e-Terra
http://e-terra.geopor.pt
ISSN 1645-0388
Volume 8 – nº 2
2010
VIII CONGRESSO NACIONAL DE GEOLOGIA 2010

Revista Electrónica de Ciências da Terra
Geosciences On-line Journal

GEOTIC – Sociedade Geológica de Portugal
VIII Congresso Nacional de Geologia

A hidrogeologia nas grandes obras de engenharia: perspectiva multidisciplinar

The hydrogeology at civil engineering major works: multidisciplinary perspective

J. MARTINS DE CARVALHO – jmc@tarh.pt (LABCARGA, Instituto Superior de Engenharia do Porto)

RESUMO: A água subterrânea interfere nos processos construtivos das obras e nos respectivos impactes e está presente na maioria das questões ligadas aos riscos geológicos naturais e induzidos. Pode ser um problema temporário, durante a fase de construção das obras de engenharia, ou a longo prazo.
Uma visão pluridisciplinar, no âmbito da geoengenharia, para controlar os riscos técnico-económicos sempre envolvidos nas obras, impõe a concepção de modelos de funcionamento dos sistemas hidrogeológicas e assume-se como importante apoio à prospecção geotécnica e à gestão do sub-solo.

PALAVRAS-CHAVE: água subterrânea, hidrogeologia, prospecção geotécnica, prospecção hidrogeológica, geoengenharia.

ABSTRACT: Groundwater interferes with the construction works and in their impacts and is present in most of the issues linked to natural and geological induced risks. Furthermore, groundwater can be a temporary problem, during the phase of construction or a long-term subject.
A multidisciplinary geoengineering approach to control the technical and economical risks involved in civil works always requires the design of conceptual hydrogeological models, assumed as an important support for geotechnical exploration and the overall subsoil management.

KEYWORDS: groundwater, hydrogeology, geotechnical prospecting, hydrogeological prospecting, geoengineering.

A água determinou o dealbar da vida e o desenvolvimento dos ecossistemas durante a longa história da Terra. Muito mais tarde no tempo geológico, a instalação das actividades humanas foi condicionada pela disponibilidade e ocorrência deste recurso geológico. Os livros religiosos, e concretamente a Bíblia, dão conta das lutas, das astúcias e das técnicas que sucessivamente a humanidade usou para assegurar a sobrevivência da espécie.

O aparecimento das primeiras grandes concentrações humanas – junto aos grandes rios ou das grandes descargas naturais de água subterrânea – ditou o início de uma visão antropocêntrica da evolução e da apropriação dos recursos do Planeta. Foi com o surgimento da revolução industrial que pela primeira vez na história da Terra os processos geológicos foram afectados de forma maciça pela actividade antrópica. De tal forma, que nos tempos actuais, as mudanças climáticas impõem uma resposta global à forma como as comunidades humanas gerem os recursos, particularmente os recursos energéticos e os hídricos, estes últimos a partir da utilização de técnicas da hidrologia e da hidrogeologia.

O recurso geológico água tem um papel determinante nos processos geológicos, na vida, na actividade humana, na gestão do solo e subsolo e na prática da engenharia geotécnica e da geoengenharia (Driscoll 1986, Fetter 2001, Bock 2006).

Praticamente todas as actividades humanas têm interferência, ou interferem com o ciclo da água e mais concretamente com as águas subterrâneas, conforme se mostra na figura 1.

A água subterrânea interfere nos processos construtivos das obras e nos respectivos impactes e está presente na maioria das questões ligadas aos riscos geológicos naturais e induzidos. Por isso, os problemas de águas subterrâneas em obras de engenharia podem resumir-se duma forma simples: água a mais ou água a menos em trabalhos superficiais ou em trabalhos profundos (Letourneur et Michel 1971).

Nos trabalhos superficiais incluem-se a exploração de águas subterrâneas, os trabalhos de fundação, as vias de comunicação, as condutas enterradas, as pontes, a reconfiguração de linhas de água, os canais, as barragens e os açudes e as obras marítimas e fluviais. Nos trabalhos subterrâneos incluem-se os poços, os túneis, as galerias, e as grandes cavidades e armazenamentos subterrâneos.

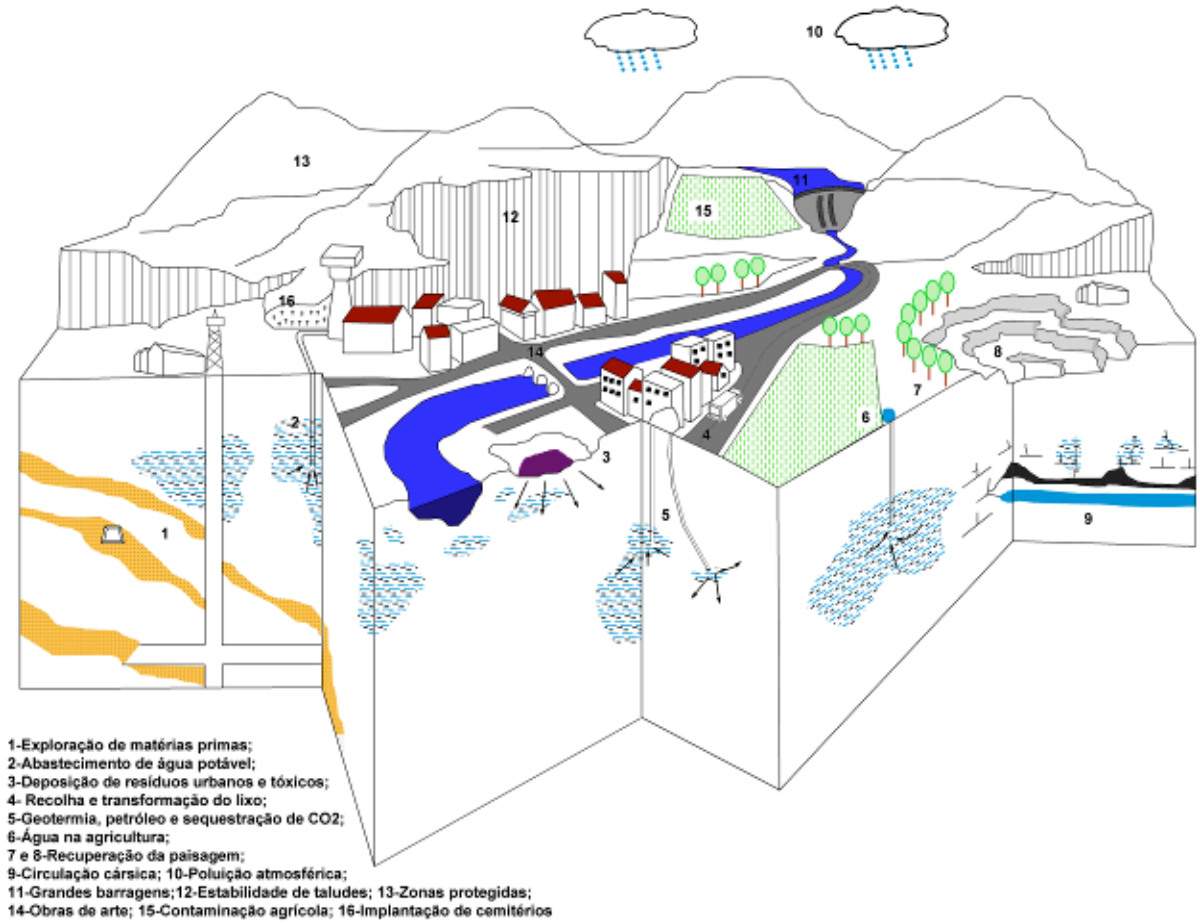

Figura 1 - A água e as actividades humanas.

Nos riscos naturais podemos incluir os causados por materiais geológicos (solos expansivos, asbestos, radão, gases naturais explosivos, tóxicos e nocivos em escavações subterrâneas e águas naturais agressivas) e os derivados de processos geológicos e meterológicos (vulcanismo, terramotos e maremotos, deslizamentos e quedas de blocos, inundações e secas, tufões e ciclones e os riscos costeiros e fluviais). Incluem fenómenos naturais diversos que têm em comum o facto

da sua ocorrência se verificar sem o contributo da acção do Homem (Suárez & Regueiro 1997, Oliveira 2001).

Os riscos induzidos (ou riscos geotécnicos lato sensu) incluem a sobrexploração de águas subterrâneas, o avanço da cunha salina nas zonas litorais, a rotura de barragens, a subsidência, a expansividade, o colapso e a liquefacção de solos, a erosão acelerada e os acidentes de poluição. Estão incluídos, também, fenómenos bem actuais como o da subida dos níveis de água nas grandes metrópoles por diminuição das extracções de água subterrânea e/ou devido a infiltração de águas residuais.

A partir do primeiro choque petrolífero de 1973 as preocupações dos políticos, dos cientistas e dos técnicos evoluiu de uma atitude francamente desenvolvimentista para um padrão tendencialmente conservacionista. Esta nova atitude, que reflecte uma visão das elites, ainda não totalmente apreendida pela população em geral, manifesta-se no surgimento de novas disciplinas ou no alargamento do âmbito das ciências e técnicas tradicionais a abordagens multidisciplinares como a da hidrogeologia ambiental ou a da geotecnia ambiental.

Aos problemas sucessivamente colocados às Ciências da Terra no âmbito dos recursos hídricos subterrâneos foram surgindo especializações como a geologia aplicada (Desio 1949, Letourneur et Michel 1971), a hidrogeologia aplicada (Fetter 2001), a geologia de engenharia (Krynine & Judd 1957, González de Vallejo et al. 2002 e a hidrogeologia ambiental (Soliman et al. 1998, Younger 2007).

Do ponto de vista da engenharia a aproximação fez-se pela mecânica dos solos (Terzaghi 1936, Terzaghi et al. 1996, Matos Fernandes 2008), pela mecânica das rochas (Muller 1963, 1976, Rocha 1964 e 1976, Hoek 1994), e pela geotecnia ambiental (Dinis da Gama 2000). Hoje é difícil estabelecer diferenças significativas entre a engenharia geológica e a engenharia geotécnica (Gonzallez de Vallejo et al. 2002). O engenheiro geotécnico dá prioridade aos processos construtivos, o engenheiro geólogo privilegia a perspectiva geológica de engenharia; talvez a maior diferença na prática profissional (e na própria investigação) esteja na formação básica, de partida, dos profissionais envolvidos (em regra, os engenheiros geólogos, derivam de uma formação básica em geologia aplicada e de engenharia de minas; os engenheiros geotécnicos, derivam, em geral, da engenharia civil, da geologia de engenharia e, por vezes, da engenharia de minas).

O padrão básico das intervenções nestas áreas, conforme se mostra na figura 1 é o da engenharia geotécnica e da geologia de engenharia ao serviço das soluções geotécnicas para a mitigação de riscos (derivados de processos geológicos) e de impactes ambientais e para a execução de projectos e obras de engenharia (González de Vallejo et al. 2002).

A água subterrânea pode ser um problema temporário, durante a fase de construção das obras de engenharia, ou a longo prazo, se as estruturas interagirem com os regimes de escoamento (de percolação na linguagem do geotécnico). Deficiente prospecção ou monitorização podem conduzir a atrasos, sobrecustos e problemas operacionais e de manutenção durante a vida útil da obra.

Uma visão pluridisciplinar que leve à identificação dos principais problemas pode ajudar a controlar os riscos técnico-económicos sempre envolvidos em obras de engenharia. Por isso a concepção de modelos de funcionamento dos sistemas hidrogeológicas, assume-se como importante apoio à prospecção geotécnica e à gestão do sub-solo. Por outro lado, os resultados da prospecção servem para refinar e quantificar muitos dos parâmetros que depois são usados em eventual modelação matemática.

Para o hidrogeólogo a água subterrânea é o recurso que alimenta as nascentes, as linhas de água e as zonas húmidas e está disponível para extracção e utilização nas mais variadas actividades humanas. Em contraste, para o engenheiro geotécnico a água subterrânea é sistematicamente um problema potencial que requer uma solução.

Na generalidade, projectos com fundações na zona saturada têm mais problemas construtivos ou de exploração que os fundados na zona vadosa ou em formações geológicas de muito baixa permeabilidade.

A engenharia geotécnica e a geologia de engenharia relacionam os problemas de engenharia civil, de magnitude cada vez maior e mobilizando cada vez mais meios, com os recursos e os processos geológicos, designadamente os recursos hídricos.

A consciência ambiental acrescida da Sociedade veio gerar novas preocupações a nível do projecto e execução das obras. Por isso os projectos são, dia a dia, cada vez mais interdisciplinares e complexos mobilizando equipas vastas que, com diferentes olhares sobre a água e o seu papel na obra e na envolvente, têm de encontrar soluções técnico-económicas, consensuais e ambientalmente sustentadas.

Os engenheiros adoptam métodos para mitigar os efeitos das águas subterrâneas na construção, ou mesmo na fase de exploração. Nalguns casos é possível conceber dispositivos em que sistemas de rebaixamento permanente sirvam, também, para a produção de água para usos consumptivos.

A complexidade dos problemas geotécnicos incluindo problemas de gestão muito díspares ao nível do solo e do espaço subterrâneo obriga a abordagens multidisciplinares científico-tecnológicas para as quais, no seu conjunto, foi proposta a designação de geoengenharia (CERF 1994, Oliveira 2001, Manoliu & Radulescu 2008, Bock 2006).

Os praticantes da geoengenharia, porque gerem os recursos geológicos e o património construído por vezes nos limites da sustentabilidade ambiental, são obrigados a pautar as respectivas intervenções por elevados padrões éticos e morais (Suarez & Regueiro 1997, Brandl 2004).

Referências

Bock, H. (2006) – Common ground in engineering geology, soil mechanics and rock mechanics: past, present and future. *Bull Eng Geol Env*, 65, pp. 209–216.

Brandl, H. (2004) – *The Civil and Geotechnical engineer in society: ethical and philosophical thoughts; challenges and recommendations*. Deep Foundations Institute, 24 p.

CERF [Civil Engineering Research Foundation] (1994) – *Geo-engineering: a vision for the 21st Century*. CERF Report #94-5020, Washington, 40 p.

Desio, A. (1949) – *Geologia Applicata all'Ingegneria*. Editore Ulrico Hoepli. 851 p.

Dinis da Gama, C. (2000) – Geotecnia ambiental: perspectivas e aplicações. *Geotecnia*, Revista da Sociedade Portuguesa de Geotecnia, 90, pp. 9-47.

Driscoll F.G. (1986) – *Groundwater and Wells*. Johnson Division. 1089 p.

Fetter, C.W. (2001) – *Applied Hydrogeology*. 4th Edition. Prentice Hall, New Jersey, 598 p.

Foster, S.S.D., Morris, B.L., Lawrence, A.R. (1994) – Effects of urbanization on groundwater recharge, *In*: Wilkinson, W.B. (Edt.), *Groundwater problems in urban areas: London*, Thomas Telford, pp. 43-63.

González de Vallejo, L.I., Ferrer, M., Ortuño, L., Oteo, C. (2002) – *Ingeniería geológica*. Prentice Hall, Madrid, 715 p.

Grischek, T., Nestler, W., Piechniczek, K., Fischer, T. (1996) – Urban groundwater in Dresden, Germany. *Hydrogeology Journal*, 4, pp. 48-63.

Hoek, E. (1994) – Strenght of rocks and rock masses. *ISRM New Journal 2*, 2, pp. 4-16.

Krynine, D.P., Judd, W.R. (1957) – *Principles of Engineering Geology and Geotechnics*. McGraw-Hill. 730 p.

Letourner, J., Michel, R. (1971) – *Géologie du Génie Civil*. Librairie Armand Colin, 728 p.

Manoliu, I., Radulescu, N. (Edt.) (2008) – *Education and training in geo-engineering sciences: soil mechanics, geotechnical engineering, engineering geology and rock mechanics*. CRC Press, Taylor & Francis Group, London. 514 p.

Matos Fernandes, M. (2008) – *Mecânica dos solos. Conceitos e princípios fundamentais*. Vol. I. FEUP, 451 p.

Muller, L. (1963) – Der Felsbau, Vol. 1. Enke, Stuttgart, 624 p.

Muller-Salzburg, L. (1976) – Geology and engineering geology. Reflections on the occasion of the 25th anniversary of the death of Hans Cloos. *Bull IAEG*, 9, pp. 75–78.

Oliveira, R. (2001) – Teaching environmental subjects in engineering geological education. *In*: Marinos, Koukis, Tsiambos & Stournaras (Edt.), *Engineering Geology and the Environment*. 4: 3649-3654.

Rocha, M. (1964) – Some problems on failure of rock masses. *Rock Mech and Eng Geology Supplement I*.

Rocha, M. (1976) – Possibilidades presentes de estudo das fundações de barragens de betão. *Geotecnia*, 17, pp. 3-53.

Soliman, M.M., LaMoreaux, P.E., Memon, B.A., Assaad, F.A., LaMoreaux, J. W. (1998) – *Environmental Hydrogeology*. Lewis Publishers, 386 p.

Suarez, L., Regueiro, M. (1997) – *Guia ciudadana de los riesgos geológicos*. The American Institute of Professional Geologists, Ilustre Colegio Oficial de Geólogos. 196 p.

Terzaghi, K. (1936) – The shearing resistance of saturated soils. *Proc IICSMFE*, I, pp. 54-56.

Terzaghi, K., Peck, R.B., Mersi, G. (1996) – *Soil mechanics in engineering pratice*. John Wiley &Sons. 529 p.

Younger, P.L. (2007) – *Groundwater in the Environment- an introduction*. Blackwell Publishing. 318 p.