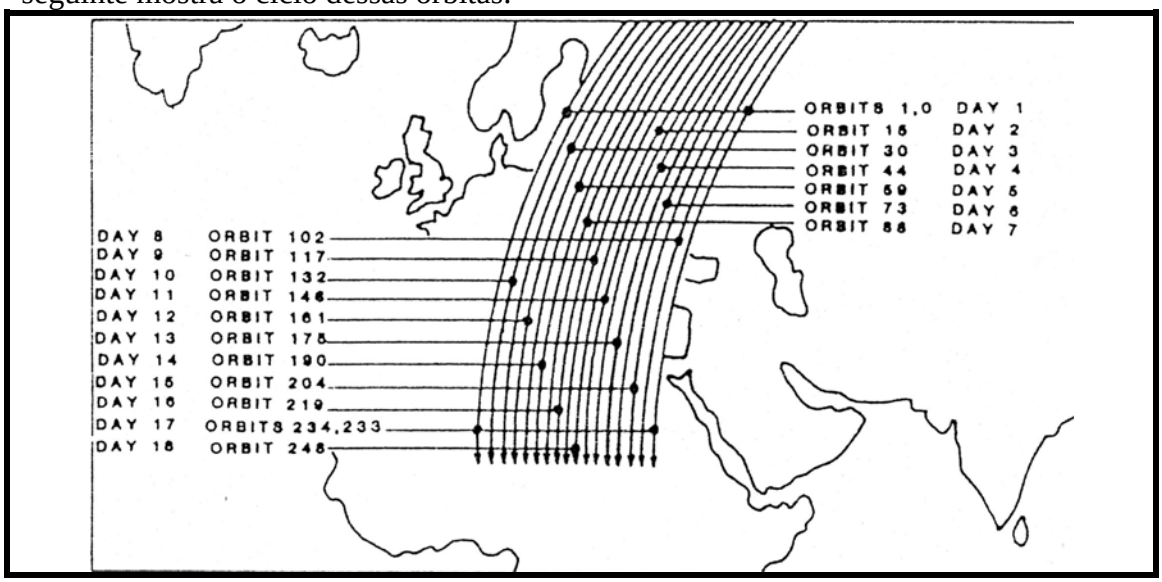


Figura XVIII - 10 - Ciclo de órbitas efectuadas pelo satélite Landsat 4

Ao longo do trajecto da sua órbita o satélite efectua as suas medições segundo o seguinte procedimento, que se mostra na figura.

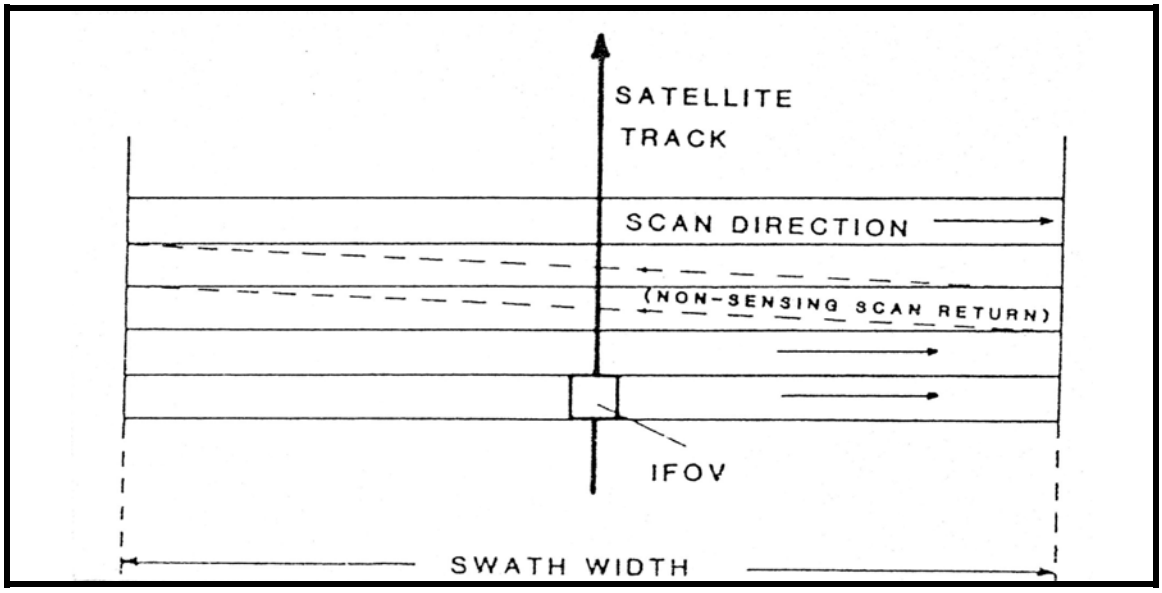


Figura XVIII - 11 - Procedimento de leitura dos radiometros

O IFOV é o campo instantâneo de visão e vai corresponder às dimensões do pixel da imagem se o varrimento estiver optimizado (ver primeiro caso da figura seguinte).

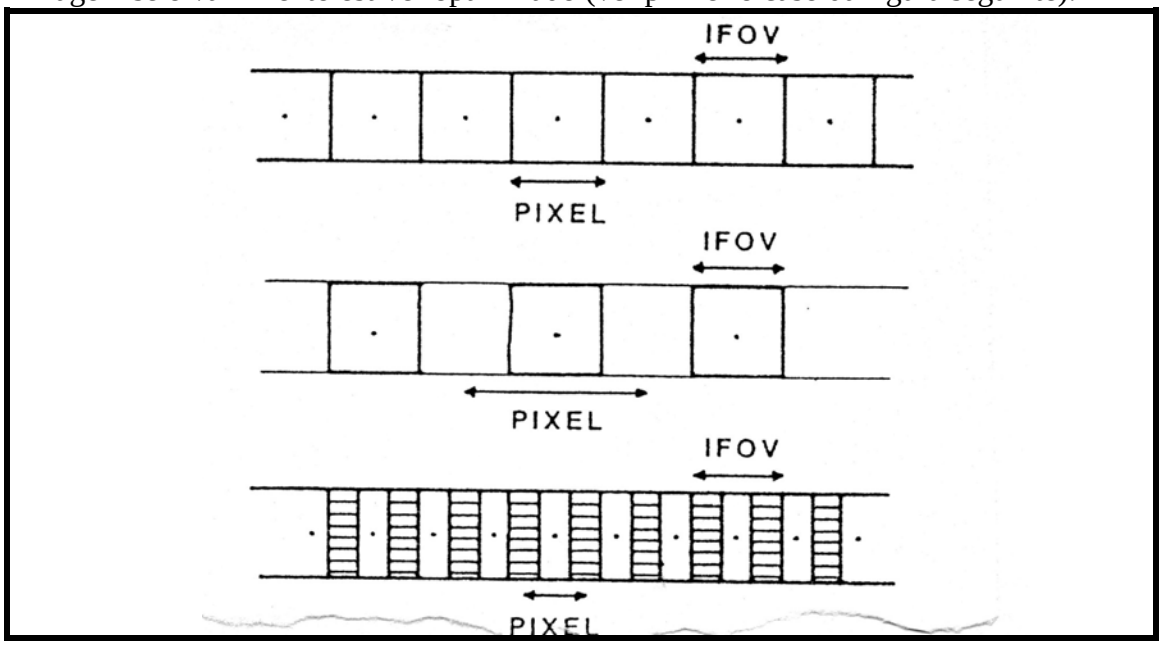


Figura XVIII - 12 - Diagrama que mostra a eficiência de sondagem

Na segunda linha de sondagem, verifica-se que existem zonas da superfície que não são cobertas. No terceiro caso existe um intervalo de sondagem muito pequeno, que provoca que certas áreas sejam sondadas duas vezes.

XVIII - 2.3 - Cobertura da Terra

A forma como os satélites heliosíncronos realizam a cobertura global da Terra vem salientado na seguinte figura baseada na passagem do satélite LANDSAT:

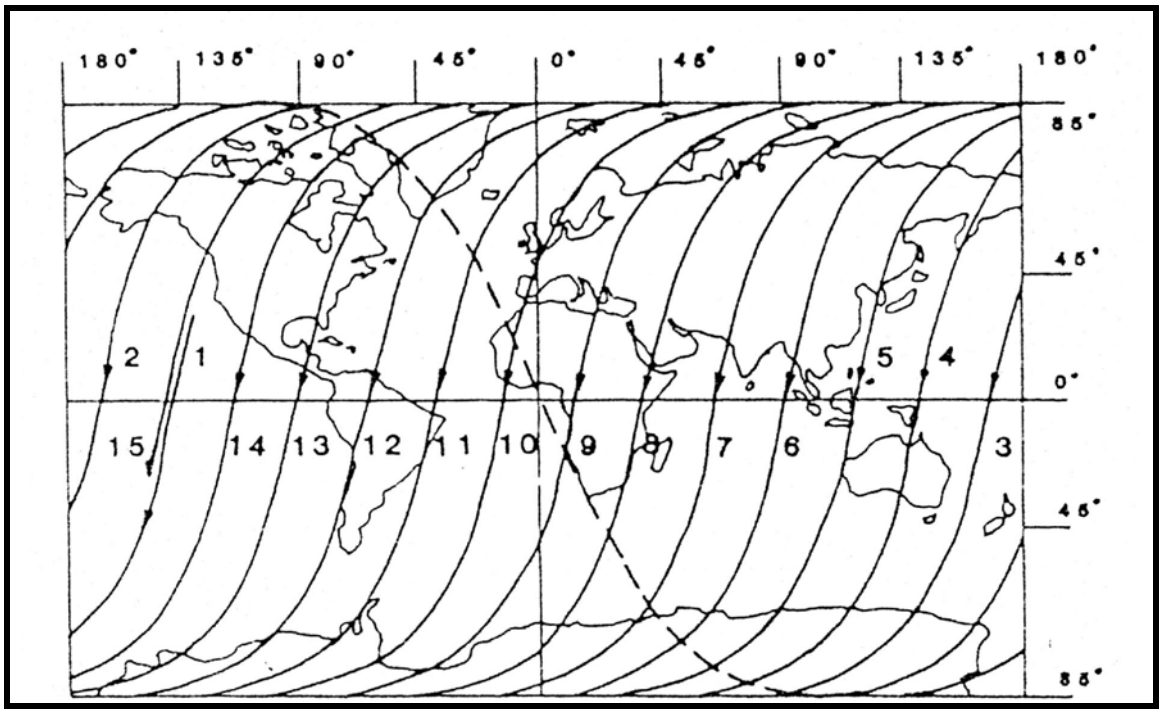


Figura XVIII - 13 - Passagem típica dos satélites Landsat 1,2 e 3

No caso dos geostacionários, após se terem descrito as suas características, leva a supor que existe uma cobertura total do disco Terrestre visível, assim não é verdade, só uma parte serve para efectuar cálculos com uma precisão aceitável, porque como a visão é obliqua, aparece uma distorção geométrica tal, que os erros são demasiado elevados.

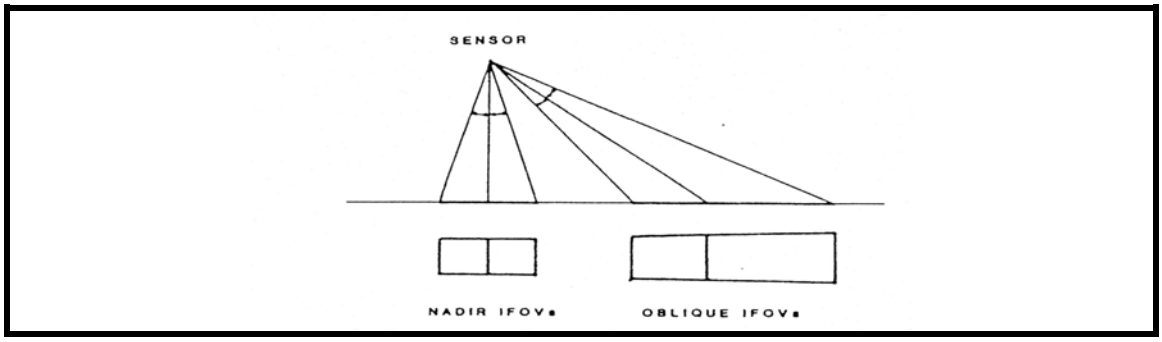


Figura XVIII - 14 - Distorção geométrica crescente com a inclinação

A figura seguinte mostra como é feita a cobertura por parte dos satélites geoestacionários, em relação a toda superfície da Terra:

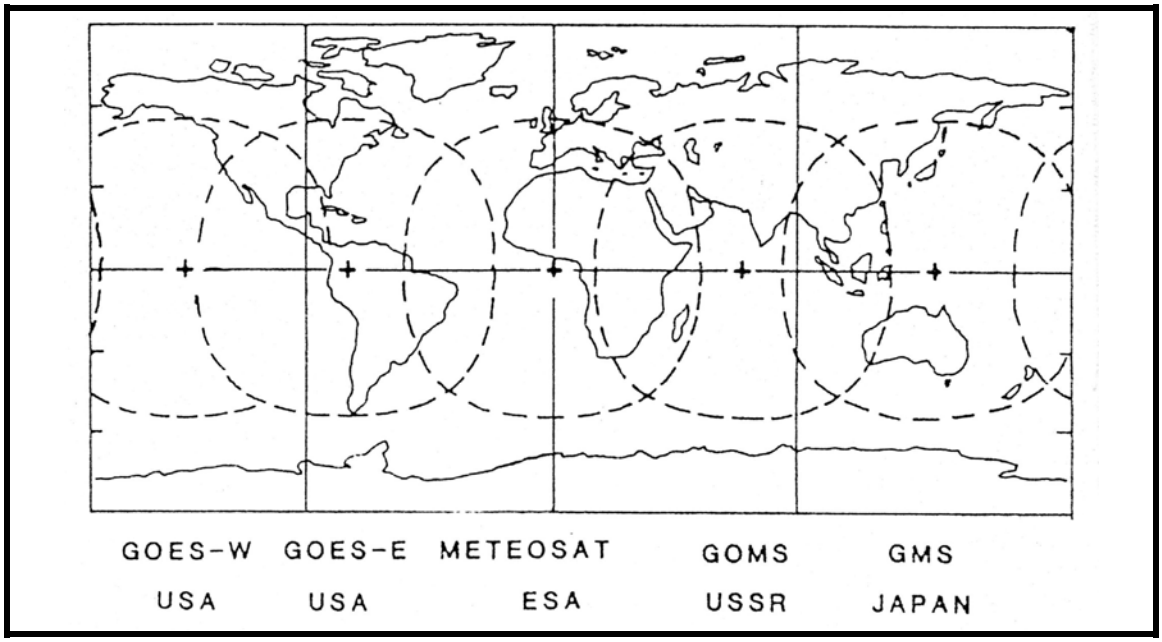


Figura XVIII - 15 - Cobertura útil dos satélites geoestacionários meteorológicos

XVIII - 2.4 - Tipos de sensores

Existem várias formas de classificar os sensores, quer pelo seu comprimento de onda, quer pelas suas características de polarização. Dentro destes existem os que têm um comportamento passivo e os que têm um comportamento activo.

Os sensores passivos são aqueles que se limitam a registar a radiação emitida a partir da superfície seja esta a própria superfície terrestre ou das nuvens. Dependem da magnitude da radiação que chega ao satélite. Normalmente os comprimentos de onda utilizados são no infravermelho, no visível e nas micro ondas. As grandezas medidas são a temperatura da superfície da Terra e do mar, quantidade e textura da nebulosidade, estimação da quantidade de precipitação, etc.

Os sensores activos iniciam a sondagem com a emissão em direcção à Terra de um tipo de radiação bem definido em comprimento de onda, direcção, modulo, momento temporal de emissão e polarização. Após a emissão o sensor fica à espera da resposta ao sinal reflectido. Dependendo da variação nas grandezas anteriormente citadas, incluíndo o tempo que demorou o trajecto de ida e volta do sinal, pode-se tirar informações sobre grandezas características. Exemplo destes sensores são:

- O altímetro que serve para medir a altura do nível do mar, etc.
- O sensor de micro ondas activo(pois também exite o passivo).
- O radar de abertura sintética (SAR) que se baseia nas variações de polarização,(serve para distinguir os vários tipos de neve,entre outras aplicações).
- O sensor que mede a dispersão da superfície(SMMR). A aplicação mais utilizada consiste na observação da rugosidade do estado do mar.

Na figura seguinte mostra o mapa de sondagem simultanea de dois tipos de sensores- o de micro ondas e o infravermelho. As áreas maiores são referentes ao micro ondas pois a emissão é mais fraca.

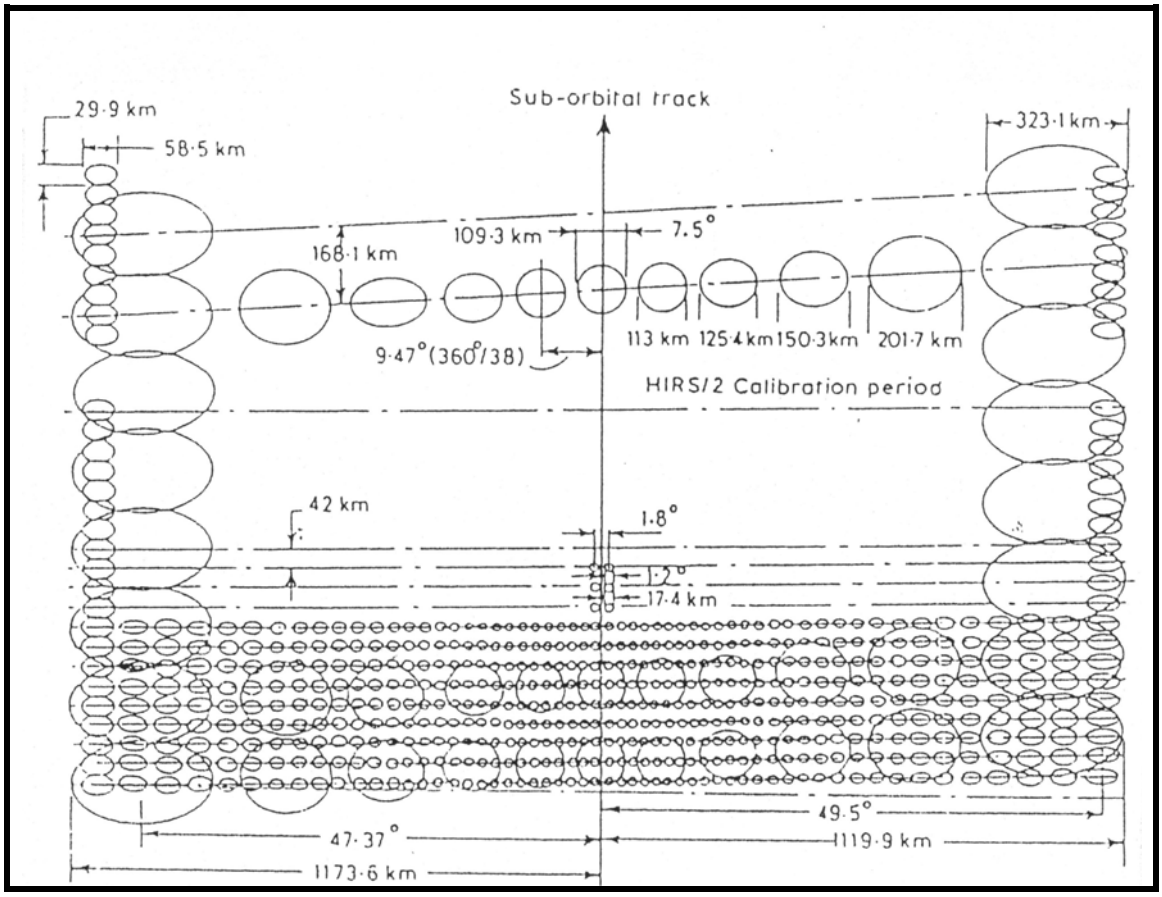


Figura XVIII - 16 - Diagrama de observação dos sensores de micro ondas

XVIII - 2.5 - Calibração dos sensores

A calibração dos sensores é efectuada antes do lançamento para o espaço dos satélites e depois de estarem em órbita voltam novamente a ser calibrados por equipamento a bordo. As calibrações passam a ter carácter periódico e normalmente diário de maneira a se ter um elevado grau de confiança nos dados obtidos.

Normalmente o material incorporado para efectuar a calibração consiste num sistema electromecânico que dirige o sensor para uma fonte de corpo negro e que vai servir como uma das referências possíveis. Um esquema possível é ilustrado na figura seguinte:

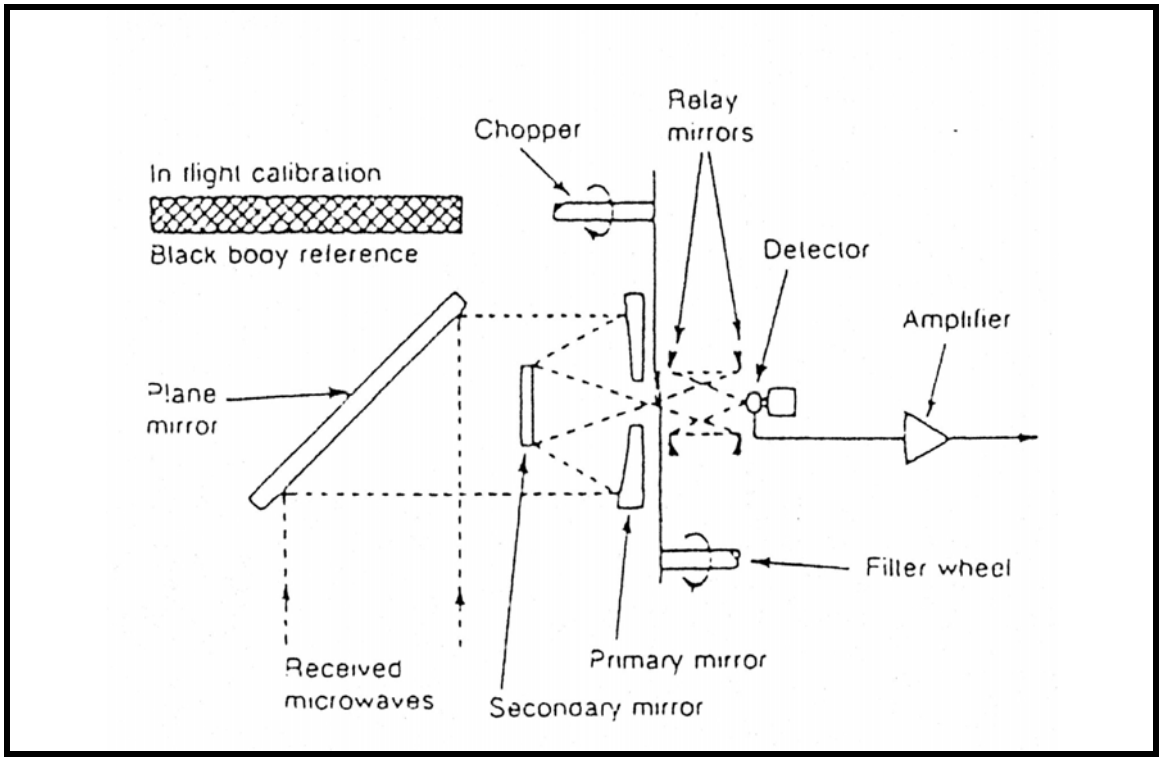


Figura XVIII - 17 - Estrutura de um radiometro passivo(nas micro ondas)

Na estação de recepção pode-se efectuar, não só a calibração geofísica, (Consiste na atribuição de valores com significado físico aos valores eléctricos), assim como uma calibração de correcção entre outros processamentos de imagem.

Efectuaremos algumas considerações nos capítulos seguintes.

XVIII - 3 - Pré-Processamento de Imagens

As imagens de detecção remota quando são recebidas nas estações de recepção, contém várias falhas e incorrecções devidas aos sensores, à transmissão e ao próprio sistema de observação utilizado na plataforma remota.

Às operações efectuadas nesta fase são designadas por pré-processamento e geralmente é efectuada pela estação receptora das imagens. Não se efectuaram nos centros de controle dos satélites, estas correcções pelas seguintes razões:

- Economia de tempo entre o instante de observação e a recepção das imagens pelo utilizador final.
- Dependendo dos objectivos do trabalho num dado momento em questão e da condição inicial das imagens, diversas técnicas e métodos podem ser empregues, ficando assim à escolha do utilizador.

As operações de pré-processamento são as mais variadas e difíceis de separar do processamento de imagens, designação esta utilizada por vários autores para todas as operações efectuadas às imagens. Vamos considerar o pré-processamento de imagem em três grupos principais:

-Correcção Radiométrica.

-Correcção Geométrica.

-Correcção Atmosférica.

Como várias imagens possuem incorrecções diferentes umas das outras, as correcções são sempre sujeitas a um critério de análise pelo utilizador, pois qualquer tentativa de generalização na correcção poderá provocar um erro maior do que o contido nas imagens iniciais.

XVIII - 3.1 - Correcção Radiométrica

Após a recepção, numa inspecção visual da imagem rapidamente se constata se existem por exemplo:

- Linhas em falta (com erro bem evidente).
- Diversas bandas que ocorrem na imagem (bandeamento).

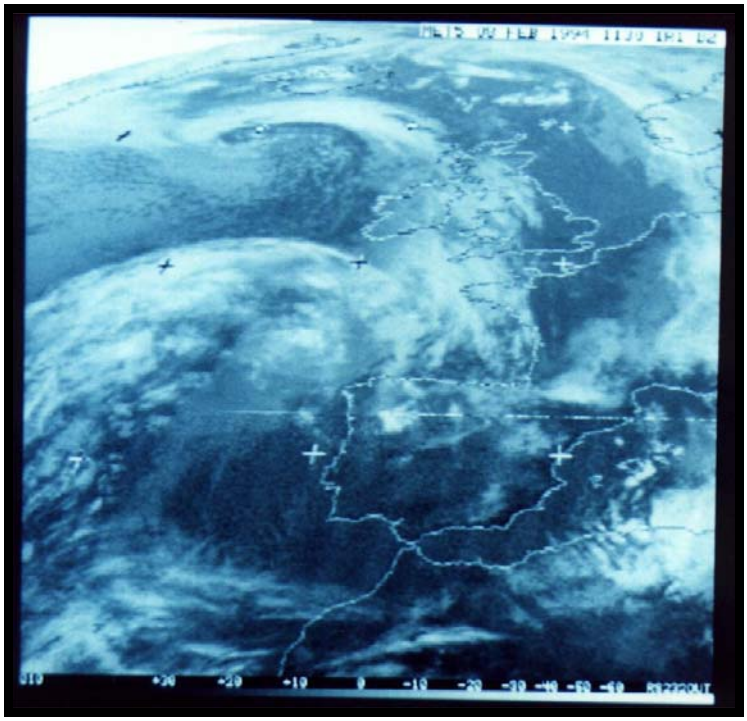


Figura XVIII - 18 - Imagem do sector D2 do satélite METEOSAT 5 de 8 de Fevereiro de 1994 às 11H30M na banda do infravermelho.

Numa análise de imagens usando a técnica de animação, que consiste na passagem num curto espaço de tempo de imagens consecutivas pelo monitor, o que provoca logo a nossa atenção é a existência de uma deslocação da origem espacial do alvo em observação (translação da imagem).

Esta translação, que se verifica ocasionalmente, tem como resolução prática a mudança de coordenadas da imagem. Este processo leva a uma perda normalmente nos limites laterais da imagem. Se o nosso alvo de observação se situar no centro da imagem, então é recuperável, de outra forma em consequência da extensão da translação poderemos ter uma perda sem solução para aquela hora de observação.

No exemplo da Figura 18 podemos observar as duas primeiras incorrecções anteriormente descritas.

XVIII - 3.1.1 - Correcção de linhas de Varrimento

Como vimos anteriormente onde descrevemos os sensores e a sua forma de sondagem, verificamos que quando o varrimento do alvo é feito linha a linha, o mesmo se designa por varrimento.

Na figura18 o observa-se a falta parcial de uma linha, masno caso geral podem faltar mais do que uma , na mesma imagem. Não existe nenhuma forma de saber quais os valores correctos, a não ser por uma estimação com base na informação fornecida pelos pixeis das linhas vizinhas. Assim este método baseia-se no princípio de auto-correlação espacial, segundo o qual o valor de cada elemento de imagem é espacialmente relacionado com os seus vizinhos mais próximos. Existe pois uma auto-correlação de valores numa superfície bidimensional.

Existem vários métodos de estimar os valores das linhas em falta:

- O primeiro consiste na repetição de valores, ou da linha imediatamente acima, ou da linha imediatamente abaixo. Este método tem a vantagem da simplicidade e respeita o princípio referido anteriormente de auto-correlação.

- O segundo método consiste em substituir a linha em falta pelo valor médio entre cada pixel vizinho superior e inferior. A pior circunstancia em que este método pode gerar piores resultados é quando a linha em alteração se situa na delimitação duas áreas em termos radiométricos muito diferentes.

- O terceiro método é multiespectral, ou seja é necessário que a imagem tenha várias bandas e que pelo menos, uma das bandas seja correlacionada positivamente com a banda

onde falta a linha. Assim a linha em falta com o valor médio da mesma linha das duas bandas, permitindo aplicar da mesma forma o princípio da auto-correlação.

XVIII - 3.1.2 - Ocorrência de bandas. Correcção.

A presença de bandas ou um padrão repetitivo é também possível ser observado na figura 18. Este efeito é frequente numa imagem adquirida por sensores electromecánicos.

Este efeito é mais visível em áreas escuras uniformes tais como o mar. É exactamente ao longo da Peninsula Ibérica que neste caso se nota este efeito na imagem da figura.

A ocorrência das bandas deve-se ao descalibramento dos sensores. Um sensor ideal deverá ter uma transferencia característica como mostra na figura 19 a). A resposta deve ser linear. No entanto mesmo que não haja nenhuma radiação, existe sempre um sinal residual electrónico que provoca um sinal de saída. A este sinal chama-se "Off-set". Ao declive da recta de transferencia chama-se "Ganho de transferencia" ou simplesmente Ganho.

No caso do LANDSAT MSS, existem seis sensores por banda, portanto pode ocorrer um bandeamento de seis em seis linhas, isto é, se um sensor estiver descalibrado, então a linha de valores anómalos ocorrerá de seis em seis linhas(ver figura 19 b)).

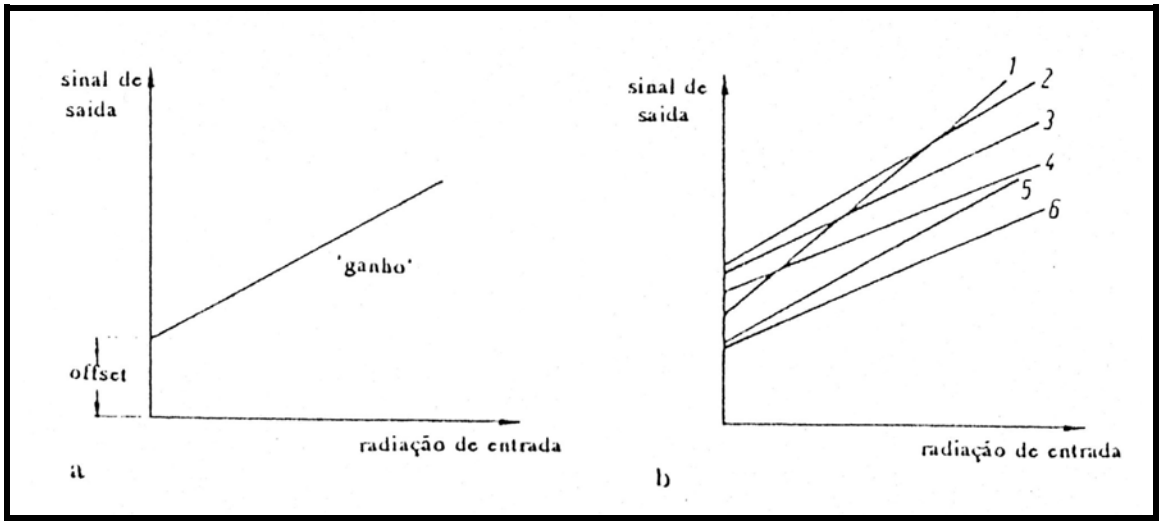


Figura XVIII - 19 - Diversas funções de transferencia de sinal em diferentes sensores neste caso com 6 sensores)

A correcção pode ser baseada em dados de calibração para cada sensor por banda. Se não existirem esses dados de calibração, então utiliza-se uma correcção baseada em termos estatísticos, assumindo que os sensores são estatisticamente semelhantes uns aos outros. Este tipo de correcção designada por paramétrica, utiliza a média e o desvio padrão de cada sensor para cada banda. O sensor com maior desvio padrão é considerado como referencia para cada banda, o que resulta num mínimo de perda de informação. Este processo baseia-se numa relação linear entre o sinal de entrada e o de saída, mas está muito dependente do efeito dos valores anómalos nos cálculos de médias e desvios padrões.

O inconveniente deste método consiste na aceitação de uma distribuição Gaussiana com a média e o desvio padrão a manterem-se nas janelas de amostragem, o que geralmente não se verifica.

Outro processo, consiste na comparação de histogramas que utiliza a forma do histograma cumulativo d cada sensor para obter uma estimativa da função de transferencia. A principal vantagem consiste em se efectuar pixel por pixel sem necessidade de assumir um comportamento Gaussiano. Calcula-se para cada banda o respectivo histograma. O histograma com maior desvio padrão é considerado como referencia e os outros terão de ser corrigidos por aquele, para obterem a mesma forma final.

XVIII - 3.2 - Correcção Geométrica.

Estes erros são muito mais numerosos que os erros radiométricos especialmente quando se trata de imagens provenientes de satélites heliosíncronos. É mais para estes que este capítulo está escrito.

Recordemos que a imagem é formada por sequencias de linhas com informação proveniente de sensores. Estes registam L linhas de N pixeis. Atendendo ao que já foi referido anteriormente vamos considerar o IFOV do sensor numa relação unitária à dimensão do pixel. Se xx é igual a yy, então a disposição da imagem será quadrada na forma representada na figura seguinte:

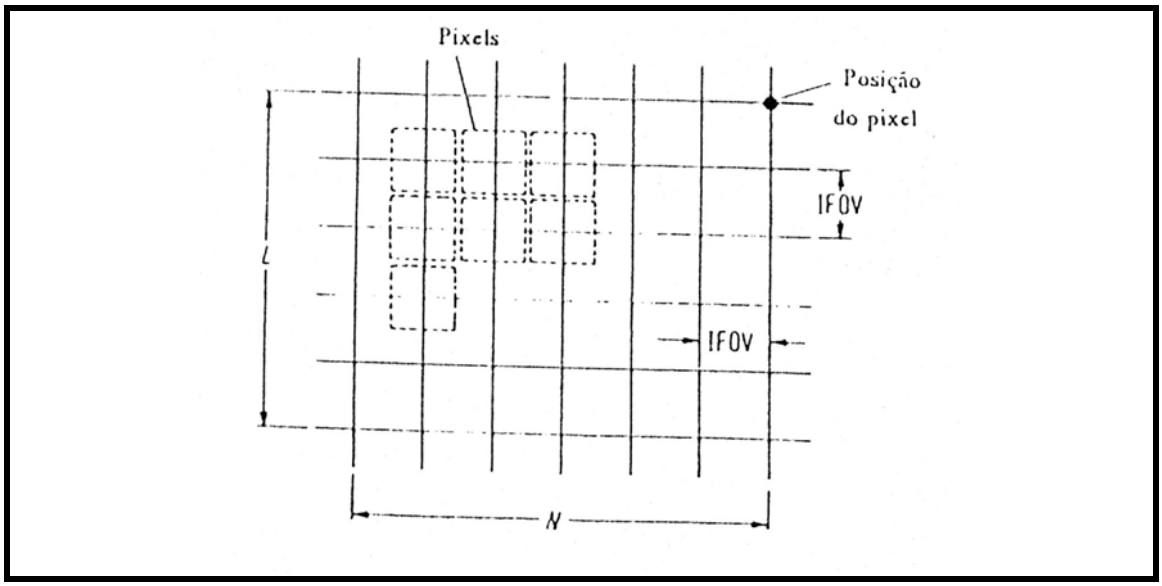


Figura XVIII - 20 - Disposição dos pixeis na imagem.

Os factores que provocam erros geométricos são os mais variados, nomeadamente: A rotação da Terra, a curvatura da Terra (já anteriormente referido), a não linearidade dos sensores, variações em altitude e velocidade da plataforma, etc. Vamos analizar um pouco melhor alguns destes factores:

- O efeito de rotação da Terra

Uma vez que os sensores de varrimento linha a linha demoram um certo intervalo de tempo a adquirir uma faixa de imagem, e a Terra continua a rodar, de oeste para este, de tal modo que as últimas linhas estão erradamente deslocadas para este em relação à superfície que representam. Assim a correcção a efectuar consiste em deslocar a parte inferior da imagem para oeste, como mostra a figura seguinte:

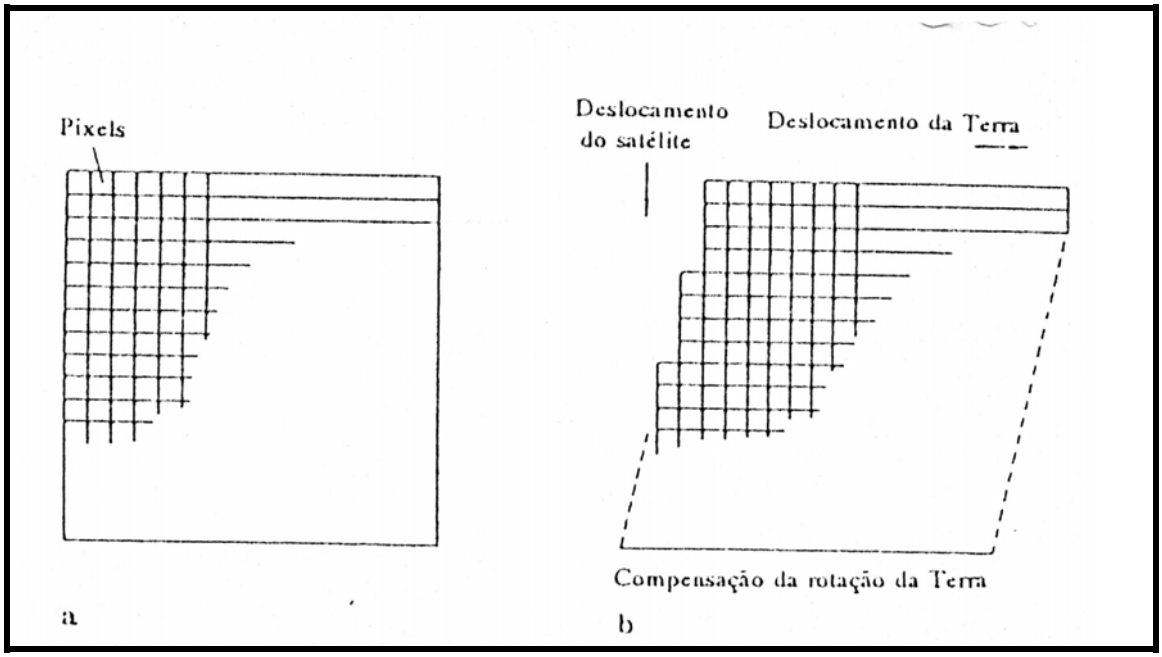


Figura XVIII - 21 - Correcção de compensação do deslocamento da Terra durante o registo da imagem

- Variações da plataforma(satélite)

Na figura seguinte temos representado alguns dos efeitos e consequencias que sofrem as plataformas. A correcção destas distorções, necessita o conhecimento da posição do satélite que é continuamente registada por telemetria.

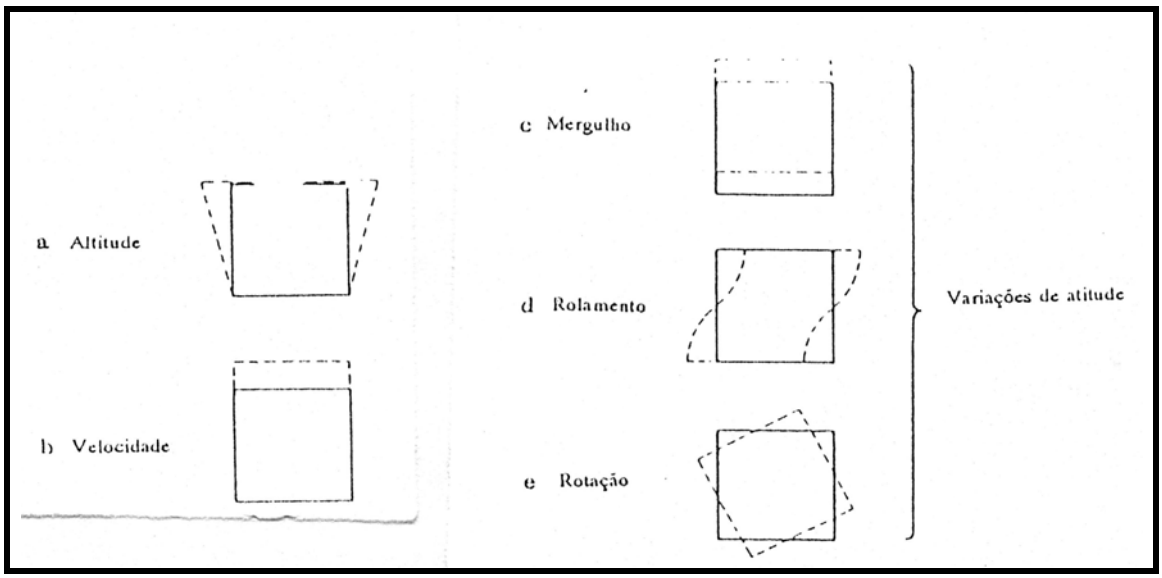


Figura XVIII - 22 - Efeitos das variações da plataforma.

XVIII - 3.2.1 - Correcções das distorções geométricas.

Em resumo vamos considerar dois tipos de técnicas para a correcção das distorções geométricas:

- A primeira baseia-se na modelação da natureza e magnitude das forças de distorção e utilizar esses modelos para corrigir as mesmas.
- Outra técnica consiste em associar expressões matemáticas entre as coordenadas dos pixeis da imagem e as coordenadas dos pontos à superfície , com o uso de um mapa.

De uma forma geral a última série de técnicas é a mais utilizada devido a não ser necessário o conhecimento das causas de distorção com precisão. Assim nesta técnica vários podem ser empregues:

- Uso de polinómios.
- Efectuando uma reamostragem.
- Utilizando a interpolação(do tipo bilinear, convulução cúbica, entre outras).

XVIII - 3.2- Correcção atmosférica

Continua a haver necessidade de efectuar uma correcção atmosférica. A atmosfera mesmo nas janelas determinadas tem alguma absorção, diversas reflexões, difusão, etc. De maneira que é preciso usar um factor que corrija os valores obtidos na medição inicial.

Usa-se mais frequentemente as seguintes formas:

-A correcção empírica. Esta é muito utilizada em função da experiência do observador e de dados correlacionáveis para permitir o ajuste.

-As curvas de calibração. Estas são por vezes obtidas por uma mistura de princípios empíricos e com um suporte relativamente elevado de calibração.

-O método do Split-Window, é mais preciso que os anteriores, mas só pode ser aplicado em satélites que possuam a banda de infravermelho seja dividida em dois.

A teoria que acompanha este método consiste no facto de que em comprimentos de onda muito próximos existe uma diferença na influência da atmosfera, embora se mantenha a possibilidade de medir por exemplo a temperatura de superfície sem que esteja afectada a sua precisão.

Este método foi idealizado especialmente para as correcções atmosféricas. Infelizmente não está disponível para o satélite METEOSAT. Espera-se que com o novo sistema do METEOSAT de segunda geração já permita aplicar este método.

A possibilidade de aplicação existe nos satélites NOAA, em que a banda de infravermelho de 10 a 12.5 μm esta disponível em duas: 10-11.5 μm e 11.5-12.5μm. De notar que só os últimos satélites NOAA estão equipados com estas duas bandas.

-Utilizando detectores activos. Estes detectores têm um funcionamento muito simples. Emitem uma radiação sendo conhecida a fase, amplitude, direcção, etc. Após a sua reflexão efectuam a medição destas grandezas. A partir delas é possível verificar de que maneira a atmosfera está a influenciar a radiação vinda da superfície.

XVIII - 4 - Processamento de Imagens

As imagens após serem recebidas sofrem, como vimos anteriormente, um processamento de preparação para outras operações, com vista a efectuar uma aplicação bem sucedida.

Vamos agora referir técnicas básicas de tratamento de imagem que são clássicas e muitas vezes acompanham a estação de recepção, com técnicas de:

- Enhancement.
- Bit slice.
- Density slice.
- Animação.
- Zoom.

XVIII - 4.1 - Técnicas básicas

Uma imagem é definida como sendo o "record" numérico da radiância de um grande número de áreas rectangulares do solo (se as nuvens não impedirem a detecção da radiância do solo), sendo estas chamadas de pixeis. Estas imagens podem ser obtidas, quer de diferentes satélites, quer em diferentes espectros, chamadas, bandas espectrais.

Os valores de radiância são representados (ou quantizados) em termos de uma escala, que pode ser de seis, sete, oito ou dez bits, dependendo do tipo de "Scanner" utilizado. No caso da estação de recepção , a radiância vem em oito bits ou seja consegue 256 níveis de radiância. Os instrumentos AVHRR que são usados nos satélites TIROS; NOAA, usam uma escala de dez bits, enquanto o Landsat MSS usa seis bits, embora do ponto de vista do utilizador tenha aparentemente uma gama dinâmica de sete a oito bits.

Os sensores possuem a capacidade de detectar níveis de radiância desde gamas muito baixas (ex: oceanos), até muito altas (ex: gelo, neve), mas como é improvável a utilização de

toda a gama dinâmica, usam-se então, os limites da gama para referenciar a linha de costa, o cruzamento dos paralelos e meridianos geográficos. Quando os pixeis em volta destes pontos de referência estão muito perto do mesmo nível de radiância, muda-se os pontos de referência, para o limite oposto para assim aumentar o contraste. A este método chama-se "Enhancement" de contraste.

Este método é pois adequado para adicionar símbolos, códigos ou mensagens às imagens.

Existem outras formas de "enhancement", para salientar sectores da imagem, como nuvens, zonas de igual temperatura, etc., como é o caso Pseudocolor "enhancement". Este consiste em atribuir uma cor desejada, a uma radiância escolhida. Se não quisermos só um valor de radiância mas uma gama de valores, utiliza-se o chamado "density slice"(ou seja, a atribuição de cores a cada gama de níveis de radiância). Este método é importante para efectuar a classificação de uma imagem.

A animação também é frequente existir nas estações de recepção, pois permitem visualizar melhor a tendência dos movimentos da atmosfera.

O zoom é a função que amplia certas zonas da imagem numa margem variável, de forma a visualizar qualquer pormenor de imagem.

As várias possibilidades que normalmente o software de processamento de imagem possui, permitem diversas aplicações:

- Métodos de detecção de descontinuidades na imagem.
- Auxilia certos métodos de redução de ruído e filtros diversos.
- Clarifica contornos, formações, pontos de referência.
- Permite a classificação da imagem.

De notar que estes métodos devem ser utilizados de uma forma criteriosa e não automática.

XVIII - 4.2 - Transformações multiespectrais

Anteriormente referimos operações como o "enhancement", que é aplicado a uma imagem com uma única banda ou separadamente, para cada banda individual de um conjunto ("set") de imagens multiespectrais.

Vamos agora abordar operações em conjuntos de imagens multiespectrais, que poderão consistir em:

- Uma única imagem multiespectral de uma área em particular.
- Um número de imagens da mesma área, obtidas a diferentes momentos temporais (conjunto de imagens multiespectrais).

O termo Transformação é usado para operações aritméticas (adição, multiplicação, etc.). Estas operações permitem a geração de uma nova imagem composta, de duas ou mais bandas de imagens multiespectrais ou multitemporais.

A imagem resultante poderá ter propriedades que serão utilizadas conforme os objectivos em causa, ou por vezes, para descobrir fenómenos que estavam "escondidos" devido a estarmos a utilizar uma banda espectral muito pequena. Outro objectivo, consiste em diminuir o espaço em disco, ou registo magnético, o que resulta de utilizarmos as respectivas imagens compostas.

Finalmente vai-se apresentar um sumário da técnica de análise das principais componentes , dos meios de geração, de um conjunto de m imagens, com propriedades particulares (correlação zero entre m bandas e máxima variância) de um conjunto de m imagens correlacionadas.

XVIII - 4.2.1 - Operações aritméticas

As operações aritméticas são efectuadas sobre duas ou mais imagens, sobre a mesma área geográfica. As imagens podem ser de bandas espectrais diferentes, ou de uma única banda, ou ainda de bandas de diversos momentos temporais.

A adição de imagens é uma forma de fazer a média (o averaging), e é efectuado quando temos imagens múltiplas, da mesma área, com o objectivo de reduzir a componente de ruído.

A subtracção de pares de imagens é usada para revelar diferenças entre essas imagens e é frequentemente usado para observar as diferenças entre imagens, em diferentes momentos temporais.

A multiplicação de imagens é bastante diferente das outras operações aritméticas. Normalmente envolve uma imagem real e uma imagem binária (só com "1"s e "0"s). A imagem binária é usada como máscara, para os níveis da imagem real que são multiplicados por 1, (ficam na mesma), e para os pixeis que são multiplicados por zero, (tornam-se zero também).

A divisão de imagens é provavelmente, a operação mais usada das operações aritméticas em imagens dos mais diversos campos de aplicação, que utilizam detecção remota. A operação de divisão é usada, para detectar a natureza de diferenças entre diversas bandas espectrais. Estas diferenças podem ser importantes, quando efectuadas sobre zonas de solo e relevo diverso.

XVIII - 4.2.1.1 - Adição de imagens

Se imagens múltiplas de uma dada região, estão disponíveis para a mesma data e momento temporal então a adição (averaging) de imagens múltiplas, podem ser usadas como uma forma de redução de ruído.

Uma imagem pode ser expressa nos termos do seguinte modelo:

$$G(x,y)= F(x,y)+N(x,y)$$

Onde G(x,y) é a imagem gravada, F(x,y) é a imagem verdadeira e N(x,y) a componente de ruído aleatório.

Do termo N(x,y) pode-se esperar que a distribuição normal tenha uma média igual a zero, uma vez que a soma de um número de erros aleatórios, ou factores de pequeno significado.

O sinal verdadeiro F(x,y) será constante de imagem para imagem. No entanto a adição de duas imagens separadas da mesma área, e obtidas no mesmo momento temporal, leva à expectativa de obter um cancelamento do termo N(x,y) para qualquer pixel de posição (x,y). O valor N(x,y) é tanto positivo, como negativo.

Como já foi referido, a adição é um processo de fazer a média.

Se considerarmos duas imagens $G_1(x,y)$ e $G_2(x,y)$ e as adicionarmos e se ambas têm uma gama dinâmica de radiâncias de 0-255 então a imagem resultante $G_{sum}(x,y)$ terá uma gama dinâmica de 0-510, o que não será praticável no sistema de display de imagens, então é prática comum dividir a soma por 2, uma vez que só usamos duas imagens, senão é o número das imagens que forem utilizadas. Desta forma a imagem resultante terá novamente uma gama dinâmica de 0-255; então o processo reduz-se a:

$$G_{sum}(x,y)G_{sum}(x,y) = \frac{G_1(x,y) + G_2(x,y)}{2}$$

O resultado da divisão é normalmente arredondado para o inteiro mais próximo.

Existe a possibilidade de fazer um "Strech", neste caso linear ou seja, fazer uma contracção da escala radiâncias de forma a salientar uma determinada gama da escala..

Uma forma de o fazer consiste em:

$$G_{sum}(x,y) = \frac{(G_1(x,y) + G_2(x,y) + S)}{d}$$

XVIII - 4.2.1.2 - Subtracção de imagens

O objectivo da subtracção de imagens, da mesma área e de diferentes momentos temporais , é definir o grau de mudança que existiu no mesmo local entre as datas ou tempo de gravação.

Verifica-se que para, valores que não sofreram grande mudança obtemos um valor de 127.

Os valores mais brilhantes no tempo mais recente do que no tempo passado, vão aparecer com valores entre 128 e 255. No inverso temos os valores resultantes entre 0 e 126. Assim temos a possibilidade de quantificar a direcção e grau de mudança.

A diferença máxima que pode existir, supondo uma gama dinâmica de 0-255 é no caso em que 0-255=-255 e a máxima diferença positiva é 255.

Verifica-se a necessidade de somar 255 e depois como em seguida a gama passa para 0-510, temos que dividir por 2. é possível também adicionar offsets e factores multiplicadores. Com base no que atrás foi descrito tem-se:

$$G_{dif}(x,y) = \frac{255 + G_1(x,y) - G_2(x,y))}{2}$$

Se o interesse é centrado mais na magnitude do que na direcção de mudança, é possível utilizar o seguinte método:

$$G_{absdif} = |G_1(x,y) - G_2(x,y)|$$

A imagem diferença tende para um histograma que tem uma forma normal, com o pico em 127 (se usamos a escala normal) , diminuindo rapidamente em ambas as direcções. O pico em 127, representa os pixeis que não mudaram muito, enquanto os outros pixeis, mudaram substancialmente.

A imagem $G_{absdif}(x,y)$ tem um histograma cujo pico é zero ou muito próximo de zero e tem uma longa "cauda" , até aos valores mais altos.

É também possível "desenhar" um método de decidir à base de gamas de mudança entre pixeis que tenham mudado ou não, transformando o histograma.

XVIII - 4.2.1.3 - Multiplicação de imagens

Na prática é pouco utilizado o método de multiplicação pixel a pixel de duas imagens reais.

A operação de multiplicação é no entanto muito útil quando uma imagem com interesse é composta de duas ou mais distintas regiões e se o analista está interessado unicamente numa só dessas regiões.

A variabilidade da radiância sobre áreas de terra encobrem variações mais subtis, do que da radiância proveniente de áreas como por dos oceanos.

Esta forma de encobrimento, para duas imagens pode ser eliminada pelo processo de ("masking")mascaramento. Este consiste em primeiro por efectuar uma separação da terra e da água e escolher um nível de forma a salientar cada parte mais ou menos consoante a necessidade. As regiões que não interessam podem ser multiplicadas por uma imagem binária , multiplicando por zero as partes que não interessam.

Ao multiplicar pelo valor "1" é o mesmo que não fazer nada enquanto como vimos, ao multiplicar por "0" significa anular o valor que tinha na imagem real.

Podemos efectuar este tipo de transformações de realce por vários métodos, nomeadamente:

-pelo chamado "strech" linear de contraste.

-através de um filtro mediador de matriz 5x5, que será explicado mais adiante.

-usando o density-slicing, que como já vimos não é mais do que escolher as gamas de valores que queremos utilizar na imagem e visualizando atribuindo cores.

-através do uso de máscaras, por exemplo, multiplicando por matrizes binárias como vimos anteriormente.

XVIII - 4.2.1.4 - Divisão de imagens

O processo de dividir os pixeis de uma imagem pelos pixeis correspondentes na segunda imagem é conhecido pelo nome de "rating".é uma das aplicações mais comuns que são aplicadas em detecção remota. Uma das razões, consiste na capacidade de salientar certos aspectos da refletância espectral, dos diferentes tipos de cobertura que existem à superfície, quer como dos vários tipos de nuvens, que podem ser descobertos ou mais salientados através do rating.

O segundo aspecto muito importante, consiste na existência de efeitos indesejáveis respeitantes à iluminação variável (e consequentemente nas radiâncias) que existem em diferentes imagens gravadas.

As duas propriedades dos raçios que se podem efectuar consistem em diminuir "o efeito topográfico" e a correcção entre os valores.

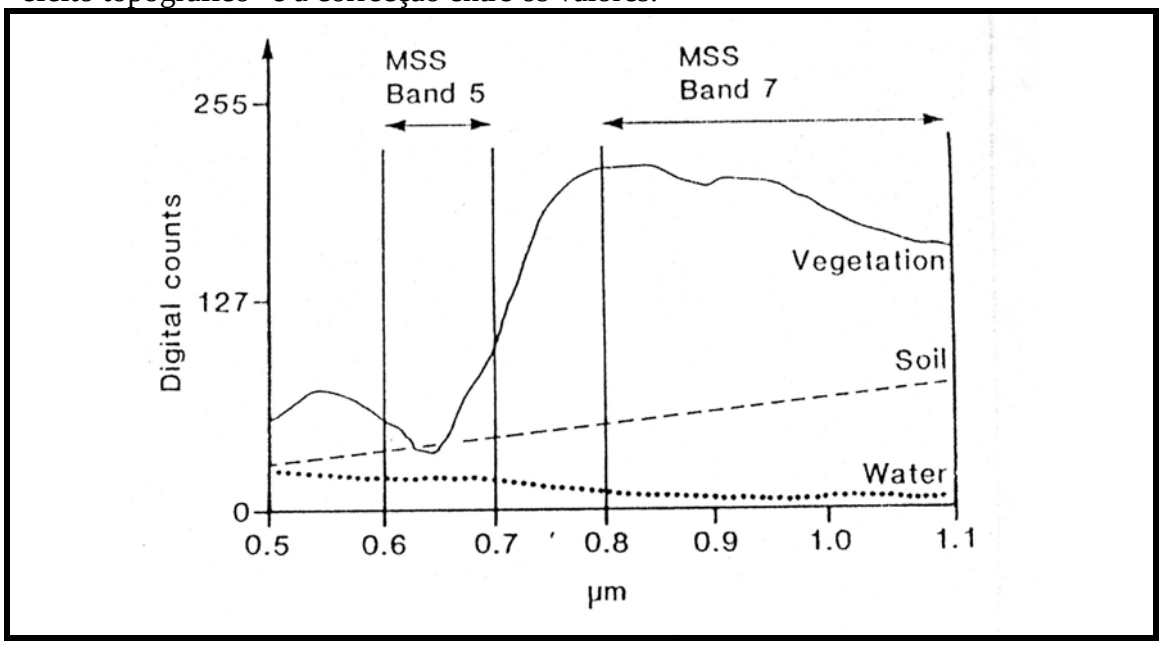


Figura XVIII - 23 - A forma de salientar um determinado aspecto

No exemplo que se segue mostra-se dados de uma região semi-árida do nevada.

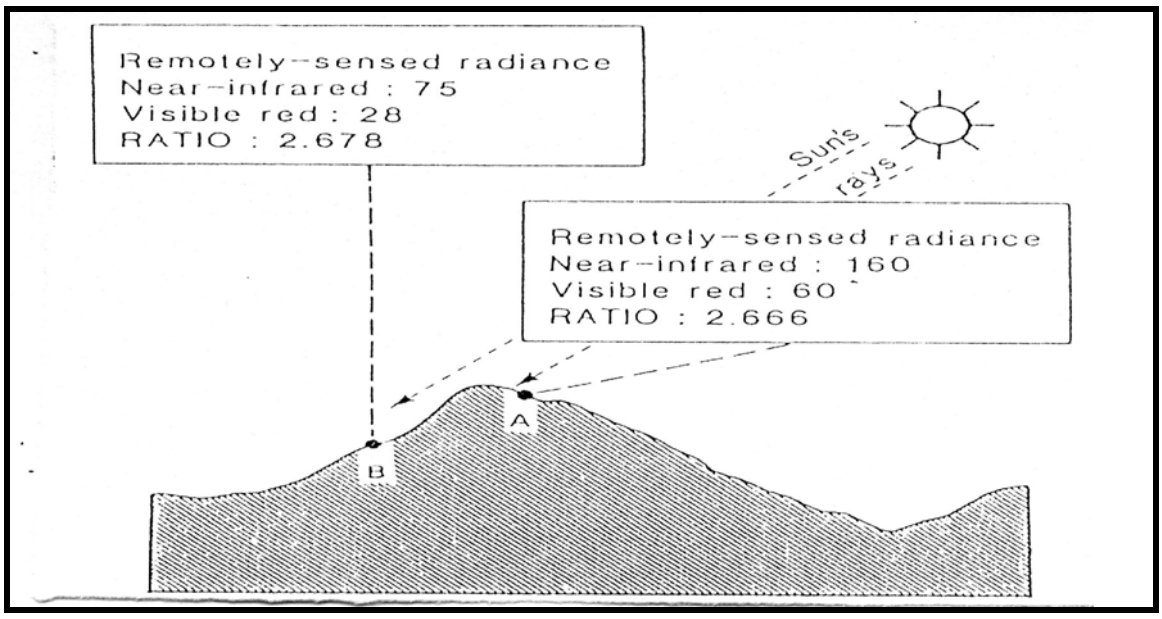


Figura XVIII - 24 - A relação dos raçios para distinguir os pontos

Por aqui é possível ver que apesar da existência de diferentes valores de radiância, estamos a observar a mesma região.

Existem mais índices que podem ser utilizados para caracterizar, outros aspectos de interesse para o observador.

XVIII - 4.2.2 - Análise das principais componentes

Numa imagem multiespectral as bandas adjacentes estão geralmente correlacionadas. Por exemplo, as bandas visível e infravermelho próximas de áreas de vegetação, mostram correlações negativas entre o infravermelho e o visível devido às características espectrais da vegetação; o vigor da vegetação, ou seja, quando a verdura da vegetação aumenta, a reflectância no vermelho diminuí e a reflectância no infravermelho aumenta. A presença de correlações entre as bandas espectrais entre as diversas bandas, implica que existe informação redundante, ou seja, alguma informação é repetida e é precisamente a consistência repetitiva que reflecte a correlação.

Se duas variáveis x e y são perfeitamente correlacionadas, então medições simultâneas em x e y realizarão uma linha recta num gráfico de y em função de x

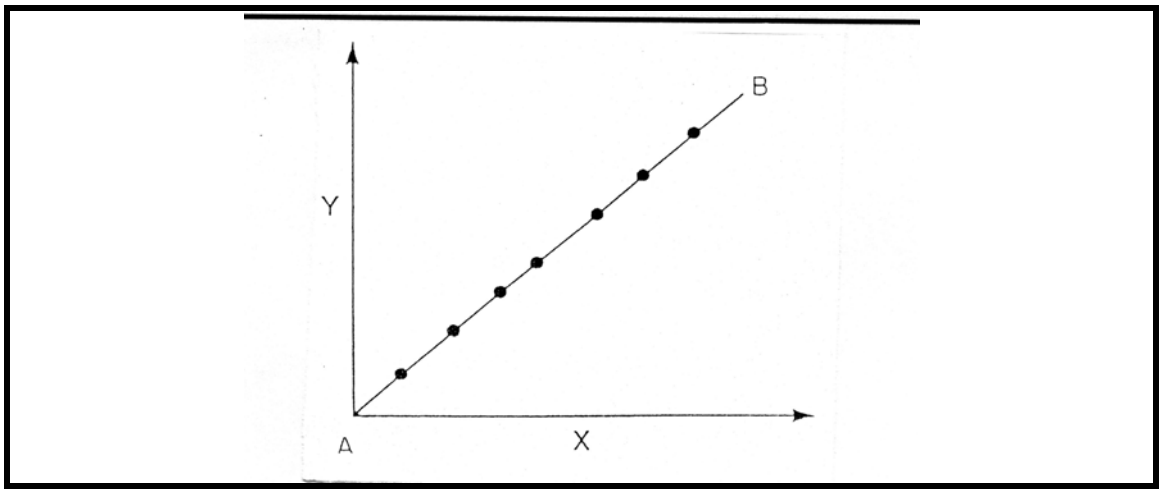


Figura XVIII - 25 - Correlação perfeita entre duas variáveis

A mesma informação pode ser coberta através de uma linha AB com um único eixo. Mesmo quando x e y não são perfeitamente correlacionáveis terá no entanto uma direcção dominante de variabilidade como é mostrado na figura seguinte.

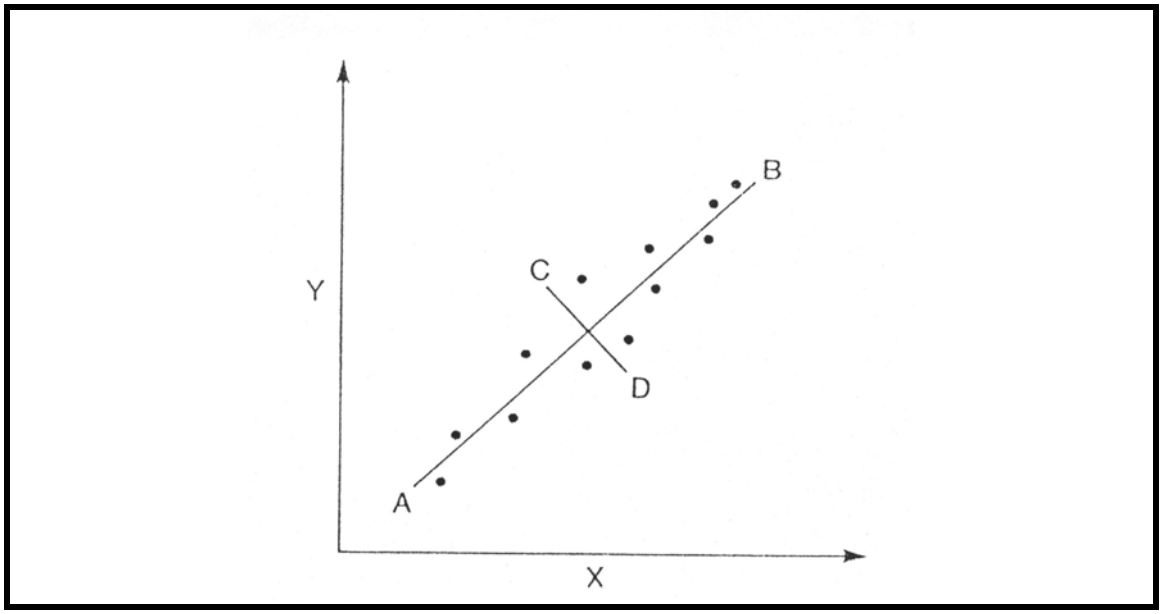


Figura XVIII - 26 - Correlação elevada entre as variáveis

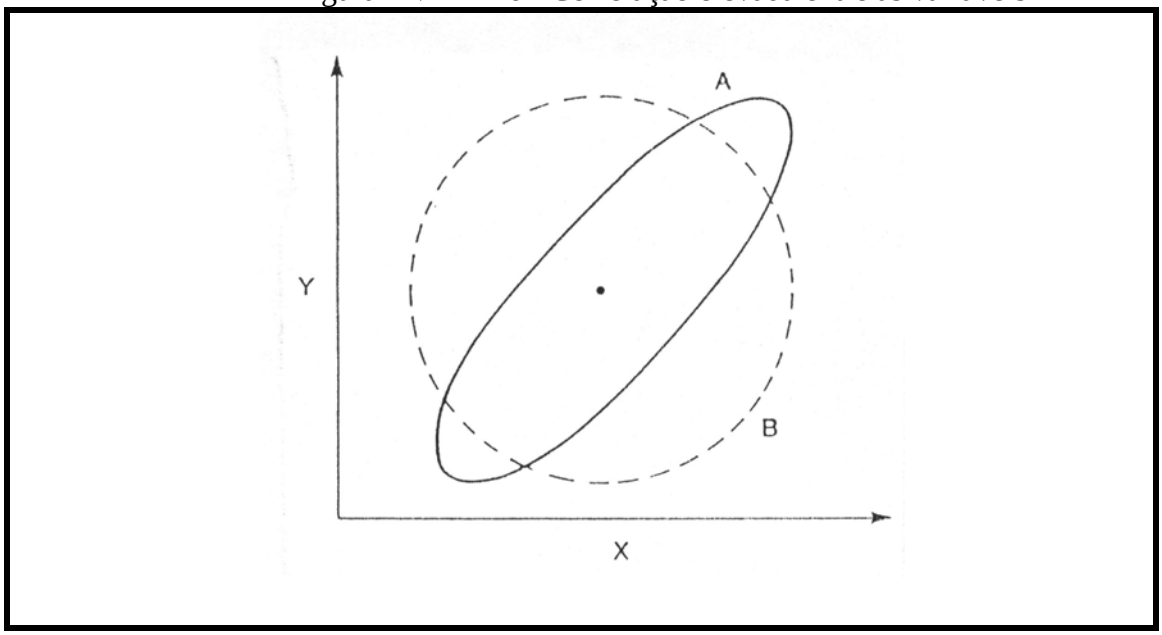


Figura XVIII - 27 - Diferentes covariâncias para iguais variâncias

Se a direcção de CD que é traçada a 90 graus da recta AB, for onde existe maior variabilidade; e se tiver uma pequena proporção de dados variáveis, então podemos ignorar sem muita perda de informação e precisão.

Este exemplo mostra que devemos fazer a distinção entre o número de variáveis (bandas espectrais) no conjunto de dados e a dimensão do conjunto de dados. Neste caso a dimencionalidade é vista através do número de variáveis, ou seja duas. A utilização de um único eixo AB em vez das variáveis x e y tem dois objectivos:

- A redução no tamanho do conjunto de dados, uma vez que uma única coordenada de AB substituí os eixos separados x e y.

- A informação coberta pelo eixo AB é maior do que pelas medições de x e y separadamente.

Assim temos que a diminuição de dados multiespectrais tem uma dimensão menor do que o número de bandas espectrais.

Normalmente temos necessidade de fazer várias definições:

- A dimencionalidade do conjunto de dados

- Identificar os principais eixos de variabilidade entre os dados.

A direcção do eixo AB (ver figura) foi definida pela correlação entre as variáveis x e y. Esta correlação elevada e positiva resulta dos pontos estarem restritos a uma zona elíptica no espaço bi-dimensional, definido pelos eixos x e y. O eixo AB é o eixo principal da elipse enquanto CD é o eixo menor da elipse. Num contexto multivariante a forma da elipse que encerra os pontos correspondentes aos dados adquiridos é definida pela matriz de variância e covariância a partir de n-variáveis ou bandas espectrais.

A variância de cada banda espectral é proporcional aos pontos que se situam na direcção paralela ao eixo que representa essa variável. Pela figura anterior podemos ver que a variância das variáveis x e y é aproximadamente igual. A covariância define a forma da elipse que encerra os pontos. A figura mostra duas distribuições com a mesma variância. A distribuição representada pela linha contínua tem uma elevada covariância positiva, enquanto que a representada pela linha descontínua tem uma covariância igual a zero. A média de cada variável dá o centro de elipse (ou elipsóide se a dimensão for superior a 2). Então temos que, o vector médio e a matriz variância--covariância definem a localização e forma do conjunto de pontos num espaço de n-dimensões.

A relação entre a matriz de correlação e a de variância-covariância, leva por vezes a alguma confusão.

Se as variáveis que constituem um conjunto de dados, são medidos em diferentes e incompatíveis escalas(como por exemplo metros sobre o nível do mar e pressão barométrica em milibares ou peso em kilogramos) então as variâncias dessas variáveis não são comparáveis.

Como vimos as escalas têm de ser comparáveis para a variância fazer sentido, e usar os coeficientes de correlação em vez da covariância, para medir o grau estatístico de associação entre as bandas espectrais.

A correlação é simplesmente a covariância medida para variáveis padrão.

Para as variáveis serem padrões normais é necessário que o valor médio seja substituído a todas as medições e o resultado ser dividido pelo desvio padrão.

Em termos gerais (Mather 1976) a matriz **S** de variância-covariância ou a matriz de correlação **R** é calculada.

XVIII - 4.2.3 - A transformada de Fourier

Enquanto os métodos anteriores operavam com bandas multiespectrais, a transformada de fourier é aplicada numa imagem de banda única. O objectivo é "dividir" a imagem em componentes de ondas sinosoidais com diferentes amplitudes e direcções. As coordenadas das duas dimensões espaciais, são expressas em termos de frequências (ciclos por intervalo básico).Este é chamado o domínio da frequência, onde o sistema linha coluna é normalmente expresso em termos de domínio espacial.

A função da transformada de fourier consiste em converter uma imagem de banda única da sua representação de domínio espacial para a equivalente representação de domínio de frequência e vice-versa.

A ideia da transformada de fourier consiste nos valores da escala de cinzentos que formam a imagem, podem ser vistos como uma superfície tridimensional, com os valores de linha e coluna definem os dois eixos e o valor de pixel da imagem, corresponde à terceira dimensão (Z). As séries de forma de onda de frequência crescente são enquadradas, no nível de cinzentos e a informação associada para cada forma de onda é calculada.

A transformada de fourier proporciona informação detalhada da frequência de cada componente da imagem e a proporção da informação associada com cada componente de frequência.

A frequência é definida em termos de ciclos por intervalo básico.

A frequência pode ser expressa em metros, dividindo a magnitude do intervalo básico (em metros) por ciclos do intervalo básico. Então se o intervalo básico consiste em 512 pixeis cada 4.5 Km (na banda de infravermelho do satélite meteosat), então o comprimento de onda da quinta harmónica é (512x4500)/5, ou seja, 460800 metros. A primeira componente da escala é convencionalmente etiquetada por zero, é simplesmente o valor médio da escala de

cinzentos que formam a imagem. As restantes componentes de escala, têm frequências crescentes (comprimento de onda decrecentes), começando por 1 ciclo por intervalo básico, e depois 2, até n/2, onde n é o número de pixeis do intervalo básico.

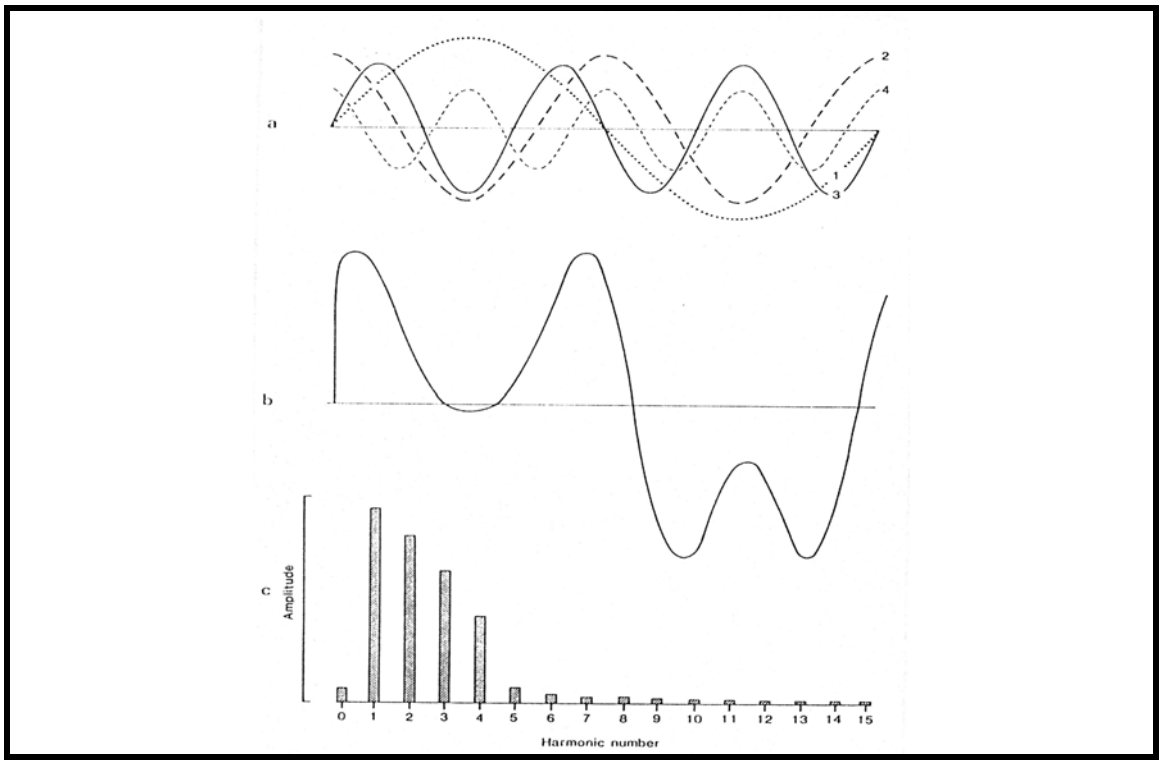


Figura XVIII - 28 - Séries de Fourier

Esta ideia pode ser compreendida mais facilmente através de um exemplo a uma dimensão. Consideremos a figura abaixo indicada. A forma complexa desta onda pode representar a secção de uma imagem, ou seja, uma linha dessa imagem representada numa sequência de ondas, expressas em senos e cosenos, em torno de um valor médio representado pela linha horizontal.

A primeira dessas componentes é o valor médio dessa série e é representada por uma linha horizontal. O primeiro número harmónico tem a frequência de um ciclo sobre o

intervalo básico. O segundo harmónico tem a frequência de dois ciclos por intervalo básico; o terceiro, tem três e assim continuamente. Estas frequências são os harmónicos do intervalo básico. A figura (c) o quadrado da amplitude em função da frequência (em ciclos por intervalo básico).

O valor que se designa por frequência nula é o valor médio. Este gráfico mostra o aspecto em amplitude, e permite verificar a importância de cada componente relativamente às restantes.

Se este exemplo pode ser estendido a uma função definida sobre um espaço a duas dimensões, então as únicas diferenças são as componentes de escala que são ondas bidimensionais e cada componente têm uma orientação assim como uma amplitude. Podemos fazer um gráfico do quadrado da amplitude em função de frequência de direcção horizontal e vertical, que proporciona um espectro de amplitude a duas dimensões.

XVIII - 4.3 - Técnicas de filtragem

As técnicas de enhancement discutidas anteriormente, envolvem uma alteração da forma de apresentar a informação.

A informação não é alterada é unicamente salientada parte da informação.

Nos métodos de filtragem, existe a selecção de informação que depois é eliminada ou parcialmente alterada em diferentes escalas espaciais contidas na imagem. Por vezes é necessário salientar os limites de certas áreas, fronteiras e outras linhas e por esta razão recorremos a técnicas que manipulam selectivamente a informação contida na imagem.

Temos também necessidade de retirar à imagem o ruído normalmente aleatório, que consiste num fenómeno de alta-frequência.

Assim a técnica de retirar as diversas componentes que não interessam, chama-se filtragem.

Existem vários tipos de filtros. Os filtros chamados passa-baixo e passa-alto, querem dizer que a sua função é respectivamente, retirar informação de baixa frequência e alta frequência.

Os filtros passa-baixo também chamados de smoothing, tem vários modelos, dos quais indica-se dois:

- O filtro de média-móvel (neste caso com cinco pontos)

em que $$x'_j = \frac{(x_{j-2} + x_{j-1} + x_j + x_{j+1} + x_{j+2})}{5}$$

Quando o método é bi-dimencional, o filtro é definido a partir de uma matriz, normalmente de 3x3, e eventualmente 5x5.

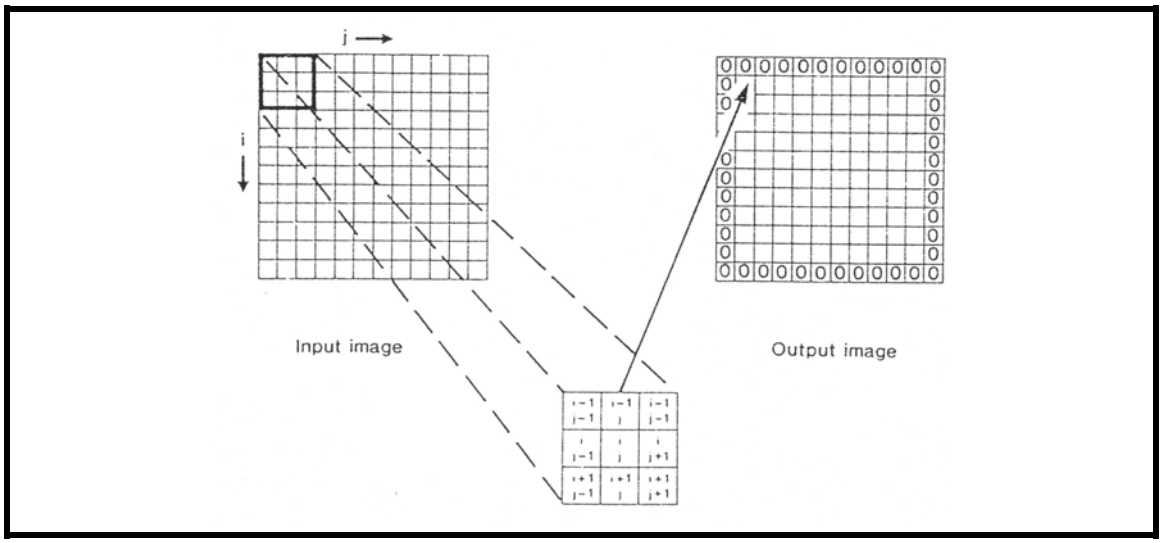


Figura XVIII - 29 - Filtro 3x3

Resulta pois da observação da figura que temos uma atenuação dos valores da imagem.

- O filtro de média é um alternativo ao referido anteriormente. Este tem a vantagem de como faz a média de todos os valores não reduz informação e por outro lado não é tão influenciado por erros no limite da janela da imagem considerada.

Os filtros passa-alto também chamados de sharping contribuem para separar as altas frequências e melhorar a qualidade da imagem.

Um dos métodos utilizados é o método de subtracção de imagem; e como uma imagem pode ser considerada como sendo a soma das baixas e altas frequências; e como já vimos a baixa frequência pode ser isolada pelo filtro passa-baixo. Essa imagem de baixa frequência pode ser subtraída à imagem original e temos então como resultado a componente de alta-frequência.

O resultado pode ser adicionado novamente ao original, ou seja, estamos a duplicar a componente de alta-frequência.

Existem outros métodos que se baseiam nas primeiras e segundas diferenças. Na seguinte figura mostra um exemplo simulado para poucos valores.

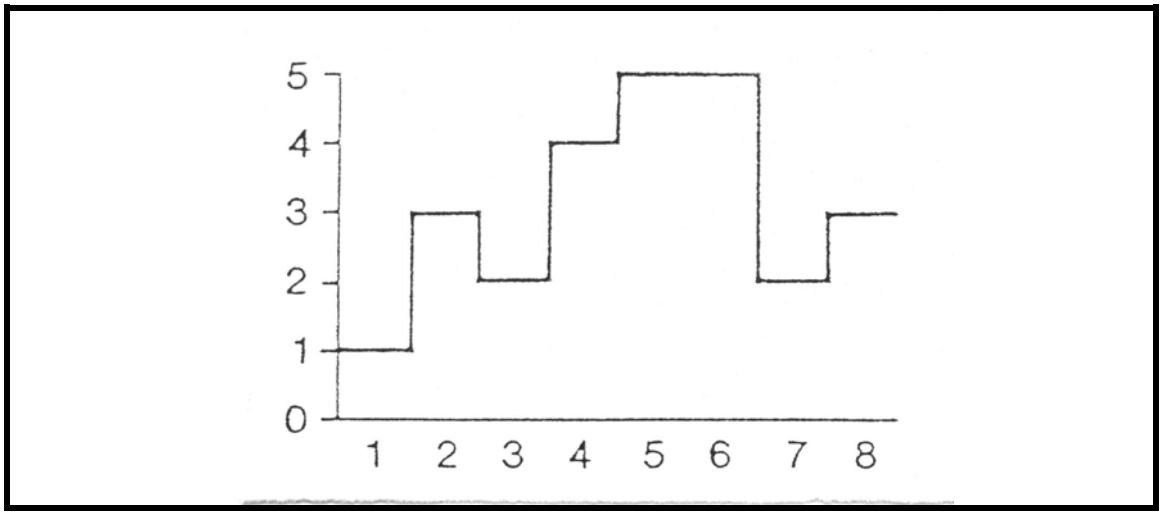


Figura XVIII - 30 a) - Dados originais

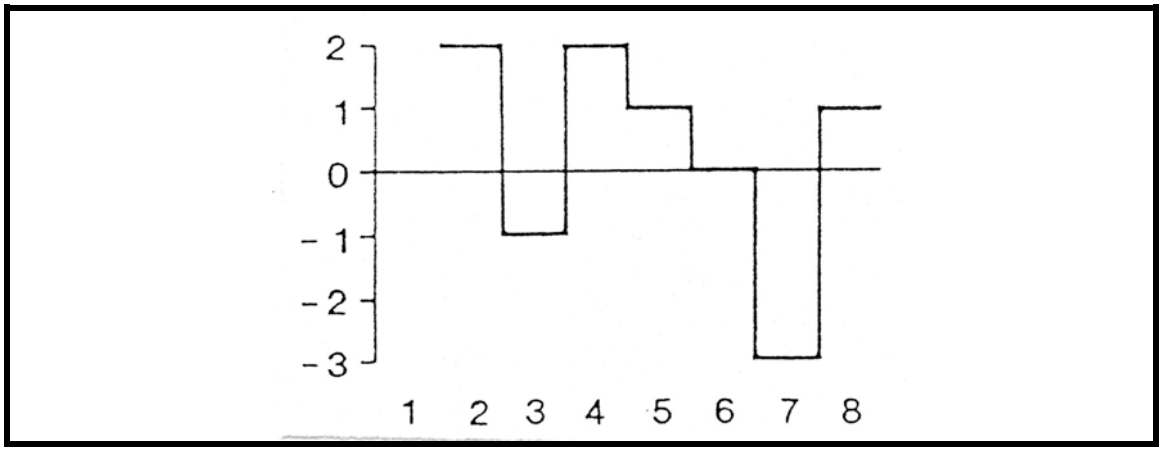


Figura XVIII - 30 b) - Primeiras diferenças

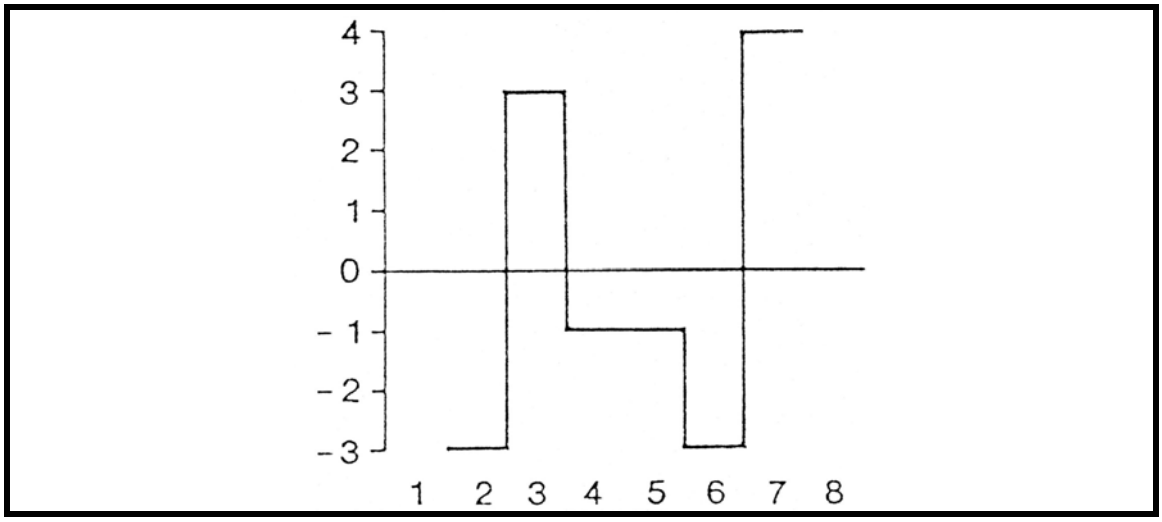
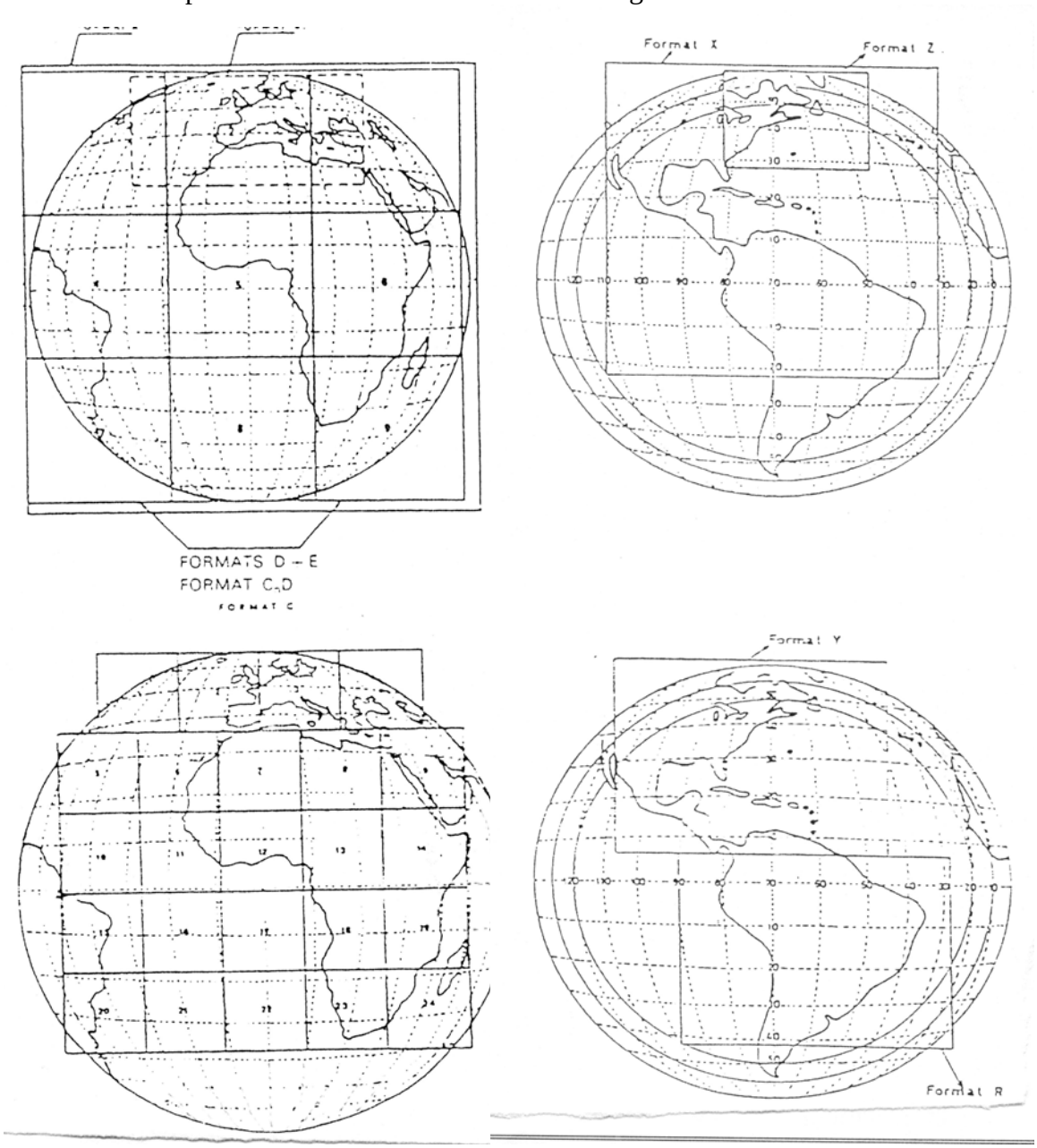


Figura XVIII - 30 c) - Segundas diferenças

XVIII - 5 - Algumas aplicações

Os formatos disponíveis no sistema WEFAX são os seguintes



Apresenta-se algumas aplicações dos satélite METEOSAT

Adição e subtracção de imágens

Os formatos D são das banda de infravermelho. Os formatos Cn na banda do visível e o formato E na banda do vapor de água . Seguem-se duas imagens dos formatos D2 e C2

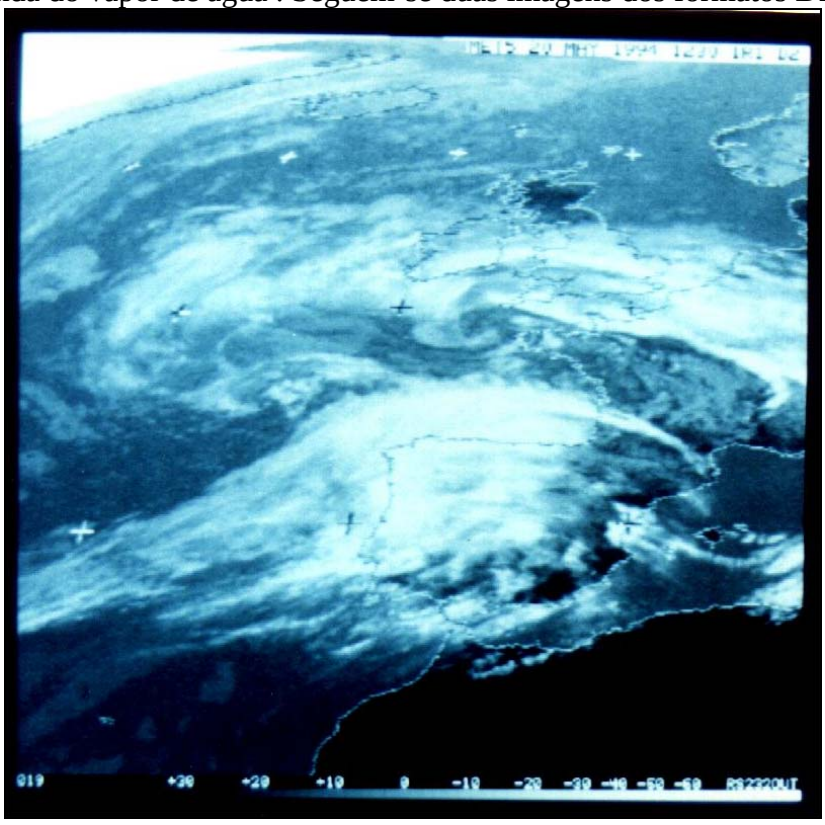


Imagem de infravermelho, formato D2 do dia 20 de Maio de 1994, às 12H30M

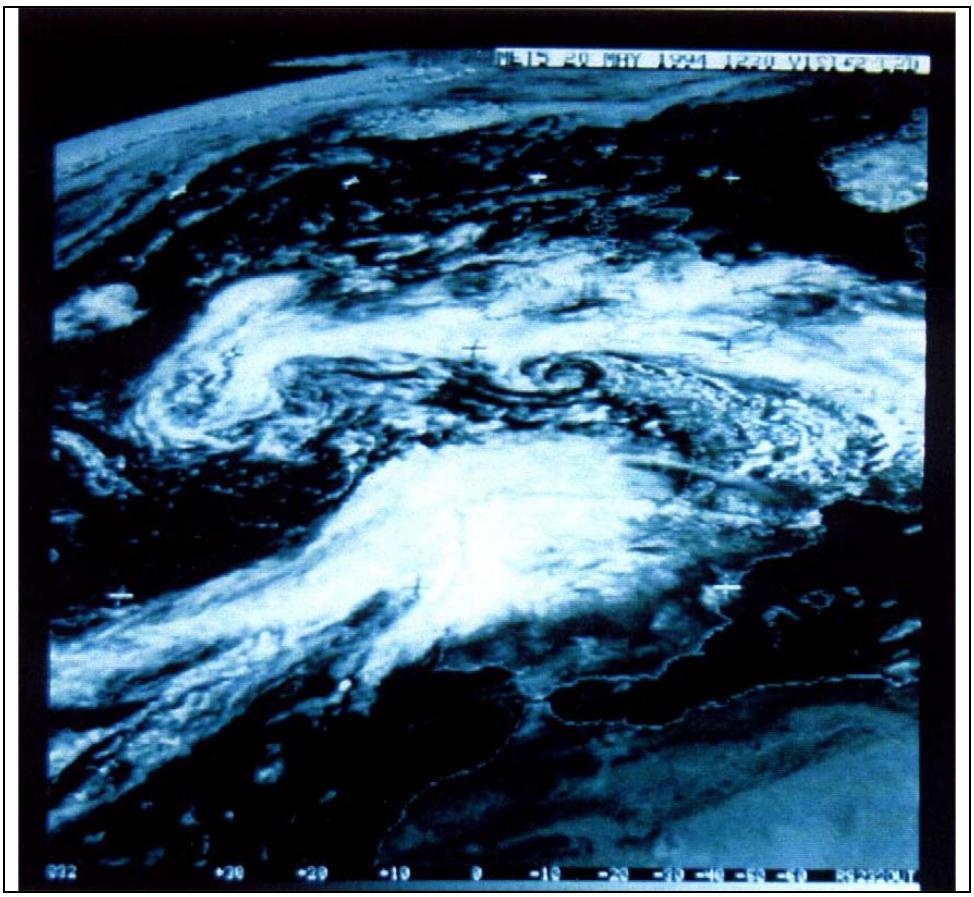


Imagem do visível, formato D2 do dia 20 de Maio de 1994., As 12H30M

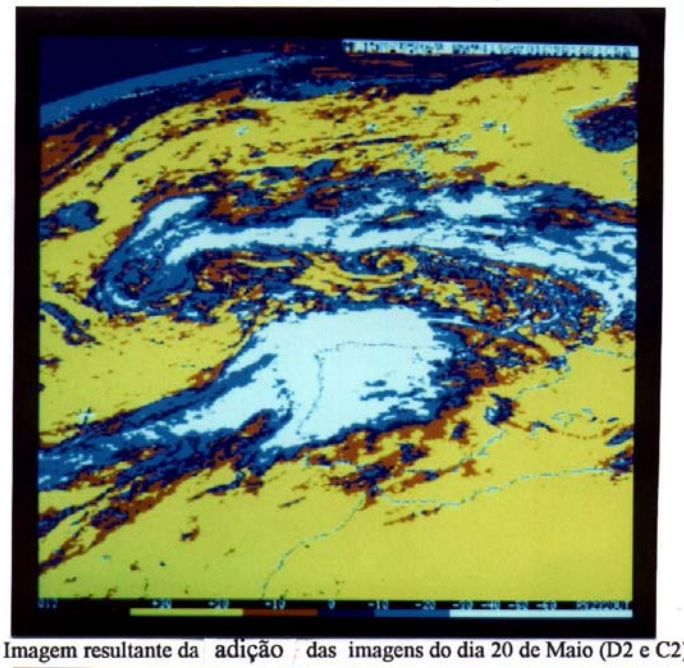


Imagem resultante da adição das imagens do dia 20 de Maio (D2 e C2)

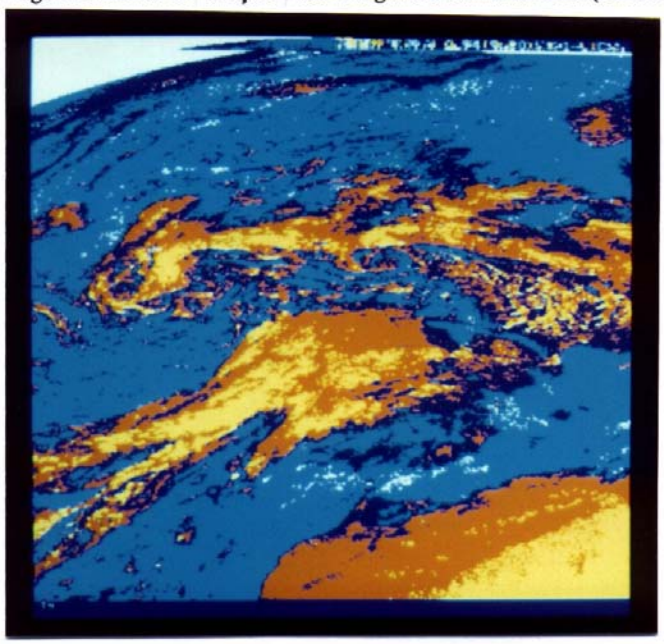
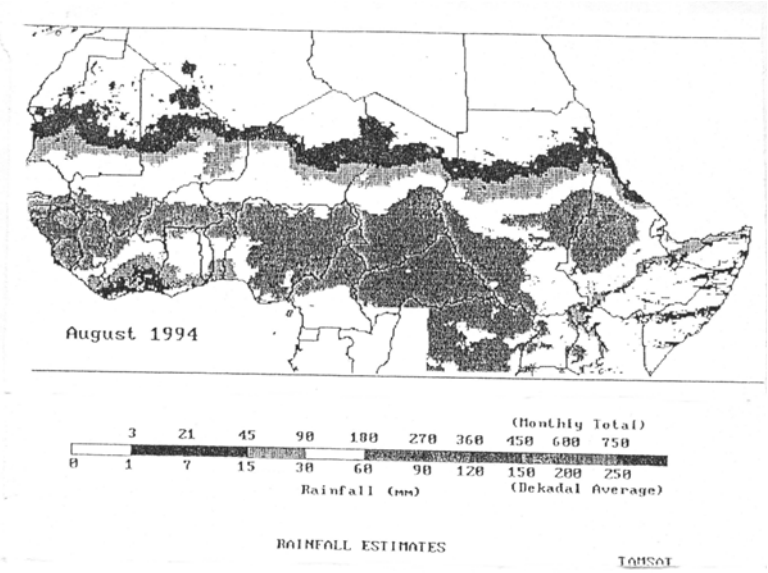
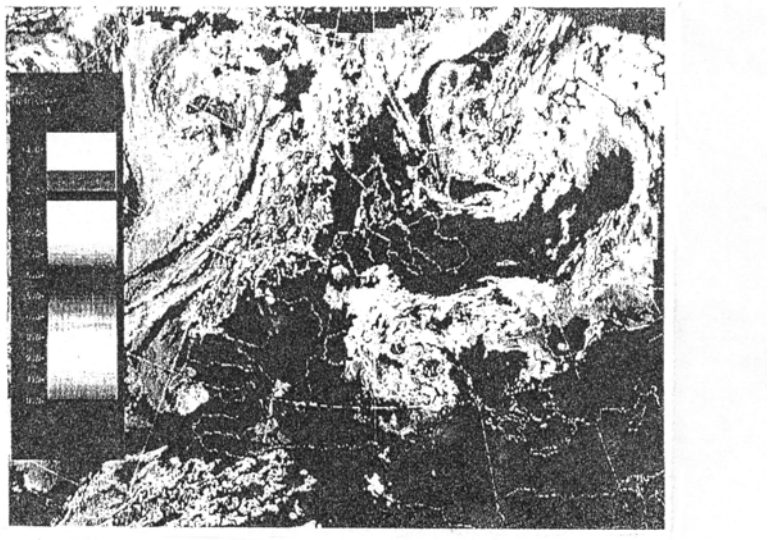


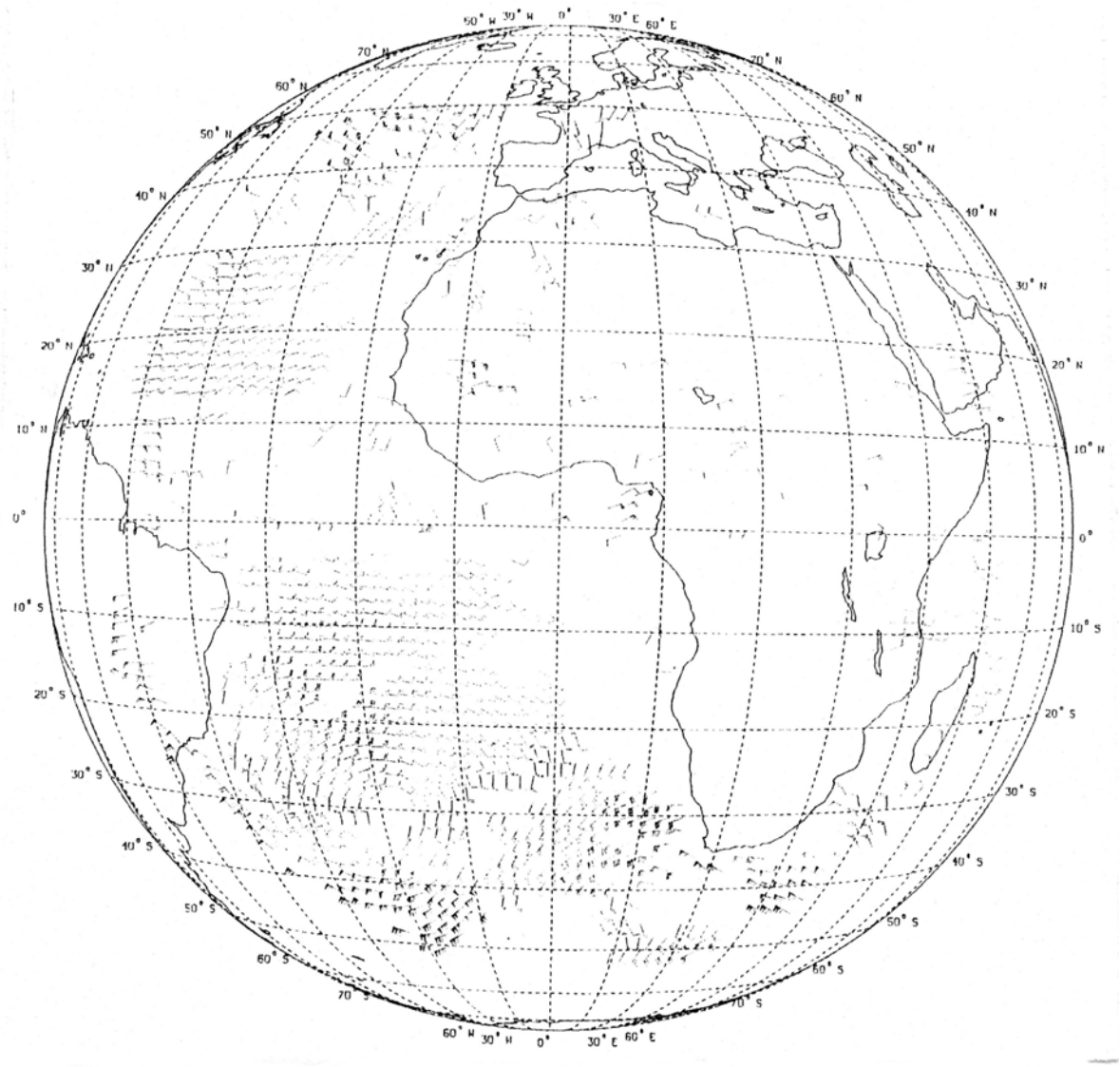
Imagem resultante da subtracção das imagens do dia 20 de Maio (D2 e C2)



Estimativas de precipitação sobre Africa



Classificação de Nuvens



Extracção de ventos a partir do movimento das nuvens

- Relação das observações de temperatura obtidas a partir do satélite e as obtidas através da rede de observação mundial.

- Relação entre as medições aerológicas e as medições do satélite.

- Estudo do vapor de água na atmosfera com as medições das diversas bandas dos satélites. Estes estudos podem ter como objectivo relacionar a humidade, precipitação, água precipitáveis na atmosfera, etc.

- Extracção de ventos a partir da banda de infravermelho e da de vapor de água.

- Distribuições de nuvens. Classificação por classes e tipo. Cálculo do albedo, quantidade e altura.

- Por último e talvez uma das mais importantes a prevenção de catástrofes naturais, como por exemplo furacões. Este facto é tão importante quanto é o número de vítimas mortais provocadas por estes. Na verdade desde que foi lançado o primeiro satélite que observa a atmosfera, mais nenhum furacão evoluiu sem que fosse referenciado o que permitiu fazer os avisos de protecção civil às populações.

XVIII - 6 - Importância e Qualidade das Observações

A qualidade das observações efectuadas através de satélites podem ser sintetizadas de forma a mostrar a relevância da sua utilização. Assim podemos observar na tabela seguinte a importância e qualidade das observações após vários anos de análise global presentemente disponível:

Tabela XVIII - 1

Variável	Importância	Análise de Qualidade
Condições Exteriores		
Radiação Solar	Essencial	A
Fluxo Ultravioleta	Elevada	B
Índice de Emissões Vulcânicas	Substancial	D
Substancias Químicas		
CO_2	Essencial	A
N_2O	Elevada	A
CH_4	Elevada	B
Clorofluormetanos	Elevada	A
O_3 Troposférico	Elevada	C-
CO	Elevada	D-
Componentes estratosféricos		
O_2	Essencial	C
H_2O	Elevada	C
NO_2	Substancial	C
HNO_3	Substancial	C
HCL	Substancial	C-
Aerossóis	Elevada	B
Resposta Atmosférica		
Temperatura do ar (superfície)	Essencial	B
Temperatura Troposférica	Essencial	B
Temperatura Estratosférica	Elevada	C
Pressão(Superfície)	Essencial	A-
Ventos Tropicais	Elevada	C-
Ventos Extratropicais	Substancial	B
Vapor de Água Troposférico	Elevada	D
Precipitação	Essencial	C-
Componentes do Balanço Radiativo	Elevada	B
Quantidade ,Tipo e Altura das Nuvens	Elevada	D
Aerossóis Troposféricos	Substancial	D

Variável	Importância	Análise de Qualidade

Propriedades da Superfície Terrestre		
Características da Superfície(Para albedo, Rugosidade, emissão infravermelha e micro ondas)	Substancial	C-
Índices de Tipos de Vegetação	Elevada	F
Índices de cobertura de Vegetação	Essencial	D
Índice de Humidade (Superfície)	Substancial	F
Humidade do Solo	Essencial	F
Ciclo de Nutrientes	Essencial	F
Variáveis Oceânicas		
Temperatura da Superfície do Mar	Essencial	C
Extensão do Gelo no Mar	Elevada	B
Tipo de Gelo	Substancial	D
Movimento do Gelo	Substancial	C-
Nível do Mar	Elevada	D
Fluxo de Incidência Solar	Substancial	D
Circulação quase à Superfície	Essencial	C-
Clorofila (Oceânica)	Essencial	C-
Fluxos Biogeoquímicos	Elevada	C
CO_2(Oceânico)	Elevada	C
Outras Propriedades Terrestres		
Radiação térmica emitida pela superfície	Substancial	F
Fluxo de Incidência Solar	Substancial	C-
Cobertura de Neve	Substancial	C
Equivalente da Neve em água	Substancial	F
Volume de escoamento dos Rios	Substancial	B
Transporte de Sedimentos dos Rios	Substancial	D-
Transporte de constituintes químicos em rios	Substancial	F

A- Bom Quantitativamente e Bem Calibrado; **B**- Bem Discriminado mas Precisão Absoluta Duvidosa; **C**- Útil e fraca Discriminação; **D**- Índice Qualitativo e Interpretação Duvidosa; **F**- Nenhuma Informação; (-)Ainda sem cobertura global (a partir de dados da Nasa)

BIBLIOGRAFIA

Battan, L.J. (1973) "Radar Observation of the Atmosphere". University of Chicago . Press, 324 pp

Douglas, R. H., K. L. S. Gunn, e J.S. Marshall (1957) "Pattern in the vertical of snow generation. J. Meteorology". 14, 95-114.

W. M. O. Nº 8 "Guide to meteorological instrument and observing practices". 4ª edição Secretaria da Organização Meteorologica mundial- Genebra. Suissa.1967

W.M.O. Nº 134 Guide des practices de Météorologie agricole Secretaria da Organização Meteorologica mundial- Genebra. Suissa.1983

W. M. O. Nº 531 "Quantitative Meteorological Data from Satellites". Secretaria da Organização Meteorologica mundial- Genebra. Suissa.1988

J.M. Jansa Guardiola, (1968) "Manual del Observador de Meteorologia". I.N.M. Espanha

Rogers, R. R. (1967). "A short Courst in Cloud Physics". Pergamon Press, Oxford. 248 pp.

Robinson, I. S.(1985) "Satellite Oceanography, An Introduction for Oceanographers and Remote Sensing Scientists", Ellis Horwood Limited.

Mather, Paul M., (1985) "Computer Processing of Remotely Sensed Images". John Wiley & Sons

Índice

I - 1 - Natureza das observações meteorológicas..... 1

I - 1.1 - Classificação das Estações Meteorológicas 2
I - 1.2 - As redes de Estações Metereológicas 3
I - 1.3 - O diferentes tipos de observações 3
I - 1.4 - Horas das Observações 6
I - 1.5 - Medições das distâncias verticais 6
I - 1.6 - As funções dos observadores 8
I - 1-7 - Observações de superfície 8
II - 1 - Localização e exposição dos instrumentos meteorológicos 11
II - 2 - Características recomendáveis dos instrumentos meteorológicos 12
II - 3 - Tipos fundamentais de instrumentos meteorológicos 13
II - 4 - Instrumentos registadores 13
II - 5 - Mecanismos de relojoaria e cilindros registadores 14
II - 6 - Gráficos para instrumentos registadores 15
II - 7 - O nónio 15
III - 1 - Escalas de temperatura 17
III - 2 - A temperatura do ar à superfície 18
III - 3 - Exposição dos termómetros 18
III - 4 - Termómetros de líquido em vidro (ou termómetros de líquido em tubo capilar 19
III - 5 - Leitura dos termómetros de líquidos em vidro 19
III - 6 - Termómetro de temperatura máxima 20
III - 7 - Leitura e preparação do termómetro de temperatura máxima 21
III - 8 - Termómetro de temperatura mínima 22
III - 9 - Leitura e preparação do termómetro de temperatura mínima 23
III - 10 - Termógrafo bimetálico 24
III - 11 - Manutenção e afinação do termógrafo bimetálico 25
III - 12 - Substituição do gráfico do termógrafo 26
III - 13 - Termógrafo de tubo de Bourdon 27
III - 14 - Termógrafo de mercúrio em envólucro metálico 27
III - 15 - Termómetro de temperatura mínima de relva 27
III - 16 - Temperatura do solo 28
III - 18 - Instalação dos termómetros de profundidade 31
III - 19 - Leitura dos termómetros de profundidade 32
IV - 1 - Unidades de pressão atmosférica 34
IV - 2 - Barómetros de mercúrio 35
IV - 3 - Condições normais 36
IV - 4 - Escalas barométricas 37
IV - 5 - Correcção das leituras da pressão às condições normais 37
IV - 6 - Exposição dos barómetros 38
IV - 7 - Leitura dos barómetros de mercúrio 38
IV - 8 - Barómetro aneróide 40
IV - 9 - Leitura dos barómetros aneróides 40
IV - 10 - Barógrafo aneróide 41
IV - 11 - Manutenção e afinação dos barógrafos aneróides 43
IV - 12 - Substituição dos gráficos. 43
IV - 13 - Variação barométrica 43
IV - 14 - Redução da pressão aos níveis padrão 44
V - 1 - Definições e unidades 46
V - 2 - Instrumentos de medida da humidade atmosférica à superfície 47
V - 3 - Ventilação dos psicrómetros e tabelas psicrométricas 48
V - 4 - Psicrómetro simples, sem ventilação artificial 48
V - 5 - Leitura do psicrómetro simples 49
V - 6 - Normas especiais para a leitura do psicrómetro simples em climas frios 50
V - 7 - Psicrómetros com ventilação artificial 50
V - 8 - Normas de observação aplicáveis aos psicrómetros de ventilação artificial 52
V - 9 - Causas de erro em psicrometria 53
V - 10 - Condições especiais para as regiões tropicais e polares 54
V - 11 - Tabelas psicrométricas 55
V - 14 - Exposição e funcionamento do higrógrafo de cabelo 57
V - 15 - Normas de observação aplicáveis ao higrógrafo de cabelo 58
VI - 3 - Indicadores e registadores da direcção do vento 64
VI - 4 - Estimativa da direcção do vento 64
VI - 5 - Medições da velocidade do vento: unidades. 65
VI - 6 - Indicadores e registadores da velocidade do vento 65
VI - 7 - Anemómetros de rotação 66
VI - 8 - Princípio do anemómetro de tubo de pressão 67

VI - 9 - Anemógrafo de tubo de pressão 69
VI - 10 - Manutenção do anemómetro de tubo de pressão 71
VI - 11 - Estimativa da velocidade do vento 72
VI - 13 - Observações do vento à superfície 79
Capítulo Viii - Observações Meteorológicas De Superfície 125
VIII - 1 - Estações climatológicas 126
VIII - 2 - Estações sinópticas 126
VIII - 3 - Termos usados no código do tempo presente 127
VIII - 4 - Determinação da intensidade da precipitação 129
VIII - 5 - Fenómenos meteorológicos citados no código do tempo presente 130
VIII - 6 - Litometeoros: definições e descrições 133
VIII - 7 - Electrometeoros: definições e descrições 135
VIII - 8 - Fenómenos meteorológicos não citados no código do tempo presente 136
VIII - 9 - Observação dos fotometeoros 136
VIII- 10 - Fotometeoros: definições e descrições 137