

HIDROLOGIA

1. Objectivos

Pretende-se dotar os alunos de conhecimentos que lhes permitam quantificar os fluxos e armazenamentos de água nos diferentes níveis a que se processa a componente terrestre do ciclo hidrológico, a sua interacção com os mecanismos biológicos introduzidos através da actividade agrícola, a manutenção dos ecossistemas criados, assim como prever futuras disponibilidades e necessidades em água.

As ferramentas fornecidas permitirão a actuação a diferentes níveis do planeamento e gestão dos recursos hídricos sobretudo se articuladas com os conhecimentos a obter noutras disciplinas, como Técnicas do Regadio, Rega e Drenagem, Conservação do Solo e da Água, Gestão de Recursos Hídricos, Projectos e Ordenamento do Território, por exemplo.

Será dada ênfase à caracterização analítica dos processos hidrológicos e à sua quantificação. Ao mesmo tempo, introduzir-se-á a modelação matemática daqueles, a resolução numérica de equações e métodos para os quais não existam soluções analíticas ou a procura de soluções analíticas aproximadas, numa perspectiva de engenharia. Pretende-se assim fornecer ao aluno a capacidade de analisar criticamente um problema e de ter a flexibilidade suficiente para o resolver, de uma forma pragmática.

2. Conteúdo

A disciplina de Hidrologia abrangerá as seguintes matérias:

i) Introdução ao Estudo da Hidrologia

Neste primeiro contacto com a cadeira relembra-se o ciclo hidrológico, caracterizam-se os seus componentes, apresentam-se as noções de balanço hidrológico e de energia, apresentando-se exemplos a nível mundial e para o caso português.

É apresentada uma classificação de modelos hidrológicos matemáticos, base para todas as quantificações a efectuar posteriormente. A compreensão deste tipo de classificação é fundamental para o aluno ter a noção do grau de aplicabilidade de um dado modelo, no espaço e no tempo. Ao longo do semestre os diferentes modelos estudados serão enquadrados nesta classificação. Finalmente, são abordadas as noções de calibração e de validação de um modelo.

ii) Caracterização Fisiográfica de Bacias Hidrográficas

A bacia hidrográfica como unidade espacial fundamental para a análise hidrológica é definida, sendo introduzidas diferentes características fisiográficas e relacionadas com diversos processos hidrológicos. Definição de tempo de concentração de uma bacia.

iii) Algumas Aplicações da Estatística em Hidrologia

A necessidade do tratamento estatístico das séries de dados hidrológicos é introduzida, na discussão da necessidade de efectuar previsões a curto e a médio e longo prazo, horizontes temporais associados à operação e planeamento de recursos hídricos, respectivamente, e que requerem metodologias distintas para a sua solução. São introduzidas as noções de tempo de retorno e de risco.

Abordam-se essencialmente três aspectos: **(a)** análise da qualidade dos dados disponíveis (testes e métodos para detecção e, alguns, para correcção de não homogeneidades ou inconsistências), **(b)** métodos para preenchimento de falhas e para extensão de dados e **(c)** análise de frequência de séries anuais, a nível pontual e a nível regional. Dado que as metodologias apresentadas são aplicáveis a dados relativos a diferentes processos hidrológicos, serão introduzidas no estudo da precipitação e os aspectos particulares associados aos diferentes processos serão abordados no estudo dos mesmos.

iv) Estudo da Precipitação

A precipitação constitui a principal entrada de água numa bacia hidrográfica sendo, naturalmente, o primeiro processo hidrológico a ser estudado.

Após a revisão de algumas matérias ministradas na disciplina de Ciências da Terra com interesse para a compreensão dos mecanismos que levam à formação da precipitação e sua caracterização, apresentam-se os aparelhos de medição da precipitação e a forma sob a qual os dados obtidos são utilizados em hidrologia.

O tratamento hidrológico a dar a esses dados é então considerado: **(a)** a análise de qualidade dos dados, o preenchimento de falhas e a extensão de dados, abordados genericamente nas Aplicações de Estatística, são aqui particularizados para a precipitação, **(b)** estudam-se as formas de calcular valores médios em área e relacionam-se com a duração das chuvadas, **(c)** caracterizam-se as precipitações para diferentes escalas temporais, começando-se nos valores anuais e acabando-se nas precipitações de curta duração (inferior ao dia). Aqui dão-se exemplos mais detalhados relativos à análise de frequência de séries anuais de precipitação e **(d)** finalmente, estuda-se como construir hietogramas de projecto. Este aspecto permite fazer a ligação da precipitação aos restantes processos hidrológicos, nomeadamente à produção de escoamento, sendo de novo abordado no estudo deste.

v) Estudo da Evaporação, Evapotranspiração e Intercepção

São apresentados os diferentes métodos e aparelhos de medição necessários à caracterização da evaporação e da evapotranspiração, alguns já abordados na disciplina de Ciências da Terra. Define-se intercepção e apresentam-se formas simples de a modelar, realçando-se a sua importância em cobertos florestais.

É dada ênfase ao cálculo e à análise comparativa das taxas de evaporação de uma superfície livre de água, do solo, de transpiração e de intercepção, em culturas agrícolas e cobertos florestais, para as mesmas condições climáticas. Explica-se como se pode aplicar a equação de Penman-Monteith em contínuo, desde uma situação de copado completamente seco, em que só há transpiração, até uma situação de copado completamente molhado, em que só há intercepção. Apresentam-se as fórmulas práticas aconselhadas para a estimativa da evapotranspiração, função do intervalo de tempo a considerar e dos dados disponíveis.

vi) Estudo do Escoamento em Meio Poroso

Para além de ser o substracto fundamental para a manutenção de (eco)sistemas agrícolas e florestais, o meio poroso – solo – desempenha um papel fundamental na componente terrestre do ciclo hidrológico. A fronteira ar – solo é responsável pelo controlo do fluxo de água que pode ir penetrando no solo (normalmente não saturado); a quantidade de água que está armazenada é primordial para a alimentação das espécies vegetais. Em profundidade, a existência de aquíferos (meio poroso saturado) permite a circulação de grandes massas de água que podem alimentar cursos de água ou vir a ser aproveitadas directamente pelo homem.

O movimento da água em meio poroso está dividido em três capítulos tradicionais: **(a)** caracterização da água no solo, teor em água e potenciais e sua medição; lei de

Darcy em meio poroso saturado e generalização para não saturado, equação da continuidade e lei de Richards, **(b)** caracterização do processo de infiltração, utilizando modelos empíricos e modelos de base física e introdução à modelação da redistribuição de água no solo (para intervalos de tempo inferiores ao dia, iguais ao dia, ao mês e ao ano) e **(c)** introdução às águas subterrâneas. Nesta introdução pretende-se fundamentalmente, para além de fornecer uma classificação de aquíferos e de apresentar algumas características que lhes estão associadas, apresentar elementos que permitam ao aluno perceber a ligação entre as águas subterrâneas e as águas de superfície e fornecer-lhe elementos que lhe permitam perceber os fundamentos das técnicas de decomposição de hidrogramas. Dado o tempo disponível não é possível dar maior desenvolvimento a este assunto, que pode já ter uma análise matemática de alguma complexidade.

vii) Estudo do Escoamento

São explicados os mecanismos de formação dos diferentes tipos de escoamento e apresentadas formas para a sua medição. A frequência do escoamento é primeiro analisada sob a forma simplificada de curvas de duração e, depois, recorrendo aos elementos de análise de frequência estudados nas aplicações de estatística. Estudam-se séries de escoamento discretizadas desde valores anuais até valores instantâneos. Neste caso, para manter uma abordagem probabilística, estudam-se séries anuais de extremos (máximos e mínimos) e não as séries cronológicas. Aprofundam-se os aspectos relativos à análise regional de frequência. Efectua-se a análise de hidrogramas e apresentam-se métodos que permitem decompô-lo nos seus componentes.

viii) Estudo das Relações Precipitação-Escoamento

Abordam-se as relações precipitação – escoamento, que contêm elementos integradores dos diversos processo até agora estudados.

Estuda-se a influência do intervalo de tempo de cálculo (anual, mensal, diário, inferior ao dia) e da dimensão da bacia (pequena, média, grande) nos processos hidrológicos relevantes e consequências no tipo de modelação a efectuar.

Começa-se com caracterizações para intervalos de tempo anuais passando-se depois para intervalos de tempo mensais, com os modelos de Thornthwaite-Mather e de Téméz. Caracterizam-se os modelos a utilizar em bacias pequenas (fórmula racional), de média dimensão (método do hidrograma unitário) e de grande dimensão (isócronas e propagação das ondas de cheia), assim como os métodos associados para a obtenção do hietograma de precipitação eficaz (desde métodos empíricos simples, como o do índice Φ até métodos com base física estudados anteriormente, passando pelo método empírico do Soil Conservation Service). Discutem-se as estratégias a utilizar consoante se disponha ou não de dados observados de escoamento.

Caracteriza-se o estudo de cheias.

ix) Métodos de Propagação de Ondas de Cheia

Estudam-se modelos simples, hidrológicos, que permitem simular a propagação de um hidrograma de cheia numa albufeira e num curso de água.

x) Estudo da Erosão Hídrica

Finalmente, apresenta-se o processo de erosão hídrica, sua evolução e aparelhos de medição. Apresentam-se modelos empíricos para a sua estimativa. Relaciona-se a erosão hídrica com os restantes processos hidrológicos e com o uso do solo, fornecendo-se metodologias conducentes à conservação do solo e da água.

3. Estrutura Das Aulas E Avaliação De Conhecimentos

Existem duas aulas teórico-práticas por semana, de 2,5 h. As aulas são dadas em salas com computadores que permitem uma mais rápida resolução dos diversos problemas propostos recorrendo, nomeadamente, à utilização do *Microsoft Excel*. No entanto, é importante estar munido de máquina de calcular, pois o importante é saber resolver os problemas, independentemente do tipo de suporte de cálculo disponível. Depois da explicação da matéria teórica são apresentados e resolvidos (pelo menos parcialmente) diversos problemas tipo.

A avaliação de conhecimentos é feita através de trabalhos práticos e de um exame final. Os trabalhos práticos são feitos por grupos de 3 alunos, correspondem à aplicação da matéria dada a uma bacia hidrográfica real e vão sendo entregues ao longo do semestre de acordo com os prazos que forem sendo apresentados. Terão uma classificação de 0 a 20. A classificação atribuída ao conjunto dos trabalhos será dada após discussão oral dos mesmos, no fim do semestre, pelo que os elementos do grupo poderão ficar com classificações diferentes. Na época de exames será realizado um exame teórico-prático final, com toda a matéria, também classificado de 0 a 20. Este exame só poderá ser efectuado pelos alunos que foram aprovados nos trabalhos práticos. A classificação final na disciplina corresponde à média aritmética das classificações dos trabalhos práticos (50% de peso) e do exame final (50% de peso). Quer os trabalhos práticos quer o exame final têm uma nota mínima de 8 valores, abaixo da qual o aluno é reprovado.