

CLIMATOLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS

Sumários detalhados das aulas, 2007/08

Módulo 1 – Climatologia

Aula 1, 20/09/2007

1.I. Introdução. Meteorologia e Climatologia: conceitos gerais.

1.I.1. Critérios de frequência e avaliação.

1.I.2. Meteorologia, condições meteorológicas, elementos meteorológicos e instrumentos meteorológicos: abrigo meteorológico; termometria e temperaturas máxima, mínima e média do ar; humidade do ar e psicrometria; radiação, piranómetro e pirradiómetro; insolação real e astronómica, heliógrafo; precipitação, udómetro e udógrafo; direcção e velocidade do vento, catavento e anemómetro; evaporação, tina classe A.

1.I.3. Clima. Análise das normais climáticas da Tapada da Ajuda.

Aula 2, 21/09/2007

1.I.2. Sistema climático e clima. Os sub-sistemas e o caso particular da Atmosfera e da Hidrosfera. O ciclo da água.

1.I.3. Clima e recursos hídricos.

1.I.3.1. A energia no sistema climático. Radiação, balanço energético e o determinismo da temperatura. O gradiente latitudinal da temperatura e a circulação da atmosfera.

1.I.3.2. A água no sistema climático. Variação latitudinal da precipitação, da evapotranspiração e do escoamento. Balanço hídrico.

1.I.3.3. Grandes regiões climáticas e recursos hídricos.

1.II. Radiação e Ambiente.

1.II.1. Radiação: alguns conceitos base. O espectro electromagnético no sistema climático; a radiação solar (pequeno c.d.o.) e as radiações terrestre e atmosférica (grande c.d.o.).

Aula 3, 25/09/07

(continuação de II.1.)

A absorção, transmissão e reflexão de energia radiante por um corpo: coeficiente de reflexão ou reflectividade, coeficiente de absorção ou absorvidade e coeficiente de transmissão ou transmissividade. Corpo negro, branco e cinzento. A emissão de energia radiante; emissividade. Lei de Kirchoff. Leis de Planck, Stefan-Boltzmann e Wien.

1.II.2. Atmosfera. Composição e estrutura (química e térmica). Homosfera e Heterosfera; características e constituintes principais. Características da Troposfera, Estratosfera, Mesosfera e Termosfera; variação da temperatura com a altitude. Absorção selectiva de radiação solar e terrestre pelos constituintes da Atmosfera.

Aula 4, 27/09/07

1.II.3. Radiação Solar.

1.II.3.1. Constante solar. A influência da geometria do sistema Sol – Terra na variação diária e anual da radiação solar. Lei de Lambert.

1.II.3.2. O efeito da Atmosfera e superfície do globo na radiação solar. Absorção e transmissão selectivas pela Atmosfera; Lei de Beer. Difusão de Rayleigh; radiação solar global, directa e difusa. Reflexão pelas nuvens e pela superfície do globo (superfícies aquáticas, solo e vegetação); espectros de absorção, transmissão e reflexão de “folhas típicas”. Albedo e absorvidade médias do globo e atmosfera.

1.II.4. Radiação Terrestre. Características. Transmissão e absorção selectivas na atmosfera; janela de Simpson ou janela atmosférica.

1.II.5. Radiação Atmosférica. Características. Temperatura irradiativa ou efectiva da atmosfera. Efeito de estufa natural da Atmosfera.

Aula 5, 28/09/07

1.II.6. Balanço de radiação e radiação líquida. Radiação líquida à superfície do globo e na atmosfera; valores médios e variação com a latitude.

Exercícios de aplicação sobre radiação e balanços de radiação.

Aula 6, 2/10/07

1.II.7. Balanço energético da superfície do globo e da atmosfera; valores médios e variação com a latitude. Transporte vertical e horizontal de energia. A importância da Atmosfera e Oceanos na redistribuição de energia no sistema globo e atmosfera.

Exercícios de aplicação sobre radiação e balanços energéticos.

Aula 7, 4/10/07

1.III. Aspectos Termodinâmicos da Atmosfera.

1.III.1. Densidade, temperatura e humidade numa parcela de ar. Pressões parciais e densidades parciais do ar seco e do vapor de água; tensão de vapor. Temperatura virtual. Transformações isobáricas e diabáticas da parcela. Saturação e condensação/sublimação: tensão de saturação; temperatura do ponto de orvalho e temperatura do ponto de geada. Humidade absoluta. Déficit de saturação. Humidade relativa. A equação psicrométrica: transformações isobáricas e diabáticas da parcela; “constante” psicrométrica.

Aula 8, 9/10/07

Exercícios de aplicação sobre humidade.

1.III.2. Pressão atmosférica. Pressão à superfície. Variação de P com a altitude. Equação hidrostática: impulsão e peso. Definição de pressão atmosférica. Isóbaras. Relação entre a espessura numa camada de ar definida entre dois níveis de pressão e a temperatura média da camada. Variação de T e P na horizontal, altas e baixas pressões de origem térmica e circulação do ar na horizontal. Divergência anticiclónica e convergência depressionária do ar. Movimento do ar na vertical (subsistência e subida do ar).

Aula 9, 11/10/07

1.III.3. Condições de equilíbrio estático da atmosfera. Movimento adiabático vertical de uma parcela de ar. Gradientes adiabáticos seco (ou não saturado) e saturado; perfis adiabáticos verticais de variação da temperatura de uma parcela de ar. Condições de equilíbrio instável (instabilidade), estável (estabilidade) e neutro (neutralidade). Estabilidade (ou instabilidade) condicional. Nível de condensação e nível de convecção livre. Instabilidade latente. Aplicações à condensação na atmosfera: precipitação orográfica e efeito de Föhn.

Aula 10, 12/10/07

Exercícios de aplicação sobre precipitação orográfica.

1.IV. A Atmosfera em movimento.

1.IV.1. Movimento horizontal do ar. Tipos de vento e principais forças associadas. Vento barotrófico e força do gradiente horizontal de pressão (F_p): exemplo das brisas de mar e de terra e das de vale e de montanha. Vento geostrófico: F_p e força de Coriolis (F_c). Vento de superfície: F_p , F_c e força de atrito. A camada-limite planetária: advecção e atrito; convecção livre (turbulência térmica) e convecção forçada (turbulência mecânica).

Aula 11, 16/10/07

1.IV.2. Circulação Geral da Atmosfera. Os gradientes meridionais de T e P à superfície do globo e a circulação meridional unicelular. A rotação da Terra e a circulação tricelular. A célula de Hadley e as regiões tropicais: zona intertropical de convergência e precipitação convectiva, anticiclones sub-tropicais, ventos de leste (alísios). A célula de Ferrel e as regiões temperadas: depressões sub-polares e frente polar, massas de ar tropical e polar, precipitação frontal, ventos de oeste. O caso de Portugal. A célula polar. Migração meridional anual dos centros de pressão.

Aula 12, 18/10/07

1.V. Regimes climáticos e recursos hídricos

1.V.1. Grandes Unidades Geoclimáticas. Regimes climáticos associados à variação meridional da temperatura e da amplitude térmica anual e à variação meridional da precipitação. A classificação climática de Köppen: tipos climáticos e sua distribuição à superfície do globo; exemplos. O caso particular de Portugal: isotérmicas de Janeiro e Julho; isoietas anuais; influência da orografia; tipos climáticos de Köppen.

1.V.2. Disponibilidade hídrica climática em várias unidades geoclimáticas. Balanços hídricos locais à escala mensal e anual.

Exercícios de aplicação.

Aula 13, 19/10/07

Continuação da aula anterior e classificação climática de várias regiões com base em Köppen.

Aula 14, 23/10/07

1.V.2.1. Cálculo da evapotranspiração potencial (ETP) climática pelo método de Thornthwaite. Classificação climática de Thornthwaite.

Classificação climática de várias regiões com base em Thornthwaite.

Aula 15, 25/10/2007

1.V.2.2 Evapotranspiração de Penman/Monteith e a ETP climática. Disponibilidade hídrica climática com base neste ETP. Exemplo da Tapada.

Continuação de exercícios de aplicação sobre balanços hídricos e classificações climáticas.

Aula 16, 26/10/2007

1.V.3. Variabilidade climática e recursos hídricos. Tendências de variação da temperatura e da precipitação em Portugal e consequências sobre a disponibilidade hídrica; exemplo da Tapada. O caso El Niño no contexto da variabilidade climática a nível global, sobretudo a baixas latitudes.

Apoio aos alunos na preparação para o teste de dia 30/10.

Aula 17, 30/10/2007

Teste 2 do módulo 1.

Módulo 2 – Hidrologia

Aula 18, 02/11/2007

2.I. Balanço hidrológico de bacias

- Caracterização de bacias hidrográficas.

- Equação do balanço de massa aplicada a bacias: equação do balanço hidrológico.

- Caracterização dos principais elementos do balanço hidrológico: precipitação, evapotranspiração, escoamento, variação do armazenamento.

- Escoamento de bacias e consumos a jusante: abastecimento urbano, abastecimento industrial e agricultura.
- Exemplos de consumos urbanos per capita para várias cidades europeias.
- Exercícios.

Aulas 19 e 20, 06/11 e 08/11/2007

2.II. Evapotranspiração em vários sistemas

- Evapotranspiração e suas componentes: Transpiração, Perda por interceptação, Evaporação do solo. O modelo “big leaf” de Penman-Monteith.
- Métodos de medição da evapotranspiração (exemplos). Métodos baseados na resolução da equação do balanço hidrológico em bacias, lisímetros e evapotranspirómetros; Método das flutuações instantâneas (eddy covariance).
- Transpiração. Caracterização. Formulação do Modelo de Penman-Monteith para o caso da transpiração (duas resistências activas: r_c e r_a).
- Medição da transpiração: métodos de medição do fluxo de seiva (exemplos).
- Transpiração em comunidades arbóreas e herbáceas. Semelhanças e diferenças. Papel do desenvolvimento do sistema radicular (exemplos). Transpiração de comunidades arbóreas mediterrânicas e água subterrânea (exemplos). Tipos de aquíferos.
- Perda por interceptação. Caracterização. Formulação do Modelo de Penman-Monteith para o caso da perda por interceptação (uma resistência activa: r_a).
- Medição da perda por interceptação: resolução da equação do balanço hidrológico do copado (exemplos).
- Factores de que depende a perda por interceptação: Frequência da precipitação, Capacidade de armazenamento do copado, Taxa de evaporação da água.
- Perda por interceptação em comunidades arbóreas e herbáceas. Análise comparativa de valores.
- Evapotranspiração em comunidades arbóreas e herbáceas. Análise comparativa de valores. Caracterização das causas das diferenças.
- Exercícios.

Aulas 21, 22 e 23, 09/11, 13/11 e 15/11/2007

2.III. Escoamento de bacias

- Escoamento fluvial. Caracterização.
- Métodos de medição do escoamento: método da área/velocidade; descarregadores; caleiras.
- Formas de analisar o escoamento: Volume total anual (Water yield) e Regime do escoamento.
- Hidrograma de Cheia-caracterização. Cheias simples e complexas.
- Processos de formação do escoamento: componentes rápidas e componentes lentas. O modelo de Horton; o modelo de Hewlett; O caso mais geral. (Exemplos).
- Métodos empíricos de cálculo de caudais de ponta de cheia. O Método Racional – descrição. Exercício de aplicação.
- Caudais mínimos de estiagem. Curvas de duração do escoamento (flow duration curves): exemplos. Noção de caudal ecológico.
- Influência do tipo de vegetação no escoamento. Método para a sua avaliação: pares de bacias – descrição.
- Caracterização dos efeitos do tipo de vegetação, cortes e fogos no volume total de escoamento (exemplos de resultados em pares de bacias).
- Caracterização dos efeitos do tipo de vegetação, cortes e fogos nos valores extremos de escoamento (exemplos de resultados em pares de bacias).
- Exercícios.

Aula 30, 30/11/2007

Aula de síntese e de preparação para o teste dos módulos 2 e 3.

Aula 31, 04/12/2007

Teste dos módulos 2 e 3.

Módulo 3 – Gestão de recursos hídricos

Aula 24, 16/11/2007

3.I. As principais utilizações dos recursos hídricos.

3.I.1. Captações e entidades gestoras dos sistemas de distribuição

3.I.2. Usos, consumos e necessidades

3.I.2.1. Abastecimento público. Drenagem e águas residuais.

3.I.2.2. Indústria. Consumo e drenagem e tratamento de águas residuais

3.I.2.3. Turismo. Actividades turísticas consumidoras, captações e consumos

3.I.2.4. Produção de Energia Eléctrica. Consumo na produção das centrais hidroeléctricas e nas centrais termoeléctricas.

Aula 25, 20/11/2007

3.I.2.5. Consumos na agricultura. Áreas regadas. Influência do clima, da cultura e do método de rega. Evolução das áreas regadas. Distribuição das culturas regadas por região agrária.

3.I.2.6. Comparação entre os consumos, necessidades e retornos das várias actividades.

3.II. Directiva Quadro da Água (DQA)

3.II.1. Antecedentes.

3.II.2. Principais aspectos introduzidos pela DQA.

3.II.3. Objectivos gerais.

Aula 26, 22/11/2007

3.II.4. Objectivos ambientais.

3.II.5. Principais definições relacionadas com os objectivos ambientais.

3.II.6. Identificação e caracterização da situação de referência e do estado das massas de água (Anexos I, II, III e V do DL 77/2006).

3.II.7. Análise económica (anexo IV do DL 77/2006).

Aula 27, 23/11/2007

3.II.8. Monitorização do estado das águas de superfície e subterrâneas e das zonas protegidas.

3.II.9. Amortização dos custos dos serviços hídricos.

3.II.10. Abordagem combinada de fontes tópicas e difusas.

3.II.11. Informação e consulta do público.

3.II.12. Estratégias de combate à poluição da água.

3.III. Lei da Água (Lei 58/2005)

3.III.1. Apresentação genérica.

3.III.2. Princípios gerais.

3.III.3. Aspectos institucionais.

Aula 28, 27/11/2007

3.III.4. Ordenamento e planeamento dos recursos hídricos.

3.III.5. Objectivos ambientais e monitorização das águas.

3.III.6. Utilização dos recursos hídricos. Títulos de utilização .

3.III.7. Infra-estruturas hidráulicas. Empreendimentos de fins múltiplos.

Aula 29, 29/11/2007

3.III.8. Regime económico e financeiro.

3.III.9. Informação e participação do público.

3.III.10. Análise pormenorizada do conteúdo e dos programas de medidas dos planos de gestão de bacias hidrográficas.

Aula 30, 30/11/2007

Aula de síntese e de preparação para o teste dos módulos 2 e 3.

Aula 31, 04/12/2007

Teste dos módulos 2 e 3.

Módulo 4 – Específico

A) Eng. Agronómica e Arq. Paisagista

Aula 32, 06/12/2007

4.I. Fenologia e clima

Temperatura, desenvolvimento vegetativo e estados fenológicos. Duração cronológica e temperatura; relação taxa-temperatura. Temperaturas cardinais (base, óptima e máxima) e duração térmica. O conceito de tempo térmico. Estados fenológicos e o aquecimento global.

Aula 33, 07/12/2007

4.II. Intercepção de radiação solar pela vegetação

Sombreamento e produção de biomassa.. Fracção de radiação solar transmitida e fracção de radiação solar interceptada. Índice de área foliar e coeficiente de extinção. Eficiência de utilização da radiação solar na produção de biomassa.

Aula 34, 11/12/2007

4.III. Riscos meteorológicos

Granizo/Saraiva. Aguaceiros violentos (“tromba de água”). Chuvas persistentes. Vento muito forte (“temporal”; “tornado”). Frio.

Aula 35, 13/12/2007

4.IV. Necessidades de rega

4.IV.1. Evapotranspiração de referência (FAO-Penman Monteith). Coeficiente cultural, k_c (Coeficiente de paisagem, k_L). Evapotranspiração cultural, ET_c (Evapotranspiração da paisagem, ET_L).

Aula 36, 14/12/2007

4.IV.2. Breves noções sobre água no solo. Capacidade de campo, coeficiente de emurchecimento permanente, teor crítico para o crescimento.

4.IV.3. Reserva utilizável e reserva facilmente utilizável. Fracção facilmente utilizável (p).

4.IV.4. Balanço hídrico do solo com rega.

4.IV.4.1. Introdução. Dimensões do reservatório solo.

4.IV.4.2. Balanço hídrico em situação de conforto hídrico.

Aula 37, 18/12/2007

- 4.IV.4.3. Balanço hídrico em situação de stress hídrico.
- 4.IV.4.4. Exemplo de um balanço hídrico realizado em folha de cálculo EXCEL.
- 4.IV.4.5. Demonstração do programa ISAREG.
- 4.IV.4.6. Aplicações.

Aula 38, 20/12/2007

Aula de síntese e de preparação para o teste.

Aula 39, 21/12/2007

Teste do módulo 4.

B) Eng. Florestal

Aulas 32 e 33, 06/12/2007 e 07/12/2007

4.I. Florestas e clima

- O ciclo hidrológico (revisão).
- Causas da ocorrência da precipitação: precipitação frontal, convectiva e orográfica (revisão).
- Alterações climáticas: causas (revisão).
- Influências das florestas na precipitação: perspectiva histórica da análise do problema.
- A precipitação de nevoeiro (fog drip): caracterização do fenómeno.
- Efeitos das florestas no clima ao nível da macroescala. Resultados de simulações em GCMs. Exemplos. Particularização dos efeitos dos valores de albedo e da evapotranspiração.
- Fenologia e variação actual do clima. Temperatura, desenvolvimento vegetativo e estados fenológicos. Duração cronológica e térmica. Estados fenológicos e o aquecimento global.

Aulas 34 e 35, 11/12/2007 e 13/12/2007

4.II. escoamento em canais e encostas

- escoamentos permanente e uniforme (definições).
- Raio hidráulico e declive do fundo.
- Movimento uniforme: Fórmula de Chézy.
- Fórmulas práticas para o cálculo do coeficiente de Chézy: F. de Bazin, F. de Kutter, F. de Gauckler-Strickler, F. de Manning.
- Canais de secção rectangular. Generalização a encostas: canal rectangular larguíssimo.
- Exercícios.

Aulas 36 e 37, 14/12/2007 e 18/12/2007

4.III. Erosão hídrica e florestas

- Os agentes hídricos da erosão: precipitação e escoamento superficial.
- Erosividade da precipitação.
- Acção erosiva do escoamento. Velocidade crítica de arrastamento para partículas de dada dimensão.
- Formas fundamentais de erosão: erosão laminar e por sulcos; erosão concentrada em ravinas e cursos de água.
- Medição da erosão – métodos (Exemplos).
- Técnicas de combate da erosão laminar e por sulcos: técnicas mecânicas de protecção dos solos; alteração do tipo de vegetação. Recurso ao conceito de “Tolerância para a erosão” e à USLE (Universal Soil Loss Equation) para a definição de cenários de ordenamento de culturas e de práticas de protecção do solo que mantenham a erosão dentro de limites aceitáveis.

- Técnicas de combate da erosão concentrada em ravinas: Correção torrencial. Descrição do método. Exemplos.
- Florestas e erosão. Caracterização integrada dos efeitos das florestas na erosão hídrica. Exemplos.

Aula 38, 20/12/2007

Aula de síntese e de preparação para o teste.

Aula 39, 21/12/2007

Teste do módulo 4.