

GEOLOGIA DE ENGENHARIA. GÉNESE, EVOLUÇÃO E SITUAÇÃO ACTUAL

Engineering geology. Genesis, evolution and current situation

Ricardo Oliveira*

RESUMO – Este trabalho relata as primeiras actividades de natureza científica, profissional e docente nos países onde foi mais visível a aplicação do conhecimento geológico de solos e maciços rochosos em projectos e obras de engenharia e descreve a evolução desses conceitos até à criação da Geologia de Engenharia, como disciplina científica da Geotecnia, bem como da Associação Internacional de Geologia de Engenharia (AIGE). Finalmente, descreve-se a evolução que essa mesma temática seguiu em Portugal até à actualidade.

SYNOPSIS – This work reports the first scientific, professional and teaching activities in countries where the application of Geology to the design and construction of engineering works has been more representative. It describes the evolution of that concept until the establishment of Engineering Geology as one of the independent disciplines of Geotechnics, as well as the creation of the International Association of Engineering Geology. Finally it describes both the evolution of these subjects in Portugal and the current situation in the country.

PALAVRAS CHAVE – Geologia, Geologia Aplicada, Geologia de Engenharia, Geotecnia.

1 – INTRODUÇÃO

A evolução do papel da Geologia nas obras de engenharia está intimamente ligada à evolução da própria engenharia, em Portugal e no mundo.

No século XIX houve já alguns cientistas e profissionais que se distinguiram pelo seu trabalho geológico, nomeadamente de cartografia geológica aplicada a actividades mineiras e a obras da responsabilidade da engenharia militar, tais como túneis, vias férreas e canais.

Destaca-se, no nosso país, o estudo geológico conduzido por Paul Choffat, em 1888, para o túnel do Rossio, em Lisboa, com 2 600 m de extensão, considerado então como a maior obra de engenharia do Século XIX. Tratou-se de um trabalho notável, com detalhada cartografia litológico-estrutural das superfícies de escavação e registo das variadas afluências de águas subterrâneas ao longo do seu alinhamento (Choffat 1889). Idênticas situações ocorreram nessa altura em vários países europeus e nos Estados Unidos registadas em numerosa bibliografia.

Nesse período, que se estendeu aos primeiros anos do Século XX, tratava-se em geral de actividade de geologia naturalista conduzida por geólogos sem qualquer formação em ciências de engenharia.

Ocorre por essa época o aparecimento da Engenharia Civil, destacando-se da Engenharia Militar, que passou a ser responsável pelo corpo de conhecimentos relativos ao projecto e construção das grandes obras, indispensáveis ao desenvolvimento económico e social dos países, com destaque para as redes de transporte rodoviário e ferroviário, incluindo túneis, canais e condutas

* Presidente COBA, S.A. Consultores de Engenharia e Ambiente
Professor Catedrático Convidado da Universidade Nova de Lisboa
Av. 5 de Outubro, 323 – 1649 – 011 Lisboa – E-mail: ricardo.oliveira@coba.pt

para abastecimento de água e regadio e barragens visando a produção de energia e a protecção das cidades contra cheias catastróficas.

No seguimento da primeira guerra mundial e em especial da segunda, foram sendo construídas obras cada vez de maiores dimensões, interferindo de forma crescente com os terrenos interessados.

Preocupações com a fundação dessas estruturas, com a estabilidade das escavações subterrâneas, com os materiais de construção, com o comportamento hidráulico dos terrenos, entre outras, conduziram à evidência da necessidade de um conhecimento geológico mais aprofundado das formações envolvidas, orientado para a caracterização do seu comportamento em cada caso.

Passou assim a impor-se uma colaboração dos geólogos adaptada a essas exigências, deixando a sua actividade de ser de carácter essencialmente naturalista para se transformar em Geologia Aplicada. Tal situação caracteriza a primeira metade do Século XX, tendo-se distinguido nesse período numerosos profissionais e académicos, alguns na área da Geologia Aplicada à Engenharia.

Para tal concorreram também acidentes catastróficos resultantes de rupturas de fundações de estruturas, em especial barragens (por exemplo Saint-Francis nos Estados Unidos em 1928 que causou mais de 400 vítimas e Gleno, na Suíça, em 1923, que causou 600 vítimas) e de túneis (como o caso do túnel ferroviário de Lotschberg na Suíça, em 1908 que causou a morte de 25 trabalhadores em resultado da ruptura da frente de escavação em função de elevada carga hidráulica subterrânea).

Merecem destaque no primeiro quartel do Século XX as actividades do geólogo suíço Maurice Lugeon, do engenheiro Karl Terzaghi e do geólogo Charles Berkey dos EUA, em virtude do reconhecimento que deles perdura nos nossos dias.

Todos eles tinham, então, já a convicção de que a segurança e a economia das obras de engenharia exigiam a colaboração de geólogos com formação complementar da naturalista e tradicional, e conhecimentos de algumas ciências de engenharia tais como a mecânica e a hidráulica.

Dizia Maurice Lugeon no seu livro “Barrages et Geologie” (Lugeon 1933) “Onde se encontra o limite do trabalho do engenheiro e do trabalho do geólogo, onde se encontra a fronteira comum? É uma definição muito simples. Tudo que está sobre a superfície de apoio [da barragem] será da responsabilidade do engenheiro, tudo o que está para lá da superfície de apoio seria da responsabilidade do geólogo. Há portanto uma fronteira comum que é a superfície de fundação, a superfície sobre a qual se vai construir o corpo da barragem.”

No entanto, nessa época, ele achava ainda que essas funções e essas responsabilidades poderiam ser assumidas por um geólogo de formação naturalista desde que tivesse colaborado com engenheiros construtores de barragens, ao longo da sua vida profissional, aprendendo com essa experiência, exercendo assim em sua opinião uma actividade que designava de Geologia Aplicada.

Pela mesma data, Terzaghi (Terzaghi 1929) escrevia “para evitar os inconvenientes associados com a prática actual, impõe-se uma tradução especializada dos reconhecimentos geológicos [dos maciços de fundação de barragens] para termos físicos e mecânicos. Depois, é necessário avaliar as condições mecânicas mais desfavoráveis que poderão resultar das condições geológicas existentes. E finalmente assumir no projecto da estrutura as características mais desfavoráveis”.

Charles Berkey foi considerado pelos seus colegas e seguidores como um eminente professor de Geologia nas Universidades de Minnesota e de Columbia tendo simultaneamente feito consultoria sobretudo no domínio da construção de barragens, tendo tido actividade relevante no projecto e construção da “Hoover Dam”, um dos maiores aproveitamentos hidráulicos do seu tempo, na qualidade de consultor do “Bureau of Reclamation” dos Estados Unidos. Em resultado dessa actividade, ele foi considerado como um dos principais responsáveis pela transformação da Geologia de ciência pura em ciência aplicada e o seu trabalho em estreita colaboração com os engenheiros de barragens foi responsável pela atribuição da categoria de membro honorário da “American Society of Civil Engineers”. Em tributo a todos esses méritos e qualificações, os seus seguidores publicaram, em 1950, dez anos após a sua morte, um memorável volume editado pela “Geological Society of America” com o título “Application of Geology to Engineering Practice”, conhecido internacionalmente por “Berkey Volume”.

Alguns dos artigos publicados nesse volume são já intitulados “Engineering Geology of ...” evidenciando que é por essa data (1950) que começa a ganhar corpo o conceito de “Engineering Geology” nos países de língua inglesa, mais tarde traduzido em português por “Geologia de Engenharia”.

Em Portugal nessa primeira metade do Século XX não havia qualquer tipo de formação académica no domínio da Geologia Aplicada, nem nas Faculdades de Ciências nem nas de Engenharia.

Merece, no entanto, referência a actividade docente do Geólogo Ernest Fleury que no Instituto Superior Técnico regeu durante anos uma disciplina de Geologia para Engenheiros muito apreciada pelos alunos de Engenharia Civil e de Engenharia de Minas que frequentaram o curso, em especial nas décadas de 30 e de 40.

Durante esse período, evidenciou a importância da Geologia no projecto e construção de Obras Cíveis e na exploração de Minas, tendo com as suas aulas influenciado alunos como Manuel Rocha e Úlpio Nascimento mais tarde responsáveis pela criação e expansão do Laboratório Nacional de Engenharia Civil e pela criação de um sector de actividade na área da Mecânica dos Solos. Ambos reconheceram a importância da Geologia na caracterização das formações terrosas e rochosas no comportamento dos terrenos interessados pelas obras de engenharia e a necessidade de proporcionar aos geólogos de formação naturalista conhecimentos aprofundados no âmbito da Mecânica dos Solos e da Mecânica das Rochas e de outras ciências de engenharia, da física e da química.

A esse respeito, na lição introdutória do Curso da Mecânica dos Solos, organizado pela Ordem dos Engenheiros, em Lisboa em 1952, Manuel Rocha afirmava:

“Dada a complexidade das formações naturais é em geral indispensável que na prospecção dos solos colabore um geólogo cujo papel é indicar as grandes linhas da estrutura do solo, tais como disposição, espessura e consistência de camadas, circulação de água, acidentes, etc.

É a partir destas indicações que se pode proceder ao estabelecimento de um plano de determinação quantitativa das propriedades dos solos que conduza a resultados significativos dentro da preocupação de diminuir as despesas com a prospecção e também a sua duração.

A formação mais conveniente do geólogo que deve colaborar nos trabalhos de prospecção não é clássica, do tipo naturalista, mas sim a formação baseada na física e na química.”

No início da segunda metade do Século XX começava a ser evidente a necessidade da formação em Geologia aplicada às obras de engenharia, tendo-se estendido esse conceito a todos os países mais desenvolvidos que experimentaram apreciável crescimento após a segunda guerra mundial.

Para tal contribuiu, de forma significativa, o estabelecimento da Mecânica dos Solos como disciplina científica no início dos anos 30, muito apoiada nos conceitos desenvolvidos por Karl Terzaghi (Terzaghi 1925) tendo sido realizado o seu primeiro Congresso Internacional em Harvard, em 1936, ano em que foi criada a Sociedade Internacional de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações.

O seu âmbito cobria inicialmente todos os tipos de terrenos e rapidamente se estendeu a todos os tipos de obras de engenharia, evidenciando simultaneamente a indispensabilidade do conhecimento das características geológicas dos terrenos envolvidos, relevantes para a definição das condições de estabilidade das respectivas estruturas.

Essa evidência teve duas consequências. A disciplina de Geologia para Engenheiros dada em cursos de Engenharia Civil foi ajustando o seu conteúdo visando chamar a atenção dos alunos para o papel das propriedades geológicas dos maciços terrosos e rochosos (litologia, estrutura, hidrogeologia, geomorfologia, sismicidade, etc.) na definição do modelo geológico dos terrenos e a sua importância para o dimensionamento das obras. Em cursos de Geologia surgiam disciplinas (no início, apenas cursos livres e de curta duração) ilustrando a interacção entre a actividade de engenharia civil e os terrenos envolvidos, com aplicações a algumas obras, nomeadamente barragens, túneis, taludes e materiais de construção.

Livros de texto publicados por Gignoux et Barbier (1955), Krynine and Judd (1957), Goguel (1959), Desio (1959) e Legget (1962), para além do Berkey Volume atrás referido, e outros, são referências desse período e contribuíram de forma significativa para a formação de geólogos e de engenheiros, ensinando-os a trabalhar em equipa, criando uma atmosfera de respeito mútuo.

Em Portugal distinguiram-se nesse domínio da Geologia Aplicada, em especial nos anos 50 e 60, quer no ensino quer na consultoria associada a projectos de barragens e a fundações de edifícios e pontes, Coteló Neiva, Décio Thadeu e Moitinho de Almeida.

2 – GEOLOGIA DE ENGENHARIA E GEOTECNIA

Cerca de 30 anos após o estabelecimento da Mecânica dos Solos como disciplina científica, abrangendo actividades de espectro largo, procurando cobrir com os seus conceitos o que se veio a designar mais tarde por Geotecnia, foi sentida a necessidade de se estabelecer como ciências autónomas a Mecânica das Rochas e a Geologia de Engenharia (designação assumida em Portugal em meados dos anos 60 em substituição de Geologia Aplicada à Engenharia).

Os principais factores que contribuíram para a separação destas disciplinas da Mecânica dos Solos foram, por um lado, a interacção crescente das grandes estruturas de engenharia com o terreno, em especial maciços rochosos (grandes escavações, túneis cada vez mais longos e de maior diâmetro, aterros de grande altura fundados em solos moles, grandes barragens, pontes importantes, etc.) e, por outro lado, a ocorrência de acidentes com obras e de desastres naturais de natureza geotécnica, dos quais resultaram numerosas perdas humanas e materiais.

São disso exemplo a ruptura da Barragem de Malpasset, em França, em 1959 (420 pessoas perderam a vida) e o acidente que afectou a barragem de Vajont em Itália, em 1963, tendo a onda que a galgou causado mais de 2000 vítimas na povoação de Longarone, a jusante.

Este último acidente foi considerado pela UNESCO, no âmbito do lançamento das actividades do “Ano Internacional do Planeta Terra”, em 2008, como um dos cinco piores desastres de responsabilidade humana, causados por falha de engenheiros e de geólogos.

A análise da estabilidade dos maciços rochosos em casos semelhantes aos anteriormente referidos não pode ser conduzida com a metodologia utilizada para a análise de maciços terrosos em virtude de o seu comportamento geotécnico ser muito mais dependente das descontinuidades dos terrenos e muito menos das propriedades físicas e mecânicas dos materiais.

Esses acidentes evidenciaram também a indispensabilidade de uma avaliação rigorosa das propriedades do terreno, à superfície e em profundidade, sendo para tal necessário recorrer a técnicas de prospecção geofísica e mecânica e a ensaios in situ e em laboratório como de conhecimentos adequados para conduzir à correcta interpretação dos respectivos resultados, com base no modelo geológico, nas propriedades geotécnicas e nas exigências estruturais das obras.

Como consequência do reconhecimento internacional da necessidade da criação da Mecânica das Rochas e da Geologia de Engenharia como duas novas disciplinas autónomas no âmbito da Geotecnia, foram estabelecidas nos anos 60 as respectivas Sociedades Internacionais.

A SIMR foi criada em 1962, na Áustria, graças ao mérito, entre outros, de Leopold Müller, tendo o seu primeiro Congresso Internacional sido realizado em Lisboa em 1966. Durante esse Congresso, Manuel Rocha foi eleito seu segundo presidente para o mandato 1966-70.

A Associação Internacional de Geologia de Engenharia (AIGE) foi criada em 1964 no seguimento do trabalho de várias décadas desenvolvido por ilustres geólogos, em especial da Europa Central, nomeadamente Joseph Stini e Hans Cloos nos anos 30 cuja actividade esteve na génese do que foi na época designado por Geomecânica. Mais tarde foi muito importante a actuação científica e técnica de Quido Zaruba, da Checoslováquia, que veio a ser presidente da Associação entre 1968 e 1972. Em anexo figuram os nomes e países de todos os Presidentes da Associação até à actualidade.

Ficaram claros na elaboração dos seus primeiros estatutos os objectivos, nessa época, da Geologia de Engenharia, o carácter interdisciplinar da nova ciência e a indispensabilidade de quantificar as suas interpretações.

O primeiro Congresso Internacional da AIGE foi realizado em Paris em 1970 e, desde então, têm lugar regularmente de quatro em quatro anos. Em anexo figura a lista de todos os Congressos Internacionais realizados.

É assim, na década de 60, que o conceito de Geotecnia como ramo da Engenharia passou a ser universalmente aceite, incorporando as disciplinas de Mecânica dos Solos, Mecânica das Rochas e Geologia de Engenharia, estimulando a intervenção conjunta delas para a resolução dos problemas das obras de engenharia (Figura 1).

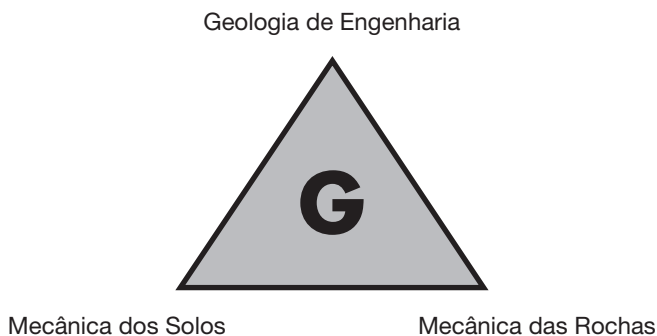


Fig. 1 – A Geotecnia e as suas disciplinas.

A criação da AIGE permitiu identificar de imediato a generalizada carência de formação académica nesta disciplina, nomeadamente nos cursos de Geologia, e a necessidade de rapidamente ir sendo colmatada essa lacuna. Nesse sentido, durante as reuniões havidas aquando do 1º Congresso, em Paris, em 1970, foi criada uma Comissão “Teaching and Training in Engineering Geology”.

Após alguns anos a estruturar a Comissão e a definir a sua orientação para melhor atingir os objectivos, o relatório final foi publicado no Boletim da Associação Internacional, após aprovação do Council na sua reunião de 1978, em Madrid (Dearman e Oliveira 1978).

Dada a dificuldade em promover formação adequada no período da licenciatura, a opção seguida em todos os países mais desenvolvidos foi a criação de cursos de pós-graduação em programas de Mestrado e Doutoramento que permitissem qualificar adequadamente os geólogos para as actividades no âmbito da Geologia de Engenharia. Idêntico caminho foi seguido quanto à Mecânica dos Solos e à Mecânica das Rochas, sendo reconhecida a indispensabilidade da integração em todos esses Cursos de matérias das três disciplinas científicas.

Com o correr do tempo, foi-se notando uma evolução expressiva da Geologia de Engenharia e o reconhecimento crescente do seu papel na resolução dos mais difíceis problemas de engenharia. Acresce que a sua actividade foi sendo alargada a áreas de intervenção novas resultantes do grande desenvolvimento da engenharia e da grande ocupação de numerosas regiões dos vários continentes.

Essa evolução evidenciou a necessidade de adequação das atribuições da Geologia de Engenharia à correspondente realidade, tendo os primeiros estatutos sido adaptados em conformidade.

Nos estatutos em vigor, aprovados em Kyoto em 1992, cerca de 25 anos após a aprovação dos primeiros, é a seguinte definição de Geologia de Engenharia:

“Geologia de Engenharia é a ciência dedicada à investigação, estudo e solução dos problemas de engenharia e ambientais que resultam da interacção entre a geologia e as obras e outras actividades do homem, bem como à previsão e à definição de medidas para a prevenção ou mitigação de riscos naturais.

A Geologia de Engenharia abrange:

- Definição da geomorfologia, estrutura, estratigrafia, litologia e condições hidrogeológicas das formações geológicas.
- Caracterização das propriedades mineralógicas, físico-mecânicas, químicas e hidráulicas de todos os terrenos envolvidos na construção de obras, na extração de materiais e modificações ambientais.
- Avaliação do comportamento mecânico e hidráulico de maciços terrosos e rochosos.
- Previsão da evolução desse comportamento com o tempo.
- Determinação dos parâmetros a serem considerados na análise de estabilidade de obras de engenharia e de maciços terrosos e rochosos naturais.
- Melhoramento e manutenção das condições ambientais dos maciços geológicos e melhoramento das propriedades dos terrenos.”

Ressalta da comparação entre as duas versões a crescente importância das questões ambientais associadas às obras de engenharia e das referentes ao uso do solo bem como da temática dos riscos naturais.

A Associação Internacional de Geologia de Engenharia conta com 62 países associados sob a forma de Grupos Nacionais com um total de cerca de 4600 membros em 2009.

Já foram realizados dez Congressos Internacionais (ver anexo) tendo o 7º sido organizado pelo Grupo Nacional Português (SPG), em Lisboa, em 1994.

A Associação atribui dois prémios de mérito, a “Hans Cloos Medal” e o “Richard Wolters Prize”.

O primeiro é atribuído de dois em dois anos a geólogos de engenharia de mérito excepcional e de reputação internacional que tenham contribuído de forma significativa com o seu trabalho científico para o desenvolvimento da Geologia de Engenharia e para o prestígio da Associação Internacional na sua área de intervenção. Em anexo figura a lista dos galardoados com este prémio.

O prémio Richard Wolters reconhece o mérito científico de membros jovens que actuam no domínio da Geologia de Engenharia, devendo para o efeito ter menos de 40 anos. As candidaturas a este prémio são normalmente formalizadas pelos Grupos Nacionais da Associação Internacional. Em anexo figura a lista dos já galardoados em anos anteriores.

3 – GEOLOGIA DE ENGENHARIA EM PORTUGAL

Por razões já atrás apontadas, também em Portugal se foi sentindo pelos fins da década de 50 a necessidade de formar especialistas na área que então se designava por Geologia Aplicada à Engenharia. Aumentava a importância das questões geotécnicas associadas à construção de barragens e aproveitamentos hidroelétricos, à estabilidade de taludes naturais e de escavação e dava-se início à construção do primeiro trecho da auto-estrada Lisboa – Porto, entre Lisboa e Vila Franca de Xira, requerendo informação geológica estruturada e relevante para a análise dos problemas associados a essas obras (nomeadamente estabilidade de taludes e fundações de obras de arte).

Foi o Laboratório Nacional de Engenharia Civil a instituição que deu início a esse processo de formação de profissionais com formação adequada, tendo admitido geólogos para os seus quadros ainda nessa década e proporcionando-lhes, em Portugal e no estrangeiro, a formação adicional e a experiência indispensável (Oliveira, 1983). O enquadramento necessário na área das ciências de engenharia e em especial da Mecânica dos Solos e da Mecânica das Rochas foi assegurado pelos investigadores do LNEC nessas áreas, merecendo destaque o papel de José Folque, para além do de Manuel Rocha e Úlpio Nascimento. Para apoiar esse enquadramento no âmbito da Geologia Aplicada, o LNEC recorreu nos primeiros anos à colaboração de Coteló Neiva em virtude da sua experiência resultante da actividade profissional que exercia como consultor no estudo de maciços rochosos de fundações de aproveitamentos hidroelétricos.

Dada a importância crescente da Geotecnia e o pioneirismo do LNEC nesse e em muitos outros ramos da engenharia, a Lei-Orgânica da instituição aprovada em 1961 criou um Departamento de Geotecnia e o grau de Especialista (nível de Doutoramento) em Geologia Aplicada à Engenharia, surgindo assim pela primeira vez o reconhecimento oficial da Geologia de Engenharia, designação portuguesa correspondente à de “Engineering Geology” e “Géologie de l’Ingénieur”.

O primeiro grau de Especialista foi atribuído em 1965, em resultado da defesa de uma tese e de discussão curricular.

As actividades de Geologia de Engenharia ficaram organicamente entregues à Divisão de Prospekção que, juntamente com as Divisões de Fundações e de Estradas e Aeródromos, constituíram a estrutura do Departamento de Geotecnia.

A crescente importância da Geotecnia no nosso país, enquanto ramo da engenharia, foi muito apoiada pela criação e actividade associativa estabelecida em 1951 em função do relevo que a Mecânica dos Solos já então tinha.

Data desse ano a criação da Sociedade Portuguesa da Mecânica dos Solos que passou a representar Portugal, como grupo nacional, na Sociedade Internacional de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações (hoje designada por Sociedade Internacional de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica).

Em 1966 a Sociedade passou a designar-se por Agrupamento Português de Mecânica dos Solos e das Rochas, tendo passado a representar Portugal também na Sociedade Internacional de Mecânica das Rochas. Com a adesão de Portugal à Associação Internacional de Geologia de Engenharia (hoje designada por Associação Internacional de Geologia de Engenharia e Ambiente), em 1972, o Agrupamento passou a designar-se Sociedade Portuguesa de Geotecnia, sendo a SPG desde então o grupo nacional que representa Portugal nas três Sociedades Internacionais da Geotecnia.

Dada a ausência de ensino universitário regular neste domínio, como já referido, o LNEC foi também proporcionando formação à comunidade técnica do país, por várias formas, merecendo referência numerosos cursos de curta duração dos quais se destacam o de Consolidação de Taludes, em 1965, repetido em 1973, o de Tectónica para Engenheiros Civis, em 1967, e o de Geologia de Engenharia, em 1970, repetido em 1973.

Essa necessidade de formação acabou por ser mais tarde assumida pelos cursos universitários de Geologia em resultado da reforma curricular de 1965 que alargou para cinco anos os Cursos de Geologia, criando no último ano uma disciplina semestral de Geologia Aplicada, disponível assim, pela primeira vez, no ano lectivo 1969/70.

Em 1973 foi criada a Universidade Nova de Lisboa (UNL), tendo-lhe sido atribuída vocação para o ensino pós-graduado, então inexistente no país.

No início de 1974, o autor foi convidado pelo primeiro Reitor da Universidade Nova para criar e desenvolver um sector na área da Geotecnia, visando instituir o ensino pós-graduado das suas disciplinas científicas, tendo então sido contratado pela UNL para o efeito e para a coordenação dos cursos.

Os estudos realizados, em harmonia com as necessidades do mercado, permitiram lançar no ano de 1975/76 os primeiros cursos de pós-graduação na área de Geotecnia, um em Geologia de Engenharia e outro em Mecânica dos Solos, com sobreposição de cerca de 50% das disciplinas de cada curso, incluindo-se nesses 50% os temas da Mecânica das Rochas, numa percentagem de cerca de 20%.

Atendendo à carência do corpo docente próprio da UNL o lançamento dos cursos com o nível e o prestígio que rapidamente atingiram só foi possível com recurso à colaboração de Especialistas e Investigadores do LNEC e de alguns poucos professores de outras Universidades.

Com a legislação de 1980 (Dec.-Lei 263/80) que criou os Mestrados em Portugal, foi possível transformar os Cursos de Especialização em Geologia de Engenharia e em Mecânica dos Solos em Mestrados com a mesma designação e o mesmo curriculum lectivo, sendo necessário, para a obtenção do grau, a elaboração de uma dissertação e a sua discussão pública.

A estrutura inicialmente estabelecida em 1975 manteve-se praticamente inalterada até há poucos anos atrás, tendo ambos os cursos tido significativo sucesso, expresso no número de alunos que os frequentaram (cerca de 350 alunos, dos quais mais de 100 obtiveram o grau de Mestre, sendo cerca de 60 em Geologia de Engenharia). Aproximadamente 10% do total dos alunos vieram de numerosos países da Europa e da América Latina.

Ao longo do tempo, o autor foi publicando informação sobre a evolução dos cursos e do seu conteúdo, em Congressos e revistas, sendo talvez a mais significativa a comunicação apresentada na XI Conferência Europeia de Mecânica dos Solos de Copenhague, com o título “Geotechnical Education at Graduate Level. 18 years of Experience at the New University of Lisbon” (Oliveira 1995).

Nos anos 80 várias Universidades oferecendo cursos de licenciatura em Engenharia Civil, Engenharia de Minas e Geologia, passaram a oferecer também uma licenciatura em Engenharia Geológica com a duração de 5 anos, seguindo um conceito anteriormente originado nos Estados Unidos (Geological Engineering), visando obter um compromisso entre o ensino de matérias da área da Engenharia e um conteúdo significativo de disciplinas da área da Geologia. Esse conceito variou de escola para escola mas, no essencial, baseou-se em ampliar a formação nas áreas da Matemática, da Mecânica dos Materiais, da Hidráulica, da Informática, etc., reduzindo, do lado da Geologia, as disciplinas de carácter mais naturalista (Oliveira 2008).

Uma das opções destes cursos de Engenharia Geológica é a área da Geotecnia, com apreciável componente de disciplinas de Geologia de Engenharia, permitindo aos seus licenciados uma mais fácil integração no mercado de trabalho.

Actualmente existem alguns cursos de Engenharia Geológica no nosso país, com opções na área da Geotecnia.

A UNL foi a primeira Universidade a criar essa licenciatura no ano lectivo 1983/84. Um número significativo dos alunos que obtiveram a licenciatura, nos cerca de 20 anos que se seguiram, frequentaram posteriormente o seu Mestrado em Geologia de Engenharia.

A partir do ano lectivo 2006/2007 com a adaptação dos cursos universitários em Portugal ao “Processo de Bolonha” a estrutura dos cursos de Geologia e de Engenharia Geológica foi reformulada, diferentemente de escola para escola, continuando no entanto algumas das Universidades a proporcionar formação em Geologia de Engenharia ao seus alunos, em especial no 2º ciclo dos estudos, sendo apenas possível maior especialização, por via escolar, através da frequência de cursos de 3º ciclo, oferecidos na área da Geotecnia, actualmente apenas pela associação do Instituto Superior Técnico (IST) com a UNL e o apoio do LNEC.

Em anexo figura uma lista de livros de texto gerais de Geologia de Engenharia, com início em 1955.

4 – PERSPECTIVAS

Tem-se verificado na última década uma evolução na intervenção da Geologia de Engenharia em algumas situações mais tradicionais, mas também a sua actuação em novos temas cuja importância é crescente e que exigem a contribuição de várias disciplinas sob a forma de significativa interpenetração.

No primeiro caso, a evolução reflecte essencialmente desenvolvimentos informáticos que permitem elaborar interpretações dos dados recolhidos no reconhecimento geológico, nos trabalhos de prospecção geotécnica e em ensaios “*in situ*” e de laboratório, com qualidade crescente. Não se trata de criar novos métodos de prospecção ou de ensaio, já que os existentes satisfazem as exigências para caracterização adequada dos terrenos, nem de experimentar novas metodologias de estudo.

Trata-se da contribuição, por um lado, dos meios de aquisição de informação tais como a obtenção de imagens em formato digital e o varrimento por laser e, por outro, a maior capacidade de tratamento dessa informação, os sistemas de informação geográfica, as bases de dados alfanuméricas georreferenciadas e a modelação tridimensional.

No segundo caso, pode incluir-se as temáticas dos novos materiais de construção, a valorização dos materiais existentes, a recuperação de áreas degradadas, os aterros de resíduos, a análise, prevenção e mitigação de riscos naturais de natureza geológica, o zonamento sísmico e a definição da acção sísmica que evidenciam claramente a importância crescente das questões ambientais e uma maior consciencialização sobre a necessidade de melhor as atender (Oliveira 1997).

Daqui decorre a indispensabilidade de continuar a formação universitária em Geologia de Engenharia, capacitando os profissionais para intervir nos problemas mais delicados que afectam a sociedade moderna, com um espírito de abertura quer às novas tecnologias quer a intervenções cada vez mais interdisciplinares.

5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Choffat, P. (1889). “Etude géologique du tunnel du Rocio. Contribution à la connaissance du sous-sol de Lisbonne.” *Memórias da Comissão dos Trabalhos Geológicos de Portugal*. pp 106.
- Dearman, W. R., Oliveira R. (1978). “IAEG Commission on Teaching and Training in Engineering Geology : Final Report.” In: *Bulletin of the IAEG N° 18*, Krefeld.
- Lugeon, M. (1933). “Barrages et Géologie”. *Librairie de l’Université, Lausanne*. pp 136.
- Oliveira, R. (1983). “Estudo Geotécnico de Maciços Rochosos de Fundação de Barragens. Contribuição da Geologia de Engenharia.” *Programa de investigação para Investigador Coordenador*. LNEC, Lisboa.
- Oliveira, R. (1995). “Geotechnical Education at Graduate Level. 18 Years of Experience at the New University of Lisbon.” *Proceedings of the XI European Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Copenhagen*. pp 6.151-6.156.
- Oliveira, R. (1997). “Teaching Environmental Subjects in Engineering Geological Education.” *Proceedings International Symposium on Engineering Geology and the Environment, Athens*. pp 3649-3654.
- Oliveira, R. (2008). “Geo-Engineering Education and Training. The Past and the Future.” *Proc. International Conference on Education and Training in Geo-Engineering Sciences, Constantza – Romania*. pp 79-86.
- Terzaghi, K. (1925). “Erdbaumechanik auf Bodenphysikalischer Grundlage”. *Deuticke, Vienna*.
- Terzaghi, K. (1929). “Effect of Minor Geologic Details on the Safety of Dams,” *American Institute of Mining and Metallurgical Engineers, Inc., Proceedings of New York Meeting, New York*.

ANEXOS

Presidentes da AIGE

- 1964 - 1968: Prof. Asher SHADMON (Israel)
- 1968 - 1972: Acad. Prof. Quido ZARUBA (Czechoslovakia)
- 1972 - 1978: Prof. Marcel ARNOULD (France)
- 1979 - 1982: Acad. Prof. Evgenii Mikhailovich SERGEEV (USSR)
- 1983 - 1986: Prof. Michael LANGER (Germany)
- 1987 - 1990: Prof. Owen L. WHITE (Canada)
- 1991 - 1994: Prof. Ricardo OLIVEIRA (Portugal)

1955 - 1998: Prof. Paul MARINOS (Greece)
1999 - 2002: Prof. WANG Sijing (P.R. of China)
2003 - 2006: Dr. Niek RENGERS (The Netherlands)

Congressos Internacionais da AIGE

1º (1970) Paris – France
2º (1974) São Paulo – Brazil
3º (1978) Madrid – Spain
4º (1982) New Delhi – India
5º (1986) Buenos Aires – Argentina
6º (1990) Amsterdam – Netherlands
7º (1994) Lisbon – Portugal
8º (1998) Vancouver – Canada
9º (2002) Durban – South Africa
10º (2006) Nottingham – Great Britain
11º (2010) Auckland New Zealand)

Distinguidos com a “Hans Cloos Medal”

1977 – Quido Záruba (Czechoslovakia)
1978 – Léon Calembert (Belgium)
1980 – Marcel Arnould (France)
1982 – Richard Wolters (Germany)
1984 – Leopold Müller (Austria)
1986 – Evguenii M. Sergeev (Russia)
1989 – David J. Varnes (United States of America)
1990 – William R. Dearman (United Kingdom)
1992 – Michael Langer (Germany)
1994 – William R. Judd (United States of America)
1996 – Ricardo Oliveira (Portugal)
1998 – Owen L. White (Canada)
2000 – Paul G. Marinos (Greece)
2002 – Sir John Knill (United Kingdom)
2004 – Prof. Ing Vincenzo Cotecchia (Italy)
2006 – Dr. Robert L. Schuster (United States of America)
2008 – Prof. Wang Sijing (P. R. China)

Distinguidos com o “Richard Wolters’ Prize”

1988 – Kiril Anguelov (Bulgaria)
1992 – Lorenz Dobereiner (Brazil) (Honorary mention: Sarra Pistone, Argentina)
1996 – Cees J. Van Western (The Netherlands) (Honorary mention: Huang Runqiu, P. R. of China)
1998 – QinSiqing (P. R. of China)
2000 – Jian Zhao (Singapore)
2002 – Atiye Tugrul (Turkey) (Honorary mentions: Réjean Couture, Canada, Filipe Telmo Jeremias, Portugal)
2004 – Prof. Ing Vincenzo Cotecchia (Italy)
2006 – Dr. Robert L. Schuster (United States of America)
2008 – Prof. Wang Sijing (P. R. China)

Textos gerais de Geologia de Engenharia (livros)

- 1955 – Gignoux, M. et R. Barbier – Géologie des Barreges et des Aménagements Hydrauliques. Masson. Paris.
- 1957 – Krynine D. and W. Judd – Principles of Engineering Geology and Geotechnics. Mc Graw-Hill. New York.
- 1959 – Goguel, J. – Application de la géologie aux Travaux de l'Ingénieur. Masson. Paris.
- 1959 – Desio, A. – Geologia applicata alla Ingegneria. Hoepli. Milano.
- 1962 – Legget R. – Geology and Engineering. Mc Graw-Hill. Tokio. 2ª edição; (1ª edição 1942).
- 1969 – Duncan, N. – Engineering Geology and Rock Mechanics. Leonard Hill. London.
- 1971 – Letourneur, J. et R. Michel – Géologie du Génie Civil. Armand Colin. Paris.
- 1974 – Blyth, F. and M. H. de Freitas – A Geology for Engineers. Edward Arnold. London. 6ª edição (1ª edição 1943).
- 1975 – Chiossi, N. – Geologia Aplicada à Engenharia. Grémio Politécnico. S. Paulo.
- 1976 – Zaruba, Q. and V. Mencl – Engineering Geology. Elsevier. Amsterdam.
- 1976 – Attewell, P. and I. Farmer – Principles of Engineering Geology. Chapman and Hall. London.
- 1978 – Knill, J. L. – Industrial Geology. Oxford University Press. Oxford.
- 1980 – Bell, F.G. – Engineering Geology and Geotechnics. Butterworth & Co. London.
- 1980 – Antoine P. et D. Fabre – Géologie appliquée au Génie Civil. Masson. Paris.
- 1984 – Bowen, R. – Geology in Engineering. Elsevier. London.
- 1984 – Levêque, P.CH – Geologie Appliquée. Technique et Documentation – Lavoisier. Paris.
- 1988 – Johnson, R. B. and J. V. Decraff – Principles of Engineering Geology. John Wiley & Sons. USA.
- 1993 – Bell, F. G. – Engineering Geology. Blackwell. Oxford. UK.
- 1998 – Oliveira, A. S. e S. Brito – Geologia de Engenharia. Associação Brasileira de Geologia de Engenharia. São Paulo (Brasil).
- 2002 – González de Vallejo, L. et al – Ingeniería Geológica. Prentice Hall. Madrid (Espanha).
- 2009 – Rodrigues dos Santos, A. – Geologia de Engenharia. Conceitos, Métodos e Prática. Associação Brasileira de Geologia de Engenharia. São Paulo (Brasil). 2ª edição (1ª edição 2002)