

Curso	Engenharia Civil			Ano letivo	2020/2021		
Unidade Curricular	Geologia Aplicada			ECTS	5.5		
Regime	Obrigatório						
Ano	1º	Semestre	2º Semestre	Horas de trabalho globais			
Docente (s)	Ana Maria M. C. Antão			Total	154	Contacto	75
Coordenador área disciplinar	José Carlos Almeida						

### GFUC PROPOSTO

## 1. OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

Habilitar os alunos de Engenharia Civil com conceitos básicos das Ciências da Terra que lhes permitam conhecer e compreender as dinâmicas terrestres e suas implicações nas obras de engenharia. Facultar aos alunos conceitos necessários para a compreensão de algumas matérias lecionadas noutras disciplinas do âmbito da geotecnia. Fornecer ferramentas para interpretar os fenómenos geológicos (sismos, deslizamentos, fenómenos vulcânicos). Compreender a importância que a Geologia tem na caracterização dos materiais rochosos com vista quer ao dimensionamento geotécnico de obras de engenharia, quer também na resolução de problemas de engenharia decorrentes da interação com os trabalhos e atividades humanas.

## 2. CONTEÚDOS PROGRAMÁTICOS

### PROGRAMA TEÓRICO

- A. Orientação da cadeira no âmbito do curso de Engenharia Civil. Geologia *versus* Geologia de engenharia. Noção de Geologia de Engenharia (IAEG, 1992). Análise de casos de estudo aplicados.
- B. A Terra: materiais, processos e história. Estrutura da Terra: dados diretos e indiretos. A sismicidade terrestre. Características das ondas sísmicas. Zonamento sísmico e vulcânico da Terra. Escalas sísmicas. Zonamento sísmico de Portugal segundo o EC8: fatores de zonamento.
- C. Os ciclos de geodinâmica terrestre. Rochas – génese, classificação e identificação. Noções básicas de mineralogia. As argilas: características e propriedades. A importância das argilas em obras de engenharia civil.
- D. Algumas noções de estratigrafia. Estruturas geológicas. Geologia estrutural *versus* tectónica. Deformações elásticas e plásticas. Regime frágil e dúctil, cisalhamento, flexão, achatamento e fluência. Falhas e juntas: Tipos e classificação.
- E. A Geologia de engenharia nos trabalhos de engenharia civil: fases de projeto e sua evolução. Documentação cartográfica, geológica, geotécnica e aerofotográfica. A

fracturação em maciços rochosos: sua caracterização. Introdução à projeção estereográfica e respetiva análise estatística.

- F. Principais parâmetros geomecânicos das rochas. Propriedades índice das rochas - sua importância. Classificação geotécnica de rochas. Classificação da ISRM e da IAEG. Classificação de Deere e Miller e de Coates & Pearsons.
- G. Classificação de maciços rochosos – classificação de Bieniawski (RMR), de Barton (Q), de Romana (SMR), de Manuel Rocha (MR) e de Hoek (GSI). Zonamento de maciços rochosos. Importância da classificação geotécnica em obras de engenharia civil: exemplos nacionais.
- H. Movimentos de massas. Tipificação dos movimentos. Causas. Noção de fator de segurança. Tipos de rotura. Análise da estabilidade de taludes rochosos: métodos gráficos e analíticos. Tipos de controlo e estabilização de taludes rochosos. Monitorização: sua importância. Exemplos.
- I. Alteração e alterabilidade de rochas. Fatores internos e externos. Tipos de alteração da rocha (física, química, biológica e artificial). Morfologias cársticas (“karst”) e de zonas graníticas (“tors”). Formação de minerais secundários. Tipos de solos: residuais e transportados. Ensaio de previsão e caracterização da alterabilidade/durabilidade de rochas

#### **PROGRAMA PRÁTICO**

- 1. Observação e interpretação de mapas geológicos e topográficos, de cartas temáticas e de fotografias aéreas. Elaboração de perfis topográficos e geológicos. Sua interpretação. Determinação de áreas e distâncias em mapas. Determinação da declinação magnética do local em cartas topográficas e sua introdução nas bússolas.
- 2. Determinação do epicentro de um sismo, análise de acereogramas e exercícios sobre zonamento sísmico.
- 3. Observação, identificação e classificação de rochas e minerais.
- 4. Análise de fotografias aéreas em estereoscopia e interpretação fotogeológica.
- 5. Projeção estereográfica de descontinuidades e sua análise interpretativa.
- 6. Execução de ensaios laboratoriais para determinação das propriedades índice das rochas (porosidade, teor de água, pesos volúmicos, velocidade dos ultrassons). Exercícios sobre propriedades índice das rochas.
- 7. Execução de ensaios laboratoriais de caracterização da alterabilidade das rochas (Slake durability test) e da sua resistência (Point Load Test). Determinação de alguns parâmetros geomecânicos das rochas a partir de ensaios laboratoriais.
- 8. Exercícios sobre classificação geotécnica de rochas e de maciços rochosos.
- 9. Exercícios sobre estabilidade de taludes rochosos. Análise de rotura planar e por cunha: método de *Markland & Hocking*, métodos de *Hoek & Bray*. Determinação do fator de segurança no deslizamento de blocos de rocha com e sem a ação da água.
- 10. Levantamentos de taludes rochosos no campo (classificação BGD) e respetivo zonamento.

#### **3. DEMONSTRAÇÃO DA COERÊNCIA DOS CONTEÚDOS PROGRAMÁTICOS COM OS OBJETIVOS DA UC**

Trata-se da primeira introdução à área da geotecnia. Para isso são fornecidos aos alunos, conceitos teóricos e conceitos aplicados à geologia de engenharia. Pretende-se que o aluno saiba analisar e interpretar informação geológica – mapas, cortes, perfis geológicos, identificar propriedades e comportamentos de materiais rochosos. Deverá ter uma ideia da localização dos principais tipos de rochas no país, e relacioná-los com o comportamento sísmico dessas zonas. Deverá saber determinar propriedades das rochas e qual a sua variação. Deverá conseguir realizar um zonamento expedito dum local, bem como fazer a sua caracterização e análise de estabilidade.

#### **4. BIBLIOGRAFIA PRINCIPAL**

- Sebentas, Fichas de exercícios práticos e Protocolos de Ensaios fornecidos pelo docente.
- ANTÃO, A. (2006) – *Algumas noções e conceitos sobre alteração de rochas*. Sebenta IPG. ISSN 1645-8281.
- ANTÃO, A. (2010) – *Geologia Aplicada. Conceitos sobre mecânica das rochas e estados de tensão em maciços rochosos*. Sebenta IPG. ISBN 978-972-8681-22-7
- ANTÃO, A. (2010) – *Geologia Aplicada. Água subterrânea. Importância em obras de Engenharia*. Sebenta IPG. ISBN 978-972-8681-22-7
- BELL, F. G. (1993) - *Engineering Geology*. Blackwell Science.
- BELL, F. G. (2000) - *Engineering properties of soils and rocks*. Blackwell Science, Ltd.
- BLYTH & FREITAS (1986) – *A geology for engineers*.
- CATÁLOGO DAS ROCHAS ORNAMENTAIS PORTUGUESAS. 3 vol. DGGM.MIE. (versão *on-line* no INETI: <http://rop.ineti.pt/rop/>)
- DER COURT, J. e PAQUET, J. (1986) – *Geologia. Objectos e métodos*. Livraria Almedina. Coimbra.
- GALOPIM DE CARVALHO, A. M. (1997) – *Geologia. Petrogénese e orogénese*. Universidade Aberta.
- GALOPIM DE CARVALHO, A. M. (2008) – *Cristalografia e mineralogia*. Âncora Editores
- GALOPIM DE CARVALHO, A. M. (2003) - *Geologia sedimentar: sedimentologia*. Âncora Editores
- GALOPIM DE CARVALHO, A. M. (2003) – *Sedimentogénese*. Âncora Editores
- GALOPIM DE CARVALHO, A. M. (2002) – *Introdução ao estudo do magmatismo das rochas magmáticas*. Âncora Editores.
- GOMES, C.F. (1988) – *Argilas: o que são e para que servem*. Fundação Calouste Gulbenkian.
- GONZÁLEZ de VALLEJO, LUIS (2006) – *Ingeniería Geológica*. Pearson. Prentice Hall
- GOODMAN R. (1980) – *Introduction to rock mechanics*. J. Wiley & Sons
- GOODMAN R. (1993) – *Engineering Geology. Rock in engineering construction*. J. Wiley & Sons.
- HOEK E BRAY (1991) – *Rock slope engineering*. IMM, Londres.
- HOEK'S CORNER – Practical Rock Engineering-  
[http://www.rocscience.com/education/hoek\\_s\\_corner](http://www.rocscience.com/education/hoek_s_corner)

- HOLMES & HOLMES (1983) – *Geologia física*. Edição Ómega, Barcelona.
- HURLBUT, C. (1974) – *Manual de Mineralogia de Dana*.
- HUDSON, J.A. (1997) - *Engineering rock mechanics: an introduction to the principles*. Pergamon, Elsevier, Science, Ltd
- JOHNSON R.B. E DE GRAFF J.V. (1988) – *Principles of engineering geology*. J. Wiley & Sons.
- KEHEW, A. E. (2006) – *Geology for Engineers & Environmental Scientists*. 3rd edition, Pearson Prentice Hall.
- MELENDEZ, B. e FUSTER, J. (1984) – *Geologia*. Paraninfo S.A. Madrid.
- REBELO, J.A. (1999) – *As cartas geológicas ao serviço do desenvolvimento*. Edição do IGM.
- REGÊNCIO MACEDO C.A.E M. B. SOUSA. (1982) - *Leitura e interpretação de cartas geológicas*. DCT da Universidade de Coimbra.

#### Recomendada

- ABBOTT, P. L. (1996) – *Natural Disasters*. Wm. C. Brown Publishers.
- BLACKBURN W. E W. DENNEN (1994) – *Principles of mineralogy*. WCB
- BELLAIR P. POMERAL, CH. (1984) – *Eléments de géologie*. A. Colin, Paris.
- Bieniawski, Z.T. (1989) - *Engineering rock mass classifications : a complete manual for engineers and geologists in mining, civil, and petroleum engineering*
- Bieniawski, Z.T. (1992) - *Design methodology in rock engineering : theory, education and practice*
- CAMPY, M. e MACAIRE, J.J (1989) – *Géologie des formations superficielles*. Mason, Paris.
- CONTE, D., THOMPSON, D. e MOSES, L. (1997) – *Earth Science. An integrated Perspective*. McGraw-Hill
- DAVIS, J.C. (1986) – *Statistics and data analysis in geology*. J. Wiley & Sons
- DAVIS, W.A. (1984) – *Structural geology of rocks and regions*. J. Wiley & Sons
- *Engineering geological maps – a guide to their preparation* (1976). The UNESCO Press.
- HARRISON, J.P. (1997) - *Engineering rock mechanics:part2*. Pergamon, Elsevier, Science, Ltd
- Krauskopf, K. B. e BEISER, A. (2000) – *The Physical Universe*. McGraw-Hill.
- LILLSAND E KIEPER (1978) – *Remote sensing and image interpretation*. J. Wiley & Sons.
- PEDRAZA, J. ET AL. (1989) – *Formas graníticas de la pedriza*. Agencia del Médio Ambiente, Madrid.
- WYLLIE, P.J. (1995) – *A Terra. Nova Geologia Global*. 3ª Edição. Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa.
- Wyllie, Duncan C. (1992) - *Foundations on rock*. E & FN Spon
- VELHO, J. L. (2005) – *Mineralogia industrial. Princípios e Aplicações*. Lidel

#### “Sites” COM INTERESSE

<http://www.apgeologos.pt/index.htm>

<http://www.earth-pages.com/>

<http://e-geo.ineti.pt/>

<http://www.emsc-csem.org/index.php?page=home>

<http://geopor.pt/>

<http://www.geoscienceworld.org/>

<http://www.usgs.gov/>

<http://www.lneg.pt/>

## **5. METODOLOGIAS DE ENSINO (REGRAS DE AVALIAÇÃO)**

Expositiva e com apresentação de alguns casos de estudos. Exercícios teórico-práticos, análise de mapas e execução de ensaios laboratoriais para consolidar conhecimentos adquiridos. Aulas de campo para apresentação/visualização de aspetos relevantes da UC. A avaliação será feita do seguinte modo:

- Trabalhos obrigatórios efetuados pelos alunos - **TRAB**
- 2 Frequências - **FREQ**
- Exame final para quem não dispensou por frequência – **EXAME**

$$\text{Avaliação} = [\text{TRAB (nota 7)} + \text{FREQ. ou EXAME (nota 13)}] = 20$$

- Nota: Os trabalhos são obrigatórios para a aprovação na disciplina, sendo válidos também para o exame da época normal. O exame de recurso não contempla os trabalhos realizados (**TRAB**).

Os trabalhos efetuados no ano letivo imediatamente anterior poderão ser validados para este ano se o aluno assim o expressar.

## **6. DEMONSTRAÇÃO DA COERÊNCIA DAS METODOLOGIAS DE ENSINO COM OS OBJETIVOS DA UNIDADE CURRICULAR.**

Pretende-se dotar os alunos que não tiveram geologia no ensino secundário, de alguns conceitos básicos aplicados ao curso em questão. Para isso é promovida a pesquisa bibliográfica e web gráfica através da apresentação de trabalhos. As aulas de campo servem como demonstração de algumas noções e conceitos teóricos dados, culminando no desenvolvimento de um trabalho de campo feito pelos alunos. As aulas laboratoriais servem para um primeiro contacto com os materiais rochosos, posterior análise destes, introduzindo os alunos para a importância da determinação de algumas propriedades das rochas. Estas são determinadas através de ensaios feitos por grupos de 2/3 alunos no laboratório, dos quais resultam relatórios críticos sobre os procedimentos e resultados obtidos. Pretende-se que os alunos, como futuros engenheiros, tenham espírito crítico em relação aos valores dessas propriedades, à sua determinação e que importância pode ter a sua incorreta

determinação numa obra civil. Pretende-se com a análise de alguns casos de obras portuguesas com especial enfoque na sua dimensão geotécnica, alertar e sensibilizar os futuros engenheiros para a importância da geologia aplicada no projeto de obras de engenharia civil.

## **7. REGIME DE ASSIDUIDADE**

A assiduidade é fortemente recomendada especialmente nas aulas práticas e de campo, não existindo mínimos obrigatórios a observar pelos alunos.

## **8. CONTATOS E HORÁRIO DE ATENDIMENTO**

(Ana Maria Antão, [anantao@ipg.pt](mailto:anantao@ipg.pt), Gab.76, ext.1276)

## **9. OUTROS**

Recomenda-se cuidado de higiene e segurança nas práticas realizadas nos laboratórios bem como nos trabalhos de exterior (campo).

Data: 15 março de 2021

Docente

Ana Maria Antão