

UNIVERSIDADE DE ÉVORA
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS

**DAS ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS ÀS
NORMAIS CLIMATOLÓGICAS**

(Apontamentos para aulas de GEOGRAFIA FÍSICA)

José Alexandre Andrade

ÉVORA, 2019

Índice

1. Clima, estado do tempo e elementos climáticos	3
2. Observações e instrumentos meteorológicos.....	4
2.1. Observações meteorológicas.....	4
2.2. Instrumentos meteorológicos.....	5
2.3. Estações convencionais e estações automáticas.....	8
3. Caracterização climática	9
3.1. Normais Climatológicas.....	10
3.2. Métodos de análise climatológica.....	10
4. Exercícios propostos.....	12
5. Bibliografia recomendada.....	14
ANEXO A1 -Instrumentos Meteorológicos (Radiação).....	15
ANEXO A2 - Instrumentos Meteorológicos (Temperatura).....	16
ANEXO A3 - Instrumentos Meteorológicos (Humidade atmosférica).....	17
ANEXO A4 - Instrumentos Meteorológicos (Vento).....	18
ANEXO A5 - Instrumentos Meteorológicos (Precipitação).....	19
ANEXO A6 - Instrumentos Meteorológicos (Evaporação e evapotranspiração)	20
ANEXO B – Normal Climatológica (Évora).....	21

1. CLIMA, ESTADO DO TEMPO E ELEMENTOS CLIMÁTICOS

O **clima** de uma região ou local é o conjunto das condições meteorológicas predominantes nessa região ou local durante determinado intervalo do tempo. O clima é caracterizado pelos valores médios dos diferentes fenómenos meteorológicos, pela variabilidade destes (estatísticas de ordem mais elevada como variâncias, covariâncias, correlações,...) e por informação sobre a ocorrência de eventos extremos. O **estado do tempo** refere-se às condições meteorológicas instantâneas e à evolução diária dos sistemas sinóticos individuais.

A descrição do clima ou do estado do tempo é feita a partir do conhecimento de um conjunto de valores de grandezas meteorológicas. Estes parâmetros, variáveis no tempo e no espaço, são os **elementos climáticos** ou **meteorológicos**. Os elementos climáticos são **simples** ou **complexos**. Os elementos simples são os elementos meteorológicos normalmente observados; os complexos são definidos a partir de dois ou mais elementos meteorológicos. Os elementos climáticos simples incluem a **temperatura**, a **precipitação**, a **humidade**, o **vento**, a **nebulosidade** e a **insolação**, a **pressão atmosférica**, a **radiação**, o **nevoeiro**, a **trovoada** e a **evaporação**. Os elementos climáticos complexos pretendem descrever o efeito climático de causas que estão relacionadas entre si ou que actuam conjuntamente para produzir certos aspectos particulares da paisagem fisiográfica e biológica do globo, como sejam a **aridez do solo**, a **continentalidade** do clima (índices de aridez, de continentalidade), o **conforto humano**, o **rendimento das culturas**, etc.. A temperatura exprime-se em graus Celsius (°C), Fahrenheite (°F) e em Kelvin (K), a pressão em milímetros de mercúrio (mm Hg) ou em milibares (mb), a humidade em percentagem (h. relativa), em Kg m^{-3} (h. absoluta) ou em unidades de pressão (tensão de vapor); a precipitação, a evaporação ou a evapotranspiração exprimem-se em milímetros (mm); a radiação recebida (ou emitida) pelo globo exprime-se em energia por unidade de tempo e de área (W m^{-2}) e a velocidade do vento pela distância por unidade de tempo (m s^{-1} ou Km h^{-1}).

Os elementos meteorológicos são **numéricos** (precipitação, temperatura,...) ou **não numéricos** (tipos de nuvens, direcção do vento,...), **binários** (ocorrência ou não ocorrência de geada,...) ou **não binários** (temperatura, humidade,...), **contínuos** (pressão atmosférica,...) ou **discretos** (graus de nebulosidade,...), **limitados** (humidade,...) ou **ilimitados** (temperatura,...), **escalares** (temperatura, nebulosidade,...)

ou **vectoriais** (direcção do vento,...), **aleatórios** (velocidade instantânea do vento,...) ou **não aleatórios** (radiação global,...).

2. OBSERVAÇÕES E INSTRUMENTOS METEOROLÓGICOS

2.1. Observações meteorológicas

Três tipos de observações ou medições meteorológicas são possíveis: **observação em bruto**, feita pelo observador sem ajuda dos sentidos (por ex., observação da velocidade do vento através da escala de Beaufort); **observação simples**, na qual apenas alguns processos intervêm entre o fenómeno a medir e o sentido do observador (por ex., estimativa da altura da base de uma nuvem baixa...); **medição complexa**, na qual um grande número de processos, usualmente mecânicos ou automáticos, intervêm entre o fenómeno e o observador (por ex., a medição da pressão atmosférica por um barómetro, que deve ser corrigida pela temperatura, pela atracção gravitacional e pela altitude do local). As observações são feitas diariamente em **estações meteorológicas**, à **superfície terrestre** ou em **altitude**. Na rede de “estações de superfície” é observado um grande conjunto de parâmetros meteorológicos (pressão, temperatura, vento, humidade do ar, precipitação, nebulosidade,...); numa rede, menos densa, de “estações de altitude”, onde são lançadas radiossondas meteorológicas transportadas por balões, fazem-se medições de pressão, de temperatura, de vento e humidade na baixa atmosfera. Navios meteorológicos, conjuntos de satélites meteorológicos, incluindo satélites geoestacionários e satélites de órbita polar e algumas redes de radar meteorológico são exemplos de outros sistemas de observação. O tipo e o número de observações meteorológicas variam consoante a actividade humana (Agricultura, Aeronáutica, Medicina, Pescas, Navegação,...). Por exemplo, na Agrometeorologia as observações à superfície com maior interesse são a temperatura do ar e do solo, a humidade do ar, a precipitação e a ocorrência de geada enquanto que em altitude são o vento e os gradientes verticais de temperatura.

A previsão do tempo faz-se a partir de cartas meteorológicas instantâneas (sinópticas). Nas estações sinópticas as observações são efectuadas de três em três horas, em horas fixas em TUC (Tempo Universal Coordenado). Nas estações cujo objectivo é a caracterização do clima local (climatológicas), as observações meteorológicas são efectuadas a horas solares fixas (9h e 15h ou 9h e 18h). Com a instalação de redes de estações automáticas, tornou-se possível apurar valores médios

referentes a períodos curtos (10, 15 minutos, consoante o intervalo de execução configurado). Neste caso, os dados recolhidos podem ser utilizados tanto para fins sinópticos (previsão do tempo) como para fins climatológicos.

2.2. Instrumentos meteorológicos

Os **instrumentos meteorológicos** medem os elementos climáticos ou meteorológicos. Há instrumentos **indicadores** (por ex., termómetros de mercúrio, evaporímetros,...) e instrumentos **registadores** (por ex., barógrafos, udógrafos,...). Qualquer instrumento de medição consta de 3 unidades: **receptor** (parte sensível que transforma a grandeza a medir numa outra geralmente com dimensões diferentes), **indicador** (transforma a grandeza dada pelo receptor num outro tipo de grandeza) e **escala** (região onde se lê a grandeza dada pelo indicador).

Todos os instrumentos devem ser periodicamente aferidos e calibrados. **Aferir** um aparelho consiste em compará-lo com um instrumento-padrão (extremamente rigoroso); **calibrar** um aparelho consiste em ajustá-lo de forma que as leituras feitas na escala coincidam com o valor real da grandeza a medir.

Rigor, fidelidade e sensibilidade são os três atributos que definem as características de um instrumento. Um instrumento é rigoroso se a leitura feita na escala for o valor real da grandeza; é fiel se dá sempre a mesma indicação para os mesmos valores de grandeza a medir; é sensível se uma pequena variação de excitação bastar para haver resposta na escala.

Os erros cometidos nas observações devem-se ao **observador** (rigor na manipulação e nas leituras dos aparelhos), a deficiências na construção do **instrumento** ou ao **princípio de observação** (validade das leis que fundamentam o funcionamento do instrumento). O observador pode cometer **erros de leitura** e **erros de paralaxe**; aos instrumentos estão associados **erros de leitura** (deficiência na escala), **de sensibilidade, de influência** (de outra grandeza), **de histerese** (reminiscências de excitações anteriores sofridas pelo aparelho), **de inércia** (reacção lenta do aparelho) ou simplesmente devidos ao **uso**.

a) medição da radiação solar e da insolação

Mede-se **RADIAÇÃO** de curto e de grande comprimento de onda. As medições de radiação de curto comprimento de onda mais comuns são a radiação solar global (directa e difusa) e a radiação solar reflectida; as de grande comprimento de onda são a radiação terrestre e a radiação atmosférica. A maior parte dos aparelhos transforma a

radiação absorvida em calor e indica o valor dessa quantidade de calor por uma temperatura. Um instrumento que mede radiação é um **radiómetro** (ANEXO A1). A radiação solar global é medida por **piranómetros**; a radiação solar directa é medida por **pirreliómetros** enquanto que a radiação difusa é medida por **piranómetros com anel pára-sol**; a radiação total (grande e curto comprimento de onda) é medida por **pirradiómetros** enquanto que os **pirgeómetros** medem a radiação de grande comprimento de onda; um **pirradiómetro líquido** (ou **radiómetro líquido**) mede a radiação líquida. A maior parte dos radiómetros são adaptáveis ao registo automático. Contudo, alguns não são eléctricos e, embora mantendo o mesmo princípio de funcionamento, registam num papel a variação da radiação no local (actinógrafos, solarígrafos); outros baseiam-se mesmo em princípios de funcionamento diferentes (medição da radiação através da quantidade de álcool condensado na base do instrumento,...).

Sempre que a intensidade da luz é suficiente para activar um circuito eléctrico é possível medir a INSOLAÇÃO a partir de impulsos eléctricos (registadores de insolação fotoeléctricos). Em estações convencionais a insolação é medida por **heliógrafos**, sendo os mais utilizados o de Campbell-Stokes e o de Jordan.

b) medição da temperatura do ar e do solo

São usualmente medidas as TEMPERATURAS do ar, da relva e do solo. Entre as primeiras medem-se as instantâneas, as máximas e as mínimas diárias; as últimas são medidas a diferentes profundidades (por ex., a 2 cm, 5 cm, 10 cm, 20 cm, 50 cm e 100 cm). A temperatura é medida por **termómetros** (ANEXO A2). O valor medido baseia-se na relação entre o estado térmico do termómetro e uma propriedade física da substância do qual é composto: expansão térmica (**termómetros de líquidos em invólucro de vidro** e **termómetros de deformação**), efeitos termoeléctricos (**termopares**), resistência eléctrica (**termistores** e **termómetros de resistência de platina**) e velocidade de propagação do som no ar (**termómetros sónicos**). **Termógrafos** são termómetros registadores e são colocados nos abrigos meteorológicos. **Termistores** e **termopares** estão adaptados ao registo automático e são por isso utilizados em larga escala nas estações meteorológicas automáticas.

c) medição da humidade do ar

As grandezas usualmente medidas para determinar o ESTADO HIGROMÉTRICO DO AR são a humidade absoluta e a humidade relativa, a temperatura do ponto de orvalho e as temperaturas do ar e do termómetro molhado. Os

aparelhos que medem a humidade atmosférica são os **higrómetros** (ANEXO A3). Há **higrómetros de absorção, de condensação ou de ponto de orvalho e de evaporação ou psicrómetros**. Nos higrómetros de absorção a humidade atmosférica é avaliada através da alteração de dimensões físicas de materiais (por exemplo, **higrómetros de cabelo**), da alteração de propriedades químicas ou eléctricas de materiais (**higrómetros de absorção eléctrica**) e da absorção da radiação pelo vapor de água (**higrómetros ópticos**). **Higrógrafos** são higrómetros registadores enquanto que os **psicrógrafos** são psicrómetros registadores. Os sensores de resistência e de capacitância são facilmente adaptados ao registo automático (higrómetros de absorção eléctrica). A medição da temperatura e da humidade é feita frequentemente pelo mesmo aparelho (por ex., **termohigrógrafos** instalados nos abrigos meteorológicos em estações convencionais e sensores eléctricos instalados nas torres meteorológicas de estações automáticas).

d) medição do vento

A direcção do VENTO é medida por **cataventos** enquanto que a velocidade do vento é medida por **anemómetros** (ANEXO A4). Os valores registados pelos anemómetros baseiam-se na medição da pressão dinâmica do vento (**anemómetros de pressão**), da força dinâmica total do vento (**anemómetros mecânicos ou de rotação**), do calor perdido devido ao vento por um elemento aquecido (**anemómetros de filamento quente, termistores ou termopares**) e da velocidade ou a frequência de um impulso (**anemómetros sónicos e acústicos**). **Anemógrafos** são anemómetros registadores.

e) medição da pressão atmosférica

Os **barómetros** são os aparelhos que medem a PRESSÃO ATMOSFÉRICA. Os **barógrafos** são barómetros registadores e encontram-se nos abrigos meteorológicos. Os **barómetros de mercúrio** baseiam-se na experiência de Torricelli enquanto que nos **barómetros metálicos** ou **aneróides** a pressão atmosférica mede-se a partir da força (por unidade de área) que o ar exerce num dos lados de uma membrana, desde que no lado oposto se faça o vácuo. Os barómetros metálicos adaptam-se ao registo automático mediante o uso de potenciómetros (sinais eléctricos proporcionais à pressão).

f) medição da precipitação

Os **udómetros** ou **pluviómetros** são os aparelhos que servem para determinar a quantidade de PRECIPITAÇÃO (ANEXO A5). Consistem em colectores cilíndricos com um diâmetro conhecido. A diferença entre os volumes (ou as alturas) de água registadas num copo em dois momentos distintos corresponde à precipitação entretanto

caída. Os **udógrafos** ou **pluviógrafos** (de **flutuador**, **basculantes** ou de **pesagem**) são udómetros registadores e adaptam-se ao registo automático através da medição de impulsos eléctricos.

g) medição da evaporação e da evapotranspiração

Para a medição da EVAPORAÇÃO utilizam-se diversos modelos denominados **evaporímetros** (ANEXO A6): o **evaporímetro de Piche** (instalado no abrigo), o **evaporímetro de 250 cm² de boca** e a **tina de evaporação de classe A**. Para medir a EVAPOTRANSPIRAÇÃO usam-se **lisímetros**. Os tipos de lisímetros mais comuns são os **evapotranspirómetros** (medem a evapotranspiração em condições hídricas óptimas), os **lisímetros flutuantes** e os **lisímetros de peso**.

h) medição de outros parâmetros (fluxo de energia no solo e orvalho)

O FLUXO DE ENERGIA NO SOLO é medido directamente por **placas de fluxo de calor** enterradas a diferentes profundidades da camada mais superficial do solo. O valor do fluxo obtém-se a partir da diferença de temperaturas entre os lados superior e inferior da placa, cuja condutividade térmica é conhecida. A medição das temperaturas é feita por termopares (ligados em série) aderentes à placa. A quantidade de ORVALHO depositada numa superfície é medida por **lisímetros**.

2.3. Estações convencionais e estações automáticas

Os instrumentos meteorológicos encontram-se normalmente agrupados em estações meteorológicas ou climáticas. Para que os valores das observações/medições climatológicas sejam, em qualquer parte do mundo, comparáveis entre si, são necessários alguns requisitos para a localização dos parques de instrumentos e para a instalação dos diferentes instrumentos meteorológicos.

A área da estação deve ser plana e coberta por relva, medir pelo menos 10 m x 6m e ser convenientemente isolada do exterior (por ex., vedação de arame); além disso, o terreno nas suas proximidades não deve ser acidentado. A distância entre qualquer obstáculo (construções humanas, florestas,...) e o udómetro deve ser, pelo menos, três/quatro vezes a sua própria altura. O catavento deve ser instalado a 6 metros acima do solo e o anemómetro a 2 m e/ou a 10 m de altura; o aparelho que mede a insolação deve ser montado num pilar de suporte rijo com uma altura não superior a 3 m; o udómetro deve estar localizado próximo do centro, a uma distância nunca inferior a 3 m do abrigo, nem inferior ao dobro da altura do pilar que suporta o heliógrafo.

a) estações convencionais

Nas estações convencionais, a recolha de dados é feita pelo operador a horas fixas. Para se obter observações representativas das massas de ar em movimento, o termómetro, o termógrafo, o higrómetro e o higrógrafo colocam-se em **abrigos meteorológicos**. São construções de madeira situadas 1,5 a 2 metros acima do solo para reduzir a radiação terrestre, com abertura virada a norte, pintadas de branco para reduzir a absorção de calor, com paredes providas de persianas para permitir a circulação de ar no seu interior. Nos abrigos são também medidas a evaporação (evaporímetro de Piche) e a pressão atmosférica (normalmente um barógrafo). Fora do abrigo, qualquer estação convencional deverá apresentar instrumentos de medição de precipitação, do vento (velocidade e direcção), insolação, evaporação (tanque), temperatura do solo e radiação (pequeno/grande comprimento de onda). A instalação de instrumentos registadores requer, em qualquer caso, a instalação de instrumentos de leitura directa (do mesmo elemento) para verificar as leituras do primeiro.

b) estações automáticas

Uma **estação automática** compreende um conjunto de **sensores eléctricos** que medem os diferentes parâmetros meteorológicos, uma **torre** sobre a qual se instalam parte dos sensores e um **acumulador automático de dados**, ao qual se ligam os diferentes sensores. O acumulador de dados, normalmente instalado na torre, regista as medições e, convenientemente configurado, permite a obtenção de valores correspondentes ao intervalo de execução pretendido, expressos nas unidades respectivas.

A rede actual de estações meteorológicas do Instituto de Meteorologia e as redes de diferentes organismos oficiais (Direcções Gerais, Institutos,...) são constituídas por estações automáticas. Numerosos trabalhos de investigação usam estações automáticas, móveis ou fixas, permitindo o registo de grandezas como a temperatura, a humidade do ar, a pressão, a precipitação, a irradiância solar, etc.. Observações semi-quantitativas como a nebulosidade, os tipos de nuvens, o tipo de precipitação, a visibilidade e o estado do solo continuam a ser realizadas por observadores meteorológicos.

3. CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA

A caracterização climática de um local ou a descrição do estado da atmosfera são feitas depois de recolhidos e compilados os dados provenientes das medições dos

elementos meteorológicos/climáticos. Consoante os objectivos em causa, são compilados valores médios diários, mensais e anuais. A rede de estações meteorológicas mais antiga é a do Instituto de Meteorologia (IM). No IM é possível consultar dados meteorológicos relativos a qualquer dia, registados em qualquer das estações que, em número crescente, compõem a rede nacional. O IM publica anuários climatológicos com os registos diários para cada uma das estações da rede assim como fascículos que contêm informação sobre registos médios das diferentes variáveis meteorológicas relativos a 30 anos consecutivos (Normais Climatológicas).

3.1. Normais Climatológicas

A leitura de cartas sinópticas permite a caracterização do estado do tempo. O clima de uma região ou de um local pode ser descrito por uma **Normal Climatológica** (ANEXO B). A Normal consiste em valores médios mensais de diversas variáveis meteorológicas, calculados para um período de 30 anos consecutivos de observações. O Instituto de Meteorologia publicou Normais Climatológicas relativas a diferentes Estações Meteorológicas do território nacional para diferentes períodos (1921-1950, 1931-1960, 1941-1970, 1951-1981, 1961-1990). O número de estações sobre as quais há valores normais aumentou consideravelmente ao longo do século passado (12 no período 1901-1930, 52 no período 1931-1960, mais de cem no período entre 1951-1980).

Constam das Normais Climatológicas **valores médios mensais e anuais** de temperatura, humidade, precipitação, insolação, evaporação e nebulosidade, **estatísticas** sobre a direcção e a velocidade do vento (velocidade média para cada rumo e frequência de ocorrência desse rumo) e o **número médio de dias em que se observaram determinadas condições meteorológicas** (vento forte, temperaturas extremas, precipitação intensa, nevoeiro, geada, trovoada, orvalho,...). Além disso, há também informação sobre as coordenadas geográficas, a aceleração da gravidade no local, a diferença entre a hora utilizada e a hora de Greenwich, a altitude do solo no local e da tina do barómetro, as alturas acima do solo do reservatório do termómetro seco, da cabeça do anemómetro, da bandeira do catavento e da boca do udómetro.

3.2. Métodos de análise climatológica

O estudo, a descrição e a interpretação do clima são feitos através dos **métodos de análise climatológica**. São três as classes de métodos considerados: os métodos

matemáticos, os métodos **gráficos** e os métodos **físicos**. A análise física é essencialmente laboratorial.

a) parâmetros estatísticos

População é a coleção de todos os membros individuais que têm uma determinada característica em comum. Uma **amostra de uma população** é constituída por um certo número de indivíduos, menor que o número da população que lhe deu origem. **Parâmetros estatísticos** ou **estimativas** descrevem amostras e são um caminho para conhecer as populações a que se referem. Os valores de uma amostra podem ser ordenados em **sequência**, por ordem **crescente** ou **decrecente**, ou serem apresentados de forma **aleatória**. Os dados de uma amostra podem ser **classificados**, isto é, podem ser representados por **classes de valores**. As classes de valores são definidas por dois valores de uma variável (limites superior e inferior) e são representadas pelo seu **valor central**. Por conveniência de cálculo as classes devem ter todas o mesmo intervalo. Um arranjo tabular de dados por classes, acompanhados pelas correspondentes frequência das classes, designa-se **distribuição de frequências**. As frequências exprimem-se pelo número total de dados correspondente a cada classe (frequências **absolutas**) ou em percentagem do número total de observações (frequências **relativas**). As frequências podem ser **simples** ou **acumuladas**. As curvas de frequências podem ser **simétricas**, **assimétricas**, em **forma de J**, em **forma de U**, **bimodais** ou **multimodais**.

Os parâmetros estatísticos podem ser **medidas de tendência central** ou de **posição** e **medidas de dispersão** ou de **variação**. Entre as primeiras, destacam-se a **média** (aritmética ou geométrica), a **mediana**, a **moda**, o **quartil**, o **decil** e o **percentil**; entre as segundas, devem ser destacadas a **amplitude**, o **inter-quartil**, o **desvio médio**, o desvio médio quadrático ou **desvio-padrão**, a **variância** e o **coeficiente de variação**. Por vezes, é necessário determinar se duas ou mais variáveis estão relacionadas entre si e de que forma: a **correlação** indica a validade destas relações enquanto que o seu **coeficiente** avalia o grau da relação; uma **regressão linear** permite estimar uma variável a partir de outra.

b) representações gráficas

A representação gráfica dos elementos climáticos permite uma melhor compreensão da evolução temporal dos diferentes elementos climáticos. Algumas representações gráficas são comuns a diferentes disciplinas, enquanto que outras são próprias da climatologia.

Os **diagramas rectangulares** mostram a evolução de um ou mais elementos climáticos (ordenadas) em função do tempo (abcissas). Por exemplo, incluem os gráficos de temperatura e os gráficos de barras da precipitação. Os diagramas ombrotérmicos constituem outro exemplo destas representações (juntam no mesmo gráfico as temperaturas e as precipitações, sendo a escala do eixo das precipitações dupla da do eixo das temperaturas). Um **climograma** mostra a variação simultânea de dois elementos climáticos ao longo do ano, cada um deles num eixo diferente (por ex., gráficos termopluiométricos, gráficos termohigrométricos,...). As **termoisoietas** representam a temperatura em função dos meses do ano (abcissas) e das horas do dia (ordenadas). Os **histogramas** representam a frequência (absoluta ou relativa) dum fenómeno entre determinados limites (por ex., repartição das temperaturas numa estação do ano, nº de casos, em cada mil, em que o vento atinge uma determinada velocidade, classes de precipitação mensal,...). Nos **diagramas cumulativos** os valores representados em ordenadas aumentam progressivamente com a variável representada no eixo das abcissas (por ex., o tempo). **Diagramas polares** são polígonos cujos vértices se distanciam tanto mais do respectivo centro quanto maior é o valor da variável que representam (por ex., rosa-dos-ventos).

4. EXERCÍCIOS PROPOSTOS

1. Instrumentos meteorológicos. Identificar os principais instrumentos a partir de uma visita a uma Estação Meteorológica

2. Parâmetros estatísticos. Calcular a média, a mediana, a moda, os decis, o desvio quadrático médio (desvio-padrão), a variância e o coeficiente de variação de um conjunto de valores (médios ou não) diários de temperatura ou de valores anuais de precipitação relativos a uma estação meteorológica do território nacional.

3. Representações gráficas. A partir de valores normais relativos à Estação Meteorológica de Évora (Normal Climatológica) (ANEXO B):

a) elaborar diagramas rectangulares para representar a variação da temperatura (média mensal, média das máximas e média das mínimas) e da precipitação média mensal (gráfico de barras).

b) elaborar um diagrama ombrotérmico (representação conjunta da temperatura e da precipitação ao longo do ano)

c) construir um gráfico termohigrométrico (climograma)

d) representar, através de um diagrama polar, a frequência e a velocidade do vento para os diferentes rumos.

e) representar as frequências relativas e absolutas de diferentes classes de valores de temperatura (histogramas)

A tarefa proposta na alínea e) é feita com base nos valores utilizados para o cálculo dos vários parâmetros estatísticos (Exercício 2).

BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

- Bettencourt, M.L. 1978.** *Noções elementares de Estatística aplicada à Climatologia.* ISA, Lisboa
- Campbell, G.S., 1997.** *Biophysical Measurements and Instrumentation. A Laboratory manual for Environmental Biophysics,* Washington State University, Washington
- Castillo, F.E. & Sentis, F.C. 1996.** *Agrometeorología.* Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentacion – Ediciones Mundi-Prensa, Madrid
- Cunha, R. 1972.** *Meteorologia Geral e Agrícola: cursos superiores de Agronomia e Silvicultura.* Universidade de Lourenço Marques, Lourenço Marques
- Escourrou, G. 1978 .** *Climatologie Pratique.* Masson, Paris
- Fritschen, L.S. & Gay, L.W. 1979.** *Environmental Instrumentation.* Springer-Verlag, New York
- Hidore, J. e Roberts, M.** *Physical Geography. A Laboratory Manual*
- Stringer, E.T. 1972.** *Techniques of Climatology.* W.H. Freeman and Company, San Francisco

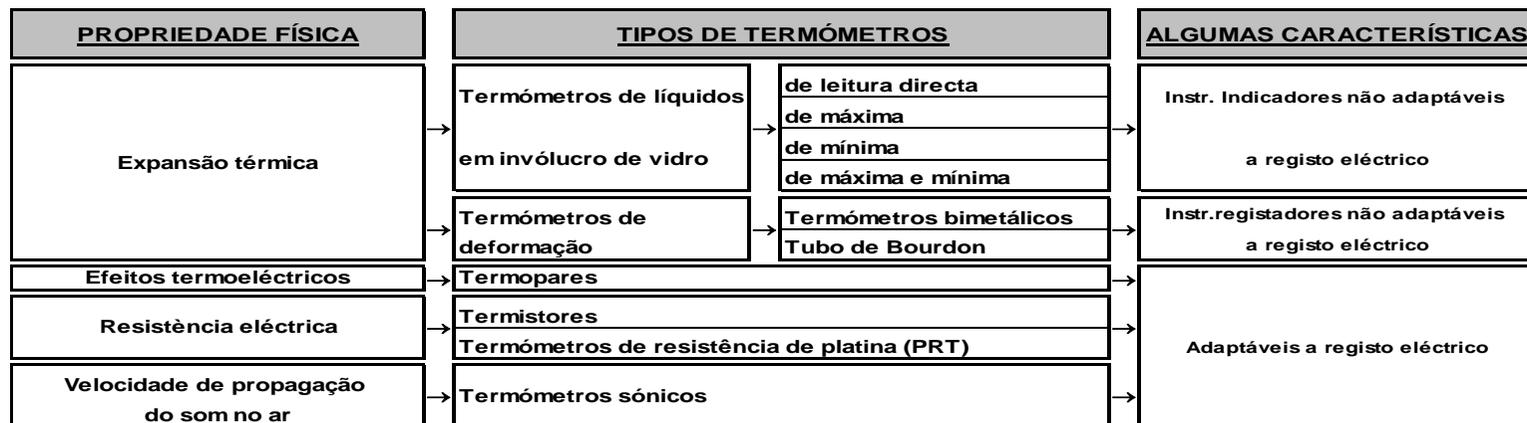
ANEXO A1- INSTRUMENTOS METEOROLÓGICOS (Radiação)

RADIÓMETROS

SENSIBILIDADE ESPECTRAL	TIPOS DE RADIÓMETROS (exemplos)		ALGUMAS CARACTERÍSTICAS
Pequeno comprimento de onda (0,3 a 3,0 μ m)	→	Pirreliómetros (rad. directa)	Pirrelióm. de Abbot → Pirrelióm. de compensação de Angstrom → Pirrelióm. de disco de prata de Abbot → Pirrelióm. de incidência normal de Eppley → Pirrelióm. de Moll-Gorczyński → Pirreliógrafo de Moll-Gorczyński → Actinómetro bimetalico de Michelson →
		Piranómetros (rad. global) (rad. difusa) (rad. reflectida)	Piranóm. (de precisão) de Eppley → Piranóm. (solarímetro) de Moll-Gorczyński → Piranóm. de Bellani → Piranógrafo bimetalico de Robitzsch → Piranómetros com anel pára-sol → Sensores UV → Sensores Quantum (PAR) → Sensores IVP →
Grande comprimento de onda (3 μ m a 100 μ m)	→	Pirgeómetros (rad. terrestre) (rad atmosférica)	Pirgeómetro de compensação de Angstrom → Termómetros infravermelhos → Radiómetro i.v. (de precisão) de Eppley →
Pequeno e grande comprimento de onda (0,3 μ m a 100 μ m)	→	Pirradiómetros (rad. atm+global) (rad. refl+terr) (rad. líquida)	Radiómetros hemisféricos totais → de Schulze de Gier e Dunkle → Radiómetros de balanço → de Funk de Schulze →
			Instrumento-padrão absoluto Sensores termoeletricos Instrumentos-padrão usado em Laboratório Sensores termoeletricos (termopares ligados em série) Inst. Registrador El. Sensível: fita metálica Sensores termoeletricos (termopares ligados em série) Totalizadores de destilação El. Sensível: fita metálica; inst. Registrador O anel é ajustável conforme a altura do sol Sensores fotométricos (silício, selênio, cádmio...); medem bandas específicas do espectro solar Adaptado a partir do Pirreliómetro de Angstrom; mede a quantidade de radiação efectiva mede a radiação em dias nublados mede a radiação na presença de luz solar Sensores termoeletricos (termopares ligados em série)

ANEXO A2- INSTRUMENTOS METEOROLÓGICOS (Temperatura)

TERMÓMETROS



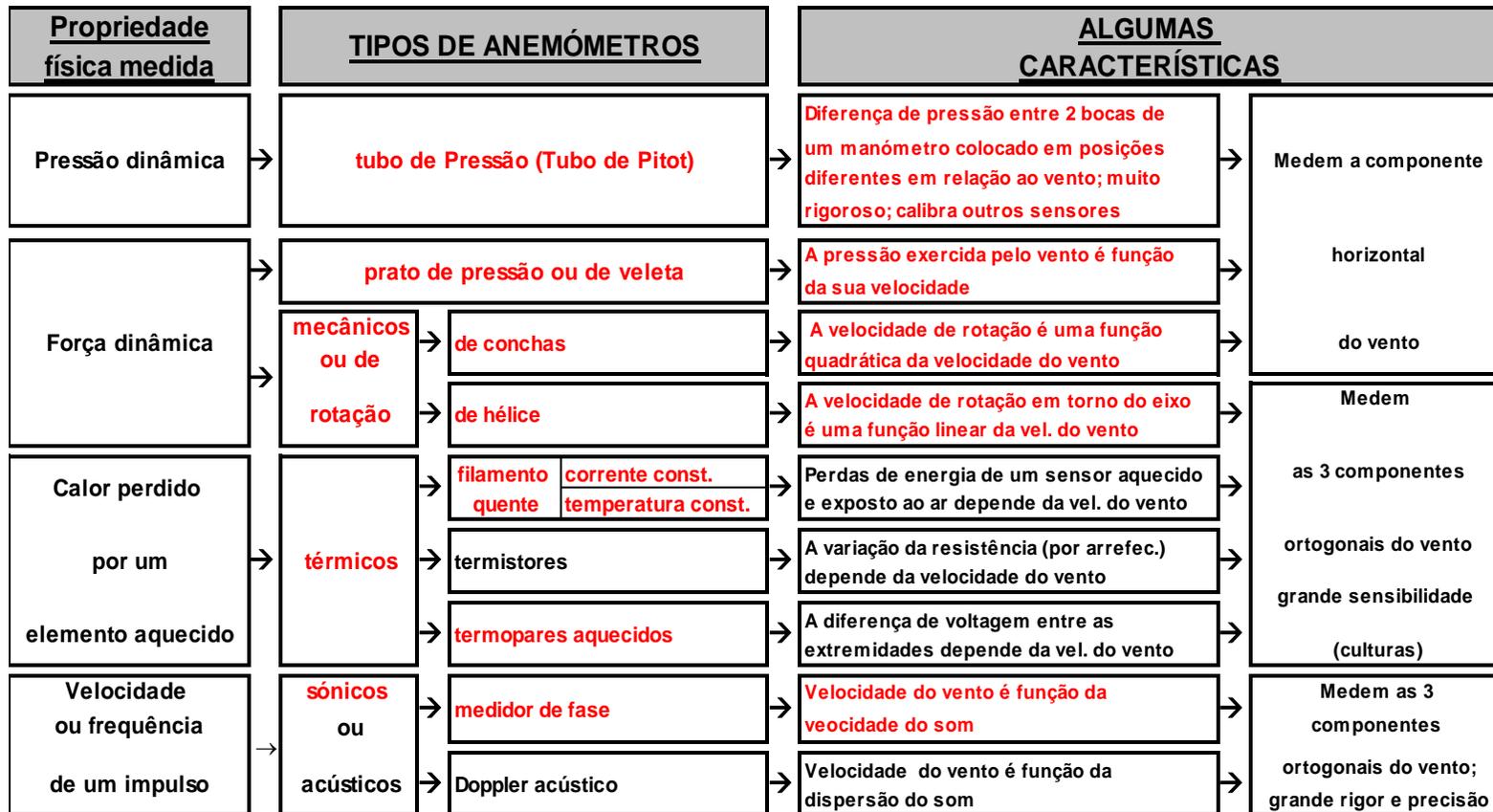
ANEXO A3 - INSTRUMENTOS METEOROLÓGICOS (Humidade Atmosférica)

HIGRÓMETROS

<u>Princípio de funcionamento</u>	<u>TIPOS DE HIGRÓMETROS</u>		<u>Parâmetros medidos</u>	<u>ALGUMAS CARACTERÍSTICAS</u>
Absorção de vapor de água	Higrómetros de absorção	alteração de dimensões físicas dos materiais (por ex., de cabelo)	T_a e HR	O comprimento do cabelo humano varia com a humidade do ar (hig. de cabelo); inércia apreciável; adaptáveis a aparelhos registadores (higrógrafos)
		alteração de propriedades químicas e eléctricas de materiais (por ex., de absorção eléctrica)		A condutividade de soluções aquosas de electrolitos ou a resistência do sensor (óxidos, partículas de carbono, ...) são parâmetros que variam com a humidade do ar; elementos de resistência são comuns em est. automáticas
		energia radiante (ópticos)		Absorção de radiação é função da humidade do ar
Condensação de vapor de água	Higrómetros de condensação ou de ponto de orvalho	condensação em superfícies arrefecidas (por ex., espelhos)	T_a e T_o	Fotocélulas detectam a presença de orvalho e diferentes tipos de termómetros medem a temperatura a que o orvalho se começa a formar; com registo manual e/ou automático
Evaporação de água	Psicrómetros	com ventilação forçada (tipo Assman)	T_a e T_w	São constituídos por dois termómetros: um seco (mede T_a) e outro permanentemente humedecido (mede T_w); diferentes tipos de termómetros (de vidro, de resistência, termopares) medem T_a e T_w ; comuns em abrigos meteorológicos; com registo manual e/ou automático
		com ventilação natural		

ANEXO A4 - INSTRUMENTOS METEOROLÓGICOS (Vento)

ANEMÓMETROS



ANEXO A5 - INSTRUMENTOS METEOROLÓGICOS (Precipitação)

UDÓMETROS OU PLUVIÓMETROS

<u>TIPOS</u>		<u>ALGUMAS CARACTERÍSTICAS</u>	
Ordinários	→ Hellman	Medem a componente vertical da chuva para um período entre duas leituras consecutivas (normalmente diárias)	
	→ Babinet		
	→ Vectopluviómetro	Udómetro de boca horizontal e udómetros de boca vertical; fornecem várias componentes da chuva (vertical e horizontal)	
Registadores (udógrafos ou pluviógrafos)	→ de flutuador	O ponteiro registador prende-se (através de uma haste) a uma bóia instalada no recolector de chuva	→ adaptáveis a registo automático mediante fornecimento de impulsos eléctricos
	→ basculantes	Assenta no princípio dos vasos basculantes	
	→ de pesagem	O recolector assenta sobre uma balança que regista em contínuo as diferenças de peso ocorridas; medir-se todo o tipo de precipitação	
nivómetros		Medem a neve caída (altura equivalente); a sua precisão diminui sensivelmente com ventos fortes ($> 5 \text{ m s}^{-1}$)	
radar		Baseia-se na dispersão da radiação em função da precipitação; fornece uma detalhada distribuição da precipitação numa área mais ou menos extensa	

ANEXO A6 - INSTRUMENTOS METEOROLÓGICOS (Evaporação e Evapotranspiração)

Evaporímetros (Evaporação)			
Propriedade física medida	Tipos de evaporímetros	ALGUMAS CARACTERÍSTICAS	
Nível de água na Tina (variações)	↑ Evaporímetro de Piche ↑	Tubo de vidro (invertido) com cerca de 1 cm de diâmetro; instalado em abrigos meteorológicos (padrão)	
	↑ Tina de Classe A ↑	Evaporímetro (diâmetro interno de 120 cm e altura de 25,5 cm); assente sobre estrado de madeira	
Peso do conjunto tina/água (variações)	↑ Evaporímetro de 250 cm ² de boca ↑	Tina de 250 cm ² de boca; assente sobre o prato de uma balança	

Lisímetros (Evapotranspiração)			
Propriedade física medida	Tipos de lisímetros	ALGUMAS CARACTERÍSTICAS	
Água drenada e precipitação	↑ Evapotranspirómetros ou lisímetros de drenagem ↑	A água é adicionada ao sistema para que o teor de água no solo permaneça constante; ET é a diferença entre a água aplicada e a soma da água drenada com a precipitação entretanto caída	↑ Medem a ETP (Evapotranspiração potencial)
Peso do conjunto solo/água (variações)	↑ Lisímetros de peso ↑	O contentor com o solo é pesado periodicamente (a pesagem pode implicar remoção do contentor ou o uso de sensores eléctricos); o peso é convertido em valores de ETR	↑ Medem a ETR
Altura (nível) do fluido onde assenta o lisímetro	↑ Lisímetros flutuantes ↑	Flutuam sobre líquidos como a água, óleo ou líquidos pesados (por ex., cloreto de zinco); o deslocamento do fluido devido ao lisímetro é medido com um manómetro e o seu peso é determinado usando o princípio de Arquimedes	↑ (Evapotranspiração real)

ANEXO B-N.C.I. ÉVORA (1951-1980) $\phi = 38^{\circ}34'N$; $\lambda = 7^{\circ}54'W$; $g = 9,80004 \text{ m s}^{-2}$; $\Delta G = 0 \text{ h}$

$H_s = 309 \text{ m}$; $H_b = 321 \text{ m}$; $h_t = 19,6 \text{ m}$; $h_a = 22,9 \text{ m}$; $h_d = 21,6 \text{ m}$; $h_r = 1,5 \text{ m}$

Mês	Pressão atmosférica P (mb)		Temperatura do ar T (°C)							Humidade relativa do ar RH (%)			
	No local	Nível do mar	9 h	15 h	21 h	Mensal	Max	Min	Max	Min	9 h	15 h	21 h
JAN	981,1	1019,8	7,3	10,3	10,7	9,3	12,5	6,1	20,1	-2,1	88	78	76
FEV	979,5	1018,0	7,5	11,1	11,8	9,9	13,3	6,4	23,8	-5,0	86	73	70
MAR	978,3	1016,5	8,5	13,2	14,0	11,5	15,4	7,6	26,0	-1,2	84	67	64
ABR	977,4	1015,3	9,7	15,8	16,6	13,6	18,1	9,0	29,6	1,4	84	58	55
MAI	978,0	1015,5	11,9	19,3	20,5	16,6	21,9	11,3	36,5	5,0	84	53	49
JUN	978,8	1015,7	14,5	22,9	24,5	19,9	25,9	13,8	39,7	8,0	84	49	44
JUL	979,0	1015,1	16,5	26,2	28,5	22,8	29,9	15,7	40,6	10,2	81	42	36
AGO	978,4	1015,4	16,7	26,3	28,4	23,0	29,8	16,1	39,5	11,0	77	41	35
SET	979,4	1016,4	16,1	23,9	25,1	21,1	26,9	15,3	38,8	7,6	79	48	44
OUT	979,4	1016,9	13,7	19,3	19,4	17,1	21,5	12,8	32,4	4,0	81	59	57
NOV	979,9	1018,1	9,9	14,1	13,7	12,4	16,0	8,8	28,4	0,6	84	70	71
DEZ	981,0	1019,6	7,7	10,9	10,7	9,7	13,0	6,5	21,1	-2,9	86	76	76
ANO	979,2	1016,9	11,7	17,8	18,7	15,6	20,4	10,8	40,6	-5,0	83	60	56

Vento										
Nº (n _d) de observações - velocidade média V (Km hora ⁻¹) para cada rumo										
N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	C	V média	
9,6-17	14,1-13,5	10,9-12	10,3-14,5	9,5-15,2	15,8-16,8	10,5-16,6	19-17,9	0,3	15,9	
10,6-15,8	14,1-15,8	8,2-13	8,8-15,1	9,8-16,2	16,5-18,6	13,6-18,6	18,3-18,3	0,2	16,7	
11,6-17	13,2-16,4	7,4-13,2	9,0-14,4	7,3-15,1	17,9-18,1	13,1-17,6	20,2-18,8	0,1	16,6	
11,7-16,8	12,6-16,2	4,8-13,2	5,6-13,6	7,9-13,4	13,8-16,3	12,2-16,4	25,3-19,2	0,1	16,4	
15,9-17	7,7-14,1	3,5-13,8	4,5-12,6	6,3-14,1	16,5-16,8	13,2-15,4	32,4-19,1	0	17,0	
15,5-15,8	5,4-14,0	2,8-10,7	3,4-11,4	7,0-11,8	14,8-14,9	16,6-15,0	34,6-18,4	0	16,5	
14,7-16,9	4,6-13,1	2,3-11,2	3,3-11,8	4,9-11,0	13,7-12,5	16,1-14,9	40,4-18,9	0	17,2	
15,8-16,3	4,3-14,4	1,9-11,4	2,9-11,5	4,5-10,8	9,4-13,0	16,2-16,2	15,3-18,7	0	17,5	
12,0-14,6	7,0-13,4	4,5-10,6	6,0-11,0	6,7-11,6	16,1-12,9	14,6-13,5	32,8-17,0	0,2	15,1	
12,4-14,6	11,7-14,6	7,6-12,4	11,8-13,1	10,4-13,8	13,3-14,4	10,0-14,9	22,6-16,9	0,4	14,7	
13,3-16,2	15,2-13,6	9,7-11,1	10,5-14,5	8,0-15,8	13,3-17,3	9,4-15,3	20,4-18,2	0,1	15,6	
14,8-15,9	15,8-13,5	8,9-11,3	8,3-14,7	6,3-16,4	13,2-17,2	9,7-18,1	22,8-18,3	0,1	16,1	
13,7-16,2	10,5-14,5	6,0-12,1	7,0-13,6	7,4-14,0	14,5-15,9	12,9-15,9	27,9-8,4	0,1	16,3	

Mês	Insolação		Nebulosidade			Precipitação		Evaporação E (mm)	Número de dias				
	I		N (0-10)			R (mm)			Temperatura do ar (T _a)			Velocidade do vento (V)	
	Total	(%)	9 h	15 h	21 h	Total	Máx (dia)		Min<0°	Máx>25°C	Mins>20°C	V >36 Km/h	V >55 Km/h
JAN	147,0	49,0	4	6	6	94,4	60,6	68,1	0,6	0,0	0,0	2,1	0,0
FEV	154,7	52,0	5	6	6	84,6	46,2	75,2	0,6	0,0	0,0	2,1	0,0
MAR	190,1	52,0	5	7	6	82,9	46,4	109,6	0,1	0,1	0,0	2,4	0,1
ABR	239,6	61,0	5	6	6	48,7	46,3	144,8	0,0	1,2	0,0	2,0	0,0
MAI	296,1	68,0	4	6	5	39,1	39,2	196,2	0,0	8,4	0,3	1,3	0,0
JUN	317,3	72,0	4	5	4	26,6	42,6	231,9	0,0	17,0	0,5	0,8	0,0
JUL	379,6	85,0	2	2	2	6,2	69,8	307,3	0,0	27,3	2,5	1,0	0,0
AGO	358,1	86,0	3	3	2	3,0	15,5	317,2	0,0	26,4	3,3	0,9	0,0
SET	259,3	70,0	4	4	4	25,0	57,4	228,1	0,0	19,0	2,0	0,5	0,0
OUT	211,5	62,0	4	6	5	66,7	66,2	154,4	0,0	6,2	0,1	0,9	0,0
NOV	164,1	55,0	4	6	6	78,7	86,4	91,6	0,0	0,2	0,0	2,0	0,0
DEZ	152,1	52,0	4	6	5	86,5	71,0	70,4	0,5	0,0	0,0	2,3	0,1
ANO	###	64,0	4	5	5	642,6	86,4	###	1,8	105,8	8,7	18,3	0,2

Número de dias										
Nebulosidade N		Precipitação (R)			Neve-Gran., Sar.	Trovoada	Nevoeiro	Orvalho	Geadas-neve (solo)	
N>8	N<2	R>0,1 mm	R>1 mm	R>10 mm						
13,1	7,6	14,1	10,1	3,1	0,1-0,1	0,3	7,9	4,9	2,2-0	
11,7	6,9	12,9	10,1	3,0	0-0,4	0,8	5,8	4,9	0,8-0	
13,3	6,3	12,5	9,4	3,0	0-0,4	0,9	4,5	5,0	0,5-0	
12,5	6,7	9,3	6,8	1,6	0-0,3	1,7	3,3	3,0	0,2-0	
9,9	8,5	7,5	5,4	1,3	0-0,2	1,4	4,0	2,0	0-0	
7,5	10,6	4,7	2,9	1,0	0-0,1	1,4	2,6	0,8	0-0	
2,0	20,8	0,9	0,5	0,1	0-0,1	0,6	2,0	0,1	0-0	
2,7	19,3	1,4	0,6	0,0	0-0	0,4	1,5	0,4	0-0	
6,6	11,5	4,3	2,8	0,7	0-0,1	1,5	3,1	0,6	0-0	
10,1	8,5	9,3	6,7	2,1	0-0	1,2	3,8	2,3	0-0	
10,8	8,6	10,9	7,9	2,6	0-0	0,8	5,3	6,4	0,6-0	
10,8	8,8	12,7	8,9	3,1	0-0,1	0,5	6,8	4,9	2,9-0	
111,0	124,1	100,5	72,1	21,6	0,0	11,5	50,6	35,3	0,0	