

PROJECTOS DE INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO

RELATÓRIO FINAL

Relatório de Execução Material

REFERÊNCIA DO PROJECTO Nº POCTI / ECM / 33796 / 2000

POCTI

Programa Operacional
Ciência Tecnologia Inovação

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E DO ENSINO SUPERIOR



União Europeia – Fundos Estruturais



Governo da República Portuguesa

NORMAS PARA A ELABORAÇÃO DO RELATÓRIO FINAL

O **relatório final** é obrigatório após a execução plena do programa de trabalhos aprovado e deverá ser elaborado por forma a permitir a sua apreciação, sendo composto por duas partes:

1. A parte referente à **EXECUÇÃO MATERIAL** descreve de forma pormenorizada (incluindo tabelas, quadros ou mapas) a execução dos trabalhos do projecto ao longo do período considerado, de acordo com a programação e calendarização constante na proposta aprovada, bem como uma análise dos desvios verificados face ao programado, a fim de permitir a avaliação dos trabalhos de investigação desenvolvidos. Deve igualmente incluir cópia das publicações ou de outras formas de divulgação efectuadas no âmbito do projecto, preferencialmente apresentadas em CD-ROM.
2. A parte referente à **EXECUÇÃO FINANCEIRA** discrimina a forma como foram aplicados os quantitativos atribuídos ao projecto aprovado, independentemente de já terem sido objecto de pedidos de pagamento. Para tal deve-se proceder ao preenchimento dos quadros constantes neste formulário.

Com vista a uma sistematização de procedimentos relativamente à elaboração do relatório de execução financeira, as despesas efectuadas no âmbito do projecto devem ser apresentadas por rubricas e discriminadas nos quadros em anexo.

Os documentos comprovativos das despesas efectuadas apenas deverão ser enviados em casos excepcionais em que não tenham sido anexados aos respectivos pedidos de pagamento apresentados à FCT.

Devem ser rigorosamente observadas as cláusulas do Regulamento para atribuição de financiamento a projectos de investigação científica e as Normas de execução financeira em vigor na FCT.

SPP

2004-01-26



Data de Entrada _____ Data de Verificação _____
Nº de Registo _____ Assinatura _____

Espaço reservado à Fundação para a Ciência e a Tecnologia

Referência do projecto: POCTI/ECM/33796/2000

Título do projecto: *Management of sampling quality on residual soils and soft clayey soils. Comparative analysis of in situ and laboratory seismic waves velocities.*

Data de Início do Projecto: 01 / Setembro / 2000

Duração: 36 Meses **Prorrogado até:** 31 / Maio / 2004

Data de Conclusão do Projecto: 31 / Maio / 2004

Identificação da instituição proponente

Nome ou designação social Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Morada: Rua Dr. Roberto Frias

Localidade: PORTO Código postal: 4200-465

Telefone 22 508 1449 Fax 22 508 1446 Email viana@fe.up.pt

Unidade responsável pela execução do projecto

Nome ou designação social Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Morada: Rua Dr. Roberto Frias

Localidade: PORTO Código postal: 4200-465

Telefone 22 508 1449 Fax 22 508 1446 Email viana@fe.up.pt

Identificação do investigador responsável

Nome: António Joaquim Pereira Viana da Fonseca

Telefone 22 508 1730 Fax 22 508 1446 Email viana@fe.up.pt



Instituições que participam no projecto

(preencher só em caso de haver alterações)

| | DESIGNAÇÃO |
|---------------|------------|
| Instituição 1 | |
| Instituição 2 | |
| Instituição 3 | |
| Instituição 4 | |

Equipa de investigação

(preencher só em caso de haver alterações)

| NOME | CARGO/FUNÇÃO | TAREFAS | %TEMPO |
|------|--------------|---------|--------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Esforço global do projecto, expresso na unidade pessoa*mês

(referente aos 3 anos de execução)

| | |
|------------------------|---|
| | Unidade: em número |
| Instituição Proponente | <input type="text"/> <input type="text"/> |
| Instituição 1 | <input type="text"/> <input type="text"/> |
| Instituição 2 | <input type="text"/> <input type="text"/> |
| Instituição 3 | <input type="text"/> <input type="text"/> |
| Instituição 4 | <input type="text"/> <input type="text"/> |



Resumo dos trabalhos desenvolvidos

VER TEXTO ANEXO



Indicadores de realização física (ver lista anexa)

| | Unidade: em número |
|---|---|
| A- Publicações | |
| Livros | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> |
| Artigos em revistas internacionais | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> |
| Artigos em revistas nacionais | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> |
| B- Comunicações | |
| Em congressos científicos internacionais | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> |
| Em congressos científicos nacionais | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> |
| C- Relatórios | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> |
| D- Organização de seminários e conferências | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> |
| E- Formação Avançada | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> |
| Teses de Doutoramento | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> |
| Teses de Mestrado | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> |
| Outra | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> |
| F- Modelos | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> |
| G- Aplicações computacionais | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> |
| H- Instalações Piloto | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> |
| I- Protótipos laboratoriais | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> |
| J- Patentes | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> |
| L- Outros (discriminar) | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> |



Publicações

(listar as publicações com origem no projecto)

AS REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DEVEM CONTER OS SEGUINTE ELEMENTOS ESSENCIAIS:

LIVROS: Autor(es); Título; Número e/ou identificação da edição; Número do volume; Lugar da publicação; Ano da publicação; Número de páginas.

TRABALHOS ORIGINAIS PUBLICADOS EM REVISTAS CIENTÍFICAS E TRABALHOS DE REVISÃO E/OU

PUBLICAÇÃO: Autor(es); Título do artigo; Título da Revista; Lugar da publicação; Número do volume ou ano; Número da primeira e última página; Ano de publicação.

ABSTRACTS DE COMUNICAÇÕES CIENTÍFICAS OU OUTRAS PARTICIPAÇÕES DE ÍNDOLE CIENTÍFICA EM CONGRESSOS NACIONAIS OU INTERNACIONAIS: Autor(es); Título da comunicação; Nome da publicação; Volume; Número de páginas; Ano.

Nos trabalhos aceites para publicação deve ser mencionada a revista e a data de aceitação.



RELATÓRIO DE EXECUÇÃO MATERIAL

(incluir o relatório de execução material elaborado de acordo com as normas)



Termo de responsabilidade

Instituição Proponente

Nome Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Data 22 de Outubro de 2004

Assinatura (com carimbo ou selo branco)_____

Investigador Responsável

Nome António Joaquim Pereira Viana da Fonseca

Data 22 de Outubro de 2004

Assinatura _____

Instituição 1

Nome Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Data 22 de Outubro de 2004

Assinatura (com carimbo ou selo branco)_____

Investigador Responsável da Instituição 1

Nome António Joaquim Pereira Viana da Fonseca

Data 22 de Outubro de 2004

Assinatura _____

Instituição 2

Nome Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

Data _____

Assinatura (com carimbo ou selo branco)_____

Investigador Responsável da Instituição 2

Nome Luís Joaquim Leal Lemos

Data _____

Assinatura _____



ANEXO AO FORMULÁRIO DO RELATÓRIO FINAL DE ACTIVIDADE

POCTI / ECM / 33796 / 2000

*Management of sampling quality on residual soils and soft clayey soils.
Comparative analysis of in situ and laboratory seismic waves velocities*

1 de Setembro de 2000 a 31 de Maio de 2004

1. INTRODUÇÃO

O projecto de Investigação desenvolveu-se ao longo do período em título, tendo o mesmo sido alargado por expressa solicitação do IR.

Tal pedido, expresso em ofício de Dezembro de 2003 e despachado positivamente em ofício da FCT (ref^a 003387) de Janeiro de 2004, deveu-se à

"... à necessidade de completar a execução financeira com uma parcela que estava destinada a um equipamento (protótipo de uma câmara de pressão verdadeiramente triaxial para medição de ondas sísmicas qualquer trajectória de tensão) que ajudamos a desenvolver na University of Western Australia em Perth, onde a Bolseira do Projecto Cristiana Ferreira estagiou e que é um dos corolários deste projecto. Para a sua execução e envio para FEUP, precisávamos de ter confirmada a avaliação da Comissão. Em consonância com esta pedimos agora a manufacturação de um segundo protótipo que será brevemente enviado para FEUP." (sic.)

Nessa sequência, viemos a solicitar o alargamento do prazo de vigência do Projecto, por 9 meses, tendo-nos sido concedido o que o seu término se fizesse a 31 de Maio de 2004.

Com este novo prazo, viríamos, não só a testar e potenciar este equipamento (actualmente a servir os trabalhos de doutoramento da Bolseira Cristiana Ferreira), como também a concluir a edição do livro que congrega as actas do Workshop realizado em meados de 2001 e alguns trabalhos posteriormente concluídos e com novos resultados.

As várias iniciativas que solidificaram o desenvolvimento deste projecto, deram claros frutos em meios e técnicas de ensaio e traduziram-se em algumas publicações relevantes. Salientam-se as que se descrevem nos itens que se seguem.

2. INFRA-ESTRUTURA PARA ANÁLISE DE ONDAS SÍSMICAS EM LABORATÓRIO E IN SITU

2.1 Equipamentos e processos laboratoriais

Os equipamentos e os procedimentos para realização de ensaios triaxiais com controlo das velocidades de propagação das ondas sísmicas foram, no decurso do período do projecto, estabilizados. Este trabalho foi desenvolvido em grande medida pelo



Investigador Responsável, pela Bolseira Cristiana Maria da Fonseca Ferreira (que tem trabalhado desde o início neste programa), com a colaboração de dois outros bolseiros, a Licenciada em Eng.^a Civil Maria Feliksovna Bezerra (contratada pelo projecto por 6 meses) e o Mestre em Eng. Civil-Geotecnia, António Mendonça, (contratado por sete meses, de Fevereiro a Setembro de 2003).

Hoje o Laboratório de Geotecnia da FEUP possui dois destes sistemas (únicos em Portugal) que desenvolvem análise de velocidades de ondas sísmicas “S” e “P” em provetes de solos. Tem já know-how para fornecer estes equipamentos a outras Instituições congéneres, em condições muito especiais.

Os dois primeiros sistemas são diferentes:

- uma câmara triaxial ISMES-Enel.Hydro, onde estão instalados bender elements e compression transducers; e,
- uma câmara triaxial “convencional” modificada, desenvolvida na FEUP. Os transdutores que estão a ser usados no Laboratório de Geotecnia da FEUP - bender e bender/extender elements - foram produzidos na University of Bristol (Reino Unido), tendo sido desenvolvidos pelo Dr. David Nash e colegas.

Os métodos de interpretação das ondas sísmicas registadas foram intensamente estudados, tendo para tal colaborado muito directamente com o Prof. Paul Greening e o Dr. David Nash (bem como com o Eng. João Rio, a desenvolver a sua tese de doutoramento no “University College” de Londres): compreendendo alguma incerteza, pelo facto de o sinal recebido ser sempre muito complexo e existirem vários efeitos associados à emissão das ondas sísmicas, sendo particularmente relevante o efeito de vizinhança.

As ondas sísmicas podem ser conduzidas com o auxílio de um gerador de funções, que permite em geral adoptar qualquer tipo ou configuração de ondas. O registo e observação da propagação das ondas são feitos através de um osciloscópio de elevada resolução e precisão, podendo recorrer-se, se necessário, a um amplificador de sinal.

Por essa e outras razões, esta questão encontra-se ainda em fase de investigação nos grupos internacionais que trabalham neste domínio (como se prova pela profícua publicação nesta área).

O nosso trabalho foi prossecutor deste objectivo tendo-se sistematizado a análise de algumas metodologias, com especial ênfase para a medição directa do intervalo entre as ondas, muito sensível à definição do ponto singular, versus a abordagem no domínio das frequências, que vem surgindo como alternativa mais objectiva e rigorosa na determinação do tempo de propagação. Este estudo é objecto de algumas publicações que fizemos.

Mais recentemente, e para maior facilidade processual o grupo desenvolveu, em conjunto com os colegas do Reino Unido, um sistema baseado em uma placa de som (caixa da "Pico Systems") que permite um muito mais rápido e contínuo varrimento de frequências, o que permite a automação o processo a partir de um software específico sediado em PC. Este software foi também desenvolvido no decurso destes estudos.

Como foi referido no parágrafo introdutório, o laboratório dispõe hoje de um sistema triaxial cúbico, munido de "bateria" de sensores duplos (do "bender-extender" e do tipo "shear plate") para geração e monitorização de ondas em três direcções (por isso, montado nas 6 faces. Este conjunto têm em si mesmo caixas de condicionamento de



sinal e de interface para os osciloscópios e PC.s. Por serem de modelação independente, são adaptáveis qualquer outra câmara...

A participação do IR num Workshop Internacional: "Advanced Laboratory Testing of Geomaterials ", realizado na Nanyang Tech. Univ. de Singapura, no dia 5 de Setembro de 2002, organizado pelo TC29 da ISSMGE, com uma comunicação intitulada: "Shear wave velocity measurements using time and frequency domain techniques", permitiu em fórum discutir esta metodologia, tendo sido muito bem aceite.

Saliente-se a colaboração de colegas do Grupo de Automação, Instrumentação e Controlo Departamento de Mecânica, nomeadamente dos Engs. Joaquim Gabriel e Jorge Reis, que permitiu desenvolver várias componentes de acondicionamento de sinal e gestão de dados.

2.2 Sistemas e métodos sísmicos acoplados para ensaios in situ

No decurso do projecto, as equipas do Laboratório de Geotecnia desenvolveram fortemente os sistemas para medição de ondas sísmicas in situ (velocidades de propagação de ondas P e S em maciços), tanto em Cross-Hole, Down-hole e Up-Hole, como em outros métodos mais complexos como sejam: tomografia sísmica, entre furos, ou entre a superfície e um ou mais furos (clássica e não convencional).

O sistema disponível inclui um sismógrafo de 12 canais modelo SmartSeis da Geometrics; um martelo sísmico para interior de furo de sondagem, capaz de gerar ondas P e S (adequada a furos com e sem água, com diâmetro interior entre 70 mm e 105mm e profundidade máxima de 60m); um martelo de superfície com "trigger"; um geofone triaxial para furos com e sem água e respectivo sistema de fixação com controlador de superfície, cabo e conectores (de banda larga, dotado de unidade controladora do sistema de fixação à parede do furo, assim como do direccionamento dos sinais transmitidos pelos geofones para os canais seleccionados do sismógrafo, cabo com cerca de 100m e conectores); Software de interpretação para "cross-hole" e representação gráfica, para Windows.

Todo este sistema foi assembled e testado, com a colaboração de colegas do Departamento de Minas da FEUP e encontra-se neste momento em plena funcionalidade. Os colegas Professores Jorge Carvalho e João Baptista, da equipa do Projecto, têm trabalhado em conjunto com o grupo de Civil, nomeadamente com a integração de software e metodologias de interpretação que desenvolveram e permitem a melhor gestão destes dados de campo.

Deste trabalho conjunto, resultaram também publicações neste domínio, aceites e publicada nas Actas do 8º Congresso Nacional de Geotecnia e da Segunda Conferência Internacional de Caracterização de Maciços (ISC'2) e, mais recentemente, preparados para submissão em duas revistas internacionais. Pela receptividade destes trabalhos, somos a concluir que podemos encarar com confiança as técnicas e métodos usados pela nossa equipa.

Na parte final do projecto, e já no âmbito dos estudo mais profundo de caracterização dos maciços envolvidos pelo campo experimental da FEUP, procedeu-se a um análise cruzada ímpar de vários métodos para mapeamento e controlo dos valores das ondas sísmicas in situ, em Cross-Hole, Down-hole, Up-Hole, Tomografia, Refracção Sísmica de Alta Resolução, Geo-eléctrica e Geo-Radar, etc, para medição de velocidades de propagação de ondas P e S, no perfil de alteração em objecto.



Para tal colaboramos com outros colegas da área da Geofísica, tendo-se implementado no campo experimental da FEUP (http://www.fe.up.pt/isc-2/Inv_Pile_Pred_ISC2.pdf), alguns métodos inovadores, como sejam, o método de refração sísmica de alta resolução e a reflexão sísmica com ondas “S”; para isso, contamos com a colaboração dos grupos do IST-UTL, FC-UCL e dos Prof. Cláudio Strobbia do Politécnico de Turim e Prof. Gian Piero Deidda, da Univ. Degli Studio di Cagliari, em Itália; o cruzamento de métodos vem sendo explorado para bom controlo das variáveis presentes em maciço complexos com são os residuais; também o LNEC (DG) colabora com o nosso grupo neste trabalho através dos métodos de SASW e CSWS.

Estes estudos viriam a gerar vários artigos submetidos ao ISC'2 e publicados no livro correspondente (ver abaixo). Esta matéria foi, aliás, objecto de uma sessão especial no decurso do congresso. Este trabalho baseia um dos artigos que se finalizou recentemente e foi submetido a uma revista internacional (ver publicações).

3. APLICAÇÕES DE DIVERSAS TÉCNICAS DE AMOSTRAGEM EM DOIS CAMPOS EXPERIMENTAIS

Na sequência da disponibilização de várias técnicas de amostragem e após os primeiros testes de amostragem diversa, através da parceria com instituições com actividade de produção na área da Construção – e da Geotecnia em particular – e do Controlo de Qualidade (CICCOPN - Centro de Formação Profissional da Indústria da Construção Civil e Obras Públicas do Norte e a Direcção de Geotecnia da Mota & Companhia, SA, Empreiteiros de Obras Públicas e Construção Civil), desenvolveram-se testes de amostragem em dois campos experimentais (Maia – Espinhosa - e Porto – Estação da Casa da Música do Metro do Porto).

Nestes campos experimentais decorreram sondagens e ensaios sísmicos cross-hole e down-hole, para bom reconhecimento do maciço.

Os ensaios sísmicos foram executados de forma diversa por consequência das distintas técnicas de amostragem utilizadas, embora genericamente de forma a minimizar a perturbação do solo envolvente, tenham sido instalados tubos de PVC pela sua maior flexibilidade, assegurando melhor ajuste dos sensores ao terreno, tendo sido selados ao terreno com calda de cimento. A distância entre furos foi estudada.

As fontes sísmicas utilizadas, particularmente o martelo de furo, são particularmente adequadas à detecção de ondas S, já que a energia gerada pelo seu impacto vertical no interior do furo se propaga predominantemente como ondas SV (S polarizadas verticalmente) segundo as direcções de propagação próximas da horizontal, que são as predominantes numa geometria Cross-Hole (CH, fonte num furo e receptor noutra furo adjacente).

Já segundo direcções próximas da vertical, a maior parte da energia corresponderá a ondas P, o que acontecerá em geometrias do tipo Down-Hole (DH, fonte no furo e receptores à superfície) ou Up-Hole (UH, fonte no furo e um receptor à boca do furo). A possibilidade de inverter o sentido do impacto da fonte, permite uma mais fácil identificação das ondas S e P, através da respectiva inversão de polaridade, dependendo esta das posições relativas de fonte e receptor

Em cada furo foi utilizado um amostrador diferente e foram colhidas amostras às profundidades de 2, 4 e 6 m. Durante a campanha, o nível freático manteve-se a cerca de 3 m de profundidade.



Os amostradores utilizados são sumariamente apresentados no Quadro, sendo adiante detalhadas as suas características.

Descrição do amostrador utilizado em cada furo de sondagem

| # | AMOSTRADOR | BISEL | LINER | CRAVAÇÃO |
|----|-------------------|-------|------------------------|----------|
| S1 | GMPV | 30° | PVC cinzento | Dinâmica |
| S2 | ST85 | 5-6° | PVC transparente | Dinâmica |
| S3 | NT81 | 5-6° | Aço / PVC transparente | Dinâmica |
| S4 | MAZIER | * | PVC azul | Rotação |
| S5 | OSTERBERG/ SHELBY | 30° | Não tem | Estática |
| S6 | SHELBY | 30° | Não tem | Estática |

* com bisel avançado

Para além das campanhas de sondagens com amostradores cilíndricos, foram realizadas outras para recolha de amostras em bloco. Estas amostras viriam a constituir base de trabalho para as análises que a seguir se descreve.

Recentemente, iniciou-se o trabalho de investigação no Campo Experimental da FEUP, onde a FEUP, o IST, o LNEC, o CICCOPN e a Direcção de Geotecnia da Mota e C^a têm já em curso ensaios in situ (a base de trabalho desta Conferência Internacional), como sejam: SPT, CPT(U), DMT, PMT, Srew-Plate e ensaios sísmicos (CH, DH, SASW, CSSW...), bem como a recolha de amostras indeformadas a partir de técnicas com provas dadas de garantia de qualidade para serem ensaiadas em laboratório com os equipamentos mais actuais disponíveis nos nossos laboratórios.

De acto, a recolha inicial de amostras em tubos amostradores, na sequência dos trabalhos de prospecção com furos de sondagens, em várias profundidades, permitiram preparar provetes para serem ensaiados em laboratório (em sistema triaxial), no que se pode avaliar o grau de dano por medição das velocidades de ondas sísmicas. Os vários ensaios sísmicos - Cross-Hole, Down-hole, Up-Hole, etc - permitiram ter um espectro muito fiável dos valores de referência que permitiram essa avaliação de dano. Após a sequente campanha de ensaios em fundações indirectas (estacas), o terreno foi escavado e foram recolhidos blocos que nos vão permitir identificar razões correlativos entre estes processos de amostragem, servindo de bom contributo para a consolidação do projecto. A primeira descrição desta análise é feita nos artigos ao ISC'2 (ver publicações - www.fe.up.pt/isc-2).

4. TÉCNICA DE ANÁLISE DA QUALIDADE DE AMOSTRAGEM PELAS NOVAS TÉCNICAS SÍSMICAS

Os ensaios de laboratório foram realizados nas amostras “indeformadas”, recolhidas com os amostradores descritos anteriormente, e em amostras remoldadas (reconstituídas em laboratório para o mesmo estado de compactidade e peso volúmico, com solo proveniente do mesmo campo experimental).

Em todos os passos, procede-se à determinação das velocidades de propagação das ondas S e P, utilizando para tal os transdutores piezoeléctricos instalados na câmara triaxial, após a estabilização das deformações.



A grande versatilidade destes dispositivos e sua boa adaptabilidade aos equipamentos correntes dos laboratórios, torna-os, quando comparados com outras técnicas, mais ajustados para estudar questões tão complexas, como a dependência das propriedades elásticas das componentes e direcções das tensões principais, a sensibilidade do risco de liquefacção de massas saturadas ou quase saturadas, a partir da velocidade das ondas P, ou a avaliação da qualidade da amostragem em solos pela análise comparada de velocidade de ondas S in situ e em laboratório. A apresentação de alguns resultados comparados entre as velocidades de ondas sísmicas determinadas em condições naturais (in situ, por ensaios sísmicos entre furos) e em amostras ditas indeformadas (em câmaras triaxiais com bender elements), recolhidas por metodologias distintas, conduziu a interessantes indicativos de qualidade.

Algumas das publicações (ver abaixo) que foram geradas no decurso do projecto descrevem esta metodologia, inovadora e muito promissora.

5. RELATO FACTUAL DA ACTIVIDADE DESENVOLVIDA PELA EQUIPA DE INVESTIGAÇÃO

O Projecto resultou, neste segundo ano, num forte incremento de resultados práticos, sendo tal fruto da actividade experimental estabilizada e reflectido em publicações nacionais e internacionais de grande valia.

Da actividade encadeada e dos meios geridos salienta-se o seguinte:

O desenvolvimento e gestão dos meios logísticos para a aplicação das novas técnicas foi continuada no Laboratório de Geotecnia, em boa medida, pela Licenciada em Engenharia Civil, Cristiana Maria da Fonseca Ferreira, Bolseira de Investigação, desde Setembro de 2000; tem sido o elemento catalizador do processo que se desenvolve na FEUP, sendo responsável pela actividade experimental, sob orientação do IR, perseguindo os objectivos da sua bolsa; resultou deste processo a finalização da sua dissertação de Mestrado em Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, da FEUP – já entregue.

São de salientar as seguintes actividades:

- Calibração dos protótipos desenvolvidos na FEUP, em conjunto com o grupo da University of Bristol (Dr. David Nash e Dr. Nadia) e University College of London (Dr. Paul Greening e Eng. João Rio), e apoio electrónico do GAIC do DEMEC-FEUP (Engs. Joaquim Gabriel e Jorge Reis);
- Implementação de metodologias de interpretação dos registos das ondas, em estreita colaboração com os nossos colegas do Reino Unido;
- Exploração dos dois campos experimentais em solos residuais de granito: Maia - CICCOPN e Porto – Estação da Casa da Música do Mero do Porto: desenvolvimento de diversos tipos de ensaios in situ e recolha de amostras indeformadas com recurso a varias técnicas (ver acima);
- Ensaios de um largo conjunto de amostras, tendo-se evoluído das amostras reconstituídas para amostras indeformadas; estas foram recolhidas nos campos experimentais atrás identificados para avaliação e reconhecimento do seu desempenho e confrontação com os registos de campo;



- Identificação dos potenciais das espectros de resposta das ondas S e P, particularmente nas vertentes: dano de amostragem; efeito de factores físicos e de estado de tensão (a importância da anisotropia inerente e induzida nos valores de ondas emitidas em diferentes direcções e polarizações) e sensibilidade à saturação e definição de risco de liquefacção (por via das ondas P);
- Enquadramento das técnicas sísmicas com outros meios precisos de instrumentação: neste campo foram implementados, em complemento aos electro-níveis e electro-inclinómetros do Imperial College, os instrumentos de alta precisão desenvolvidos pela Universidade de Tóquio (os LDT – Linear Displacement Transducers); cedidos em condições especiais pelo Prof. Fumio Tatsuoka e Dr. Reyko Kwano ao nosso laboratório; esta implementação exigiu um intenso trabalho de construção de equipamentos mecânicos e electrónicos, bem como inúmeros testes de sensibilidade e modelação, que foi conduzido pela Licenciada em Eng. Civil, Maria Bezerra, contratada com Bolseira de Investigação entre Fevereiro e Setembro de 2002; deste trabalho resultaram dois pares de LDTs que se encontram em pleno funcionamento, e que são únicos e pioneiros em Portugal (o relatório deste Estágio da Bolseira e o manual de LDTs é anexado).

A permanente colaboração com os parceiros CICCOPN e Mota & Companhia, que por sua vez têm um relacionamento preferencial com a Indústria de Manufatura de equipamentos de prospecção e de amostragem em particular, permitiu prosseguir o desenvolvimento dos testes de qualidade de amostragem (bem com a realização de ensaios in situ), tendo-se procedido já a adaptações interessantes dos amostradores comerciais – com novos desenhos e materiais (nomeadamente com a empresas TECSO).

Aqui é importante citar o papel que os nossos colegas consultores, Dr. David Hight (GCG e Imperial College, London, UK) e Prof. Serge Lerouiel (Univ. Laval, Québec, Canada) mantêm no projecto, ajudando-nos tido nas opções sobre critérios e métodos de amostragem. Esta colaboração decorre da sua participação no Workshop do primeiro ano, de que entretanto se concluiu o CD-Rom. Também conseguimos a consultoria do Dr. Tom Lunne, Director do Núcleo de Ensaios Off-Shore do NGI, Noruega, que, para além da participação no Workshop, tem colaborado connosco na cedência de informação e “know-how”. É de salientar que este Workshop e publicação respectiva é citado como um dos elementos significativos da actividade do “Technical Committee on Soil Sampling” da Sociedade Internacional de Mecânica do Solos e Engenharia Geotécnica, constando do seu relatório final (apresentado em Istambul em 2001).

6. OCORRÊNCIAS SINGULARES E INICIATIVAS DE MAIOR RELEVO

6.1 Missões e intercâmbios

Missões à University of Bristol e University College of London (Dezembro de 2001)

A deslocação por parte do IR e da Bolseira, Eng^a Cristiana Ferreira, a estas Universidades decorreu da necessidade de trabalhar conjuntamente uma série de questões associadas a:



- equipamentos usados em laboratório baseados nos bender/extend elements com origem em Bristol;
- processos (metodologias) de tratamento de registos de ondas sísmicas que incluem as propostas dos colegas do Reino Unido e que se enformam em testes de sensibilidade também em curso na FEUP;
- discussão de métodos de adimensionalização e normalização de variáveis para viabilizar a padronização.

Desta colaboração surgiram já publicações conjuntas (ver anexo).

Visitas do Prof. Paul Greening à FEUP (várias no ano de 2002)

Como já foi antes referido, a ligação da equipa da FEUP à equipa do Dr Paul Greening, da University College of London, tem decorrido de um trabalho conjunto na avaliação de metodologias de interpretação dos registos das velocidades de ondas sísmicas. Destas a abordagem no domínio das frequências vem surgindo como alternativa mais objectiva e, em princípio, rigorosa para a determinação do tempo de propagação. Esta abordagem permite uma sistematização e automatização não alcançáveis com outros métodos. A implementação de um sistema automático de aquisição, associado a programas de análise espectral (relativamente vulgarizados em engenharia sísmica), acoplado ao equipamento de ensaio atrás descrito, permitiu a realização, gestão e registo de ensaios contínuos em toda a gama de frequências, obtendo-se um conjunto de resultados do tipo frequência versus ângulo de fase, de onde pode ser fácil e rapidamente determinada a velocidade de propagação das ondas. Estes resultados foram estudados em conjunto, particularmente em sistemáticas reuniões entre o Dr. Paul Greening e a Eng. Cristiana Ferreira.

Missão do Prof. Martin Fahey à FEUP (Agosto de 2002) – desenvolvimento da colaboração com a UWA

Na sequência de alguns contactos, e aprofundamentos de matérias de investigação conjuntas nesta área científica que o IR teve a oportunidade de fazer com o Prof. Martin Fahey, nomeadamente aquando da sua estadia na University of Western Austrália (UWA), em Perth (em Abril de 2001), o Prof. Fahey foi convidado a deslocar-se à FEUP em Agosto de 2002, onde tivemos várias reuniões ligação da equipa da FEUP com ele para ajuste de critérios e discussão de metodologias.

Desta nova abertura viríamos a assegurar um estágio de 3 meses da Mestre Cristiana Ferreira em Perth, entretanto Estudante de Doutoramento da FEUP, com bolsa da FCT a partir de Fevereiro de 2003, e que realizou entre meados de Fevereiro e de Maio de 2003 trabalhos desenvolvimento em estreita colaboração com um dos “Research Fellows” do grupo, o Dr. Mostafá Ismail, cuja experiência em materiais artificialmente cimentados permitiram sistematizar alguns factores de análise.

O interesse da UWA em colaborar connosco era também grande, nomeadamente pelo estado avançado em que nos encontramos nos métodos de interpretação dos registos. Viríamos a usufruir de sobremaneira desta colaboração pois foi possível equipar-nos com o um verdadeiro triaxial (cubo de comando hidráulico independente nos três eixos, em condições de carregamento drenado e não drenado), munido de sistemas de medição de ondas sísmicas em três direcções e em cada sob três distintas direcções de polarização de onda (com transdutores peizoeléctricos e placas de corte) e sistema integral de condicionamento e tratamento de sinal.



6.2 Campanhas experimentais

Neste período foram desenvolvidos trabalhos de caracterização in situ e recolha de amostras em dois campos experimentais, atrás descritos.

Foram também integrados resultados de campanhas experimentais onde os investigadores tinham alguma envolvimento: destes destaca-se a intervenção numa das obras de caracterização dos maciços envolvidos pelo Metro do Porto. Esta análise permitiu um estudo sistemático da sensibilidade da ondas sísmicas a factores de estrutura e de saturação dos maciços, sendo clara a integração destes conhecimentos nas análises decorrentes no projecto.

Este trabalho serviria também para publicação de dois artigos no VIII Congresso Nacional de Geotecnia (ver anexo).

Na sequência da disponibilização de várias técnicas de amostragem e após os primeiros testes de amostragem diversa, através da parceria com instituições com actividade de produção na área da Construção – e da Geotecnia em particular – e do Controlo de Qualidade (CICCOPN e Mota & Companhia, SA), desenvolvem-se testes de amostragem em dois campos experimentais (Maia – Espinhosa - e Porto – Estação da Casa da Música do Metro do Porto e Campo Experimental da FEUP). Nestes campos experimentais têm sido realizados inúmeros ensaios com recurso às várias técnicas antes descritas.

Foram testados distintos amostradores e técnicas de recolha de amostras em sondagens e em bloco, constituindo-se base de trabalho para as análises que se vêm fazendo e que se prosseguem. Vários artigos, os mais recentes no ISC'2, relatam estes estudos.

6.3 Edições

Edição de um Livro (e CD-Rom) com as comunicações do Workshop Internacional:

“Técnicas de Amostragem em Solos e Rochas Brandas e Controlo de Qualidade”

realizado na FEUP, em 4 e 5 de Junho de 2001.

Este Workshop e a publicação respectiva foi citado como um dos elementos significativos da actividade do “*Technical Committee on Soil Sampling*” (TC-22) da Sociedade Internacional de Mecânica do Solos e Engenharia Geotécnica (ISSMGE), constando do seu relatório final (apresentado em Istambul em 2001, na sua versão pública).

Em Abril de 2004 foi *editado em livro* (Ed. FEUP e Edição Científica: A. Viana da Fonseca, & Cristiana Ferreira), com **ISBN: 972-752-068-5** (400 exemplares).

Este documento inclui as seguintes comunicações:

- Enquadramento da problemática e apresentação dos objectivos
- Prof. Viana da Fonseca; Eng^a Cristiana Ferreira
- Sampling methods: new practical techniques for high quality sampling soils and evaluation of disturbance
- Dr David W. Hight, Geot. Consult. Group, UK
- Methods for minimising sample disturbance in soft clays: recommended innovative samplers and optimal procedures for preparation of lab specimens for mechanical testing
- Dr Tom Lunne, Norwegian Geotechnical Institute, Oslo, Norway



- Structure in natural soils: signs of loss or preservation on samples for lab testing.
- Prof. Serge Leroueil, Univ Laval, Canadá
- Assessment of sample quality with bender element tests
- Dr David Nash & Dr Paul Greening,
- Dept. Civil Engineering, University of Bristol, UK

Casos de obra:

- Eng. Carlos Rodrigues (EST - Polit. Guarda) e Prof. Luís Lemos (FCTUC)
- Eng. Jorge Dinis (Teixeira Duarte)
- Prof. Jaime Santos (IST)
- Eng. João Bilé Serra (LNEC)
- Eng. Miguel Candeias (Keller)
- D. Agustin Gomez (Tecso)
- Dr. Paulo Dinis (Atlas Copco)
- Eng. Eduardo Simões (Mota & Companhia)
- Dr. António Gaspar (SEG))
- Eng. Nuno Cruz (CICCOPN)

39th Rankine Lecture do Prof. Serge Leroueil:

- Natural slopes and cuts: movement and failure mechanisms

É de salientar que este Workshop e a publicação respectiva (em dossier e em CD-Rom) é citado como um dos elementos significativos da actividade do “Technical Committee on Soil Sampling” da Sociedade Internacional de Mecânica do Solos e Engenharia Geotécnica, constando do seu relatório final (apresentado em Istambul em 2001).

6.4 Participação em rede internacional de investigação

Na sequência dos trabalhos desenvolvidos com os sistemas piezo-eléctricos (bender-extend elements) e critérios alternativos de interpretação, e dando sequência às colaborações com outros grupo internacionais, o Grupo de Investigação do Laboratório de Geotecnia da FEUP foi convidado pelo Comité Técnico TC-29 of ISSMGE, a colaborar no:

INTERNATIONAL PARALLEL TEST ON THE MEASUREMENT OF GMAX USING BENDER ELEMENTS

Esta iniciativa promove a participação de instituições e laboratórios do mundo inteiro que se têm especializado nestas técnicas, sendo o objectivo principal fazer um estado-de-arte das metodologias de interpretação, utilizando, para o efeito, o mesmo solo - a areia de Toyoura (do Japão) - e seguindo procedimentos uniformes pré-definidos. Com este trabalho de índole universal, também se pretende disseminar a experiência dos vários Centros (tanto na aquisição, como da interpretação) e apresentar recomendações para o futuro.

A descrição detalhada dos objectivos e dos trabalhos em curso (nomeadamente das equipas envolvidas) pode ser vista em: <http://www.jiban.or.jp/e/tc29/>.



7 - O COROLÁRIO DO PROJECTO E O FUTURO DESTES ESTUDOS

O desenvolvimento deste projecto caracterizou-se por uma sólida estabilização dos meios (equipamentos, técnicas e necessárias metodologias de interpretação), como se prova pelos protótipos montados, manuais explicativos e publicações diversas de que se anexam cópias.

As análises dos resultados que foram colectadas – já decorrentes do uso sistemático daqueles equipamentos e técnicas – são também entusiasmantes, como se prova também pelas publicações realizadas. Há porém, uma clara necessidade de proceder a muitos mais testes, sob diversos materiais e condições de estado. Tal não foi possível como desejamos por insuficiência de recursos humanos adstritos ao projecto, que não temos!

Esta preocupação levou o IR a solicitar repetidamente bolsas de doutoramento que permitissem potenciar os avanços entretanto realizados.

Desse esforço, conseguiu-se uma para a Mestre Cristiana Ferreira (a bolseira de investigação que mais se dedicou a estes assuntos), para iniciar nos primeiros meses de 2003, que, ainda que insuficiente para as matérias que havia e há para tratar, permitirá solidificar muitos dos avanços obtidos.

Entretanto, acordamos com os colegas investigadores da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra (FCTUC), nossos parceiros, que a verba a atribuir aquela Unidade seria totalmente gasta em sede da nossa Unidade, a FEUP. Isto mesmo seria solicitado à FCT, que respondeu em ofício datado de 20 de Janeiro de 2003, assinado pela Ex^a Dr^a Ana Fonseca, Directora do Serviço de Programas e Projectos, autorizando essa concentração de verbas na Instituição Responsável. Esta transferência destinou-se a concentrar as verbas disponíveis no desenvolvimento de equipamentos, técnicas e necessárias metodologias de interpretação.

8 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considera-se que, em termos gerais, o projecto decorreu com bom nível, tendo tido alguns frutos que se consideram relevantes, com tradução bibliográfica já significativa.

Uma parte significativa das tarefas e sequentes objectivos estão a ser desenvolvidos.

Porto e FEUP, 14 de Outubro de 2004

O Investigador Responsável

O Investigador Responsável (Inst. 2)

A. Viana da Fonseca
Prof. Associado (DECivil FEUP)

Luís. J. Leal Lemos
Prof. Associado (DECivil FCTUC)

Anexo: Cópias de publicações no âmbito do projecto.



Publicações indexáveis ao projecto

Revistas Internacionais

- "*SHEAR WAVES VELOCITIES FROM IN SITU DOWN-HOLE (VSVH) AND CROSS-HOLE (VSHV) TESTS AND IN LABORATORY ON TRIAXIAL WITH BENDER ELEMENTS (VSVH LAB) ON A SAPROLITIC SOIL*", **Soils and Foundations**, Special Issue on "Deformation Characteristics of Geomaterials"; artigo inicialmente seleccionado para ser publicado na revista em Agosto de 2003: após submissão para o International Symposium "Lyon 03" – Set. 2003; primeiro autor em co-autoria com Eng.s Cristiana Ferreira, DEC da FEUP e FCT, e Jorge Carvalho, Dep. Minas da FEUP. O rateio de artigos viria a colocá-lo exclusivamente nas Actas do Congresso, pelo que foi decido colocá-lo "tout-court" no congresso interancional ISC'2 (ver abaixo) – tendo sido seleccionado para exposição oral. Um novo artigo – com novos dados do campo experi-mental da FEUP – está ser ultimado para esta mesma revista internacional. – **Publicação TRANSFERIDA!**
- "*CHARACTERIZATION OF A PROFILE OF RESIDUAL SOIL FROM GRANITE COMBINING GEOLOGICAL, GEOPHYSICAL AND MECHANICAL TESTING TECHNIQUES*", **Geotechnical and Geological Engineering**, International Journal – KLUWER; primeiro autor em co-autoria com Cristiana Ferreira, DEC da FEUP e FCT, Jorge Carvalho, Dep. Minas da FEUP, Jaime A. Santos do Inst. Sup. Técnico, Fernando Almeida da Univ. Aveiro, e E. Pereira, J. Feliciano, J. Grade do Inst. Geolo. Mineiro - **artigo submetido**.
- "*THE USE OF SHEAR WAVES VELOCITIES DETERMINED IN DOWN-HOLE (VSVH) AND CROSS-HOLE (VSHV) TESTS ON THE EVALUATION OF K_0* ", **Solos e Rochas**, revista da Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e da Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental (ABGE) - **artigo submetido**.

Revista Nacional

- "*PARÂMETROS DE DEFORMABILIDADE DEFINIDOS A PARTIR DE ENSAIOS IN SITU "SIMPLES E ROBUSTOS" E SUA RELAÇÃO COM VALORES "NOBRES" DE REFERÊNCIA EM SOLOS SAPROLÍTICOS DE GRANITO*", **Geotecnia**, revista da Sociedade Portuguesa de Geotecnia - **artigo em apreciação**;

Comunicações em Actas de Conferências Internacionais

- Viana da Fonseca, A. e Ferreira, C. (2002). "Aplicação da Técnica de Bender Elements para Avaliação da Qualidade de Amostragem em Solos residuais". **XII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica** e 1º Congresso Luso-Brasileiro de Geotecnia, S. Paulo, 20 a 24 de Outubro de 2002.
- Rodrigues, C. M. G. & Lemos, L. J. L. (2002) Características de resistência e deformabilidade de um saprólito granítico da Guarda; Influência da amostragem.



- XII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, Vol. 1, pg. 25-34. São Paulo 20-24 de Outubro de 2002.
- Viana da Fonseca, A., Vieira de Sousa, F. e Ferreira, C. (2002) “Deriving stiffness parameters from “gross” in situ tests and relating them with “noble” reference values on saprolitic soils from granite”, comunicação apresentada à **12th Panamerican Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering**, MIT, Cambridge, USA, Jun. 2003. *A comunicação foi aceite para publicação.*
 - Greening, P. D., Nash, P.F.T, Benahmed, N., Ferreira, C. e Viana da Fonseca, A. (2003) "Comparison of shear wave velocity measurements in different materials using time and frequency domain techniques". comunicação apresentada à **IS-LYON'03 - 3rd International Symposium on Deformation Characteristics of Geomaterials**, Lyon, França, 22 – 24 Setembro de 2003. *A comunicação foi aceite para publicação (VOL.1, pp 381-386) e seleccionada para apresentação oral. A. A. Balkema, Swetz & Zeitlinger, Lisse, Nth.*
 - Ismail, M., Ferreira, C. & Fahey, M. (2004). “Influence of Cement Type on Gmax of a Carbonate Sand.” **Advances in geotechnical engineering : the Skempton conference** : proceedings ICE, Royal Geographical Society, London, UK, on 29-31 March 2004. Jardine, R. J., Potts, D. M., Higgins, K. G. (Eds.), London : Thomas Telford Publishing, 675 p. ISBN: 0727732641.
 - **6 artigos (um dos quais uma KEYNOTE LECTURE)** submetidos e aprovados após revisão à **2nd International Conference on Site Characterisation (ISC' 2), Porto, Portugal, 19-22 Setembro 2004**
 - Gomes Correia, A., Viana da Fonseca, A. & Gambin, M. “Routine and Advanced Analysis of Mechanical In-Situ Tests ” (**KEYNOTE/THEME LECTURE**)
 - Viana da Fonseca, A., Ferreira, C. e Carvalho, J. "Tentative evaluation of K_0 from shear waves velocities determined in Down-Hole (V_{svh}) and Cross-Hole (V_{shv}) tests on a residual soil" (seleccionado para exposição oral no Tema 8. *Enhanced characterization by combined in-situ testing*) - Vol.2 pp.1755-1764;
 - Viana da Fonseca, A., Carvalho, J., Ferreira, C., Sousa, C., Costa, E., Santos, J. "Geotechnical characterization of a residual soil profile: the ISC'2 experimental site, FEUP" (seleccionado para exposição oral no Tema 6. *Characterization of nontextbook geomaterials*) - Vol.2 pp.1361-1369;
 - Carvalho, J., Almeida, F., Hermosilha, H. e Viana da Fonseca, A. “ISC'2 experimental site investigation- part 1: conventional and tomographic P and S waves refraction seismics vs electric resistivity” (seleccionado para exposição oral no Tema 2. *Geophysical methods applied to geotechnical engineering*) - Vol.1 pp. 433-441;
 - Almeida, F., Hermosilha, H., Carvalho, J., Moura, H. e Viana da Fonseca, A. “ISC'2 Experimental Site Investigation and Characterization – part 2: from SH waves high resolution shallow reflection to shallower GPR tests”, (seleccionado para exposição oral no Tema 2. *Geophysical methods applied to geotechnical engineering*) - Vol.1 pp. 419-426;



- Rodrigues, C.M.G. e Lemos, L.J.L. “SPT, CPT, and CH test results on saprolitic granite from Guarda, Portugal”, Tema 6. *Characterization of nontextbook geomaterials*) - Vol.2 pp.1345-1351;

Teses de Doutoramento

- Tese de **Carlos M. G. Rodrigues**: “*Caracterização Geotécnica e Estudo do Comportamento Geomecânico se um Saprolito Granítico da Guarda*”. Doutoramento em Engenharia Civil (FCTUC). Tese aprovada em 2003.

Teses de Mestrado

- Tese de **José Fernando Vieira de Sousa**: “*Modelação de Ensaios de Carga connsiderando a variação da rigidez dos solos em profundidade: Parametrização recorrente de ensaios complementares in situ e em laboratório*”. Mestrado em Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica (FEUP/FCTUC). Tese aprovada em 11 de Abril de 2002 por Muito Bom.
- Tese de **Sónia Hortênsia Moreira Marques**: “*Estudo Geomecânico de Solos Residuais Graníticos*”. Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto para obtenção do Grau de Mestre em Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica (FEUP/FCTUC). Tese aprovada em 13 de Março de 2002 por Muito Bom.
- Tese de **Cristiana Maria Fonseca Ferreira** “*Implementação de bender elements para determinação de velocidades de ondas sísmicas em provetes. Aplicação da técnica para avaliação preliminar da qualidade de amostragem em solos residuais.*”. Tese aprovada em 8 de Janeiro de 2003 por Muito Bom.
- Tese de **Carla Alexandra Pereira de Carvalho** “*Contribuição para o Conhecimento de Anisotropia Induzida em Solos Argilosos Portugueses. Estudo Experimental sobre Algumas Amostras Representativas*”. Tese aprovada em 26 de Novembro de 2003 por Muito Bom.

Congressos e Encontros Nacionais

Workshop: TÉCNICAS DE AMOSTRAGEM EM SOLOS E ROCHAS BRANDAS E CONTROLO DE QUALIDADE (Porto, 4 e 5 de Junho de 2001)

- Viana da Fonseca, A. e Ferreira, C. (2001) “*GESTÃO DA QUALIDADE DE AMOSTRAGEM EM SOLOS RESIDUAIS E EM SOLOS ARGILOSOS MOLES. ANÁLISE COMPARATIVA DE VELOCIDADES DE ONDAS SÍSMICAS IN SITU E EM LABORATÓRIO*”, em Livro de actas (CD-Rom) - pp. 3-46.

8º Congresso Nacional de Geotecnia (Lisboa, 15 a 18 de Abril de 2002)

- Viana da Fonseca, A. e Ferreira, C. (2002) “*BENDER ELEMENTS COMO TÉCNICAS LABORATORIAIS EXCELENTES PARA AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS GEOTÉCNICOS REFERENCIAIS*”. Tema 1 – Prospecção, Amostragem e Caracterização de Maciços. Actas: Vol. 1, pp.353-365;
- Pessoa, J. M. C., Carvalho, J. M. C., Carminé, P, Viana da Fonseca, A (2002). “*TOMOGRAFIA DE VELOCIDADES DE ONDAS SÍSMICAS S E P NUMA ZONA DE*



ALTERAÇÃO DE GRANITO DO PORTO". Tema 1 – Prospecção, Amostragem e Caracterização de Maciços. Actas: Vol. 1, pp. 93-102;

- Viana da Fonseca, A., Carvalho, J. M. C. e Pessoa (2002). “*ENSAIO CROSS-HOLE EM PERFIS DE ALTERAÇÃO DO GRANITO DO PORTO. PARÂMETROS ELÁSTICOS E CORRELAÇÕES*”. Tema 1 – Prospecção, Amostragem e Caracterização de Maciços. J. M. C.. Actas: Vol. 1, pp 73-92;
- Rodrigues, C. M. G. & Lemos, L. J. L. (2002) “*AMOSTRAGEM DE SAPRÓLITOS GRANÍTICOS DA GUARDA COM AMOSTRADOR DE TUBO ABERTO; AVALIAÇÃO DE QUALIDADE*”, Tema 1 – Prospecção, Amostragem e Caracterização de Maciços. J. M. C.. Actas: Vol. 1, pg. 15-24,.

9º Congresso Nacional de Geotecnia (Univ. De Aveiro, 18 a 23 de Abril de 2004)

- Ferreira, C. Mendonça, A. A. e Viana da Fonseca, A. “*AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE AMOSTRAGEM EM CAMPOS EXPERIMENTAIS DE SOLOS RESIDUAIS DE GRANITO DO PORTO*”. Tema 1 – Prospecção, Amostragem e Caracterização de Maciços. J. M. C.. Actas: Vol. 1, pp.27-38;

DOCUMENTAÇÃO (SEMINÁRIOS INTERNACIONAIS)

Livro (+ CD-Rom) de Workshop (Ed. FEUP e Edição Científica: A. Viana da Fonseca, & Cristiana Ferreira), com **ISBN: 972-752-068-5** (400 exemplares).

“*TÉCNICAS DE AMOSTRAGEM EM SOLOS E ROCHAS BRANDAS E CONTROLO DE QUALIDADE*”

realizado na FEUP, em 4 e 5 de Junho de 2001.

com participação dos Professores Serge Leroueil – Laval University – Canada; Dr David Hight – Geot. Cons. Group / Imperial College of London; Dr David Nash & Dr Paul Greening – University of Bristol; Dr. Tom Lunne – NGI, Noruega, e representantes de Laboratórios e Empresas Nacionais com trabalho nesta área. O Workshop teve o patrocínio da Fundação para Ciência e a Tecnologia, o CICCOPN e a Sociedade Portuguesa de Geotecnia.

Este Workshop foi citado como um dos elementos significativos da actividade do “*Technical Committee on Soil Sampling*” da Sociedade Internacional de Mecânica do Solos e Engenharia Geotécnica, constando do seu relatório final (apresentado em Istambul em 2001).

Texto em Actas de Workshop

“**Advanced Laboratory Testing of Geomaterials**”, realizado na NANYANG TECHNOLOGICAL UNIVERSITY de Singapura, no dia 5 de Dezembro de 2002, organizado pelo TC29 da ISSMGE:

- “Comunicação intitulada: “*Shear wave velocity measurements using time and frequency domain techniques*”, incluída em documentação editada pelo NTU.

RELATÓRIOS

Relatórios de Estágio dos Bolseiros de Investigação: 2 relatório de actividades desenvolvidas pela Licenciada Maria Feliksovna Bezerra e Mestre António Mendonça no âmbito do projecto, durante as suas permanência na FEUP (ver descrição).



Relatórios de progressão do Projecto: 3 relatórios, um no fim do 2º ano de actividades, um para a avaliação intercalar e o final.

MANUAIS DE UTILIZAÇÃO / PROTÓTIPOS LABORAT. (MONOGRAFIAS)

Transdutores de Deformações Locais (LDTs). Estrutura e Funcionamento destes equipamentos desenvolvidos no Laboratório de Engenharia Geotécnica do Instituto de Ciências Industriais da Universidade de Tóquio, para a medição precisa das deformações a níveis muito pequenos, os LDTs foram introduzidos, no Lab. Geotecnia da FEUP (pioneiros), tendo-se implementado os sistemas mecânicos e electrónicos que permitem a calibração, a adaptação aos provetes triaxiais, o condicionamento e aquisição de sinais e tratamento de dados. Estes equipamentos são peças essenciais para o enquadramento dos dados de velocidades de ondas sísmicas (mote do projecto).

Aplicação de transdutores Piezoeléctricos na Determinação de Velocidades de Ondas Sísmicas em provetes

Trata-se da montagem de uma infra-estrutura laboratorial (no Laboratório de Geotecnia da FEUP) que congregue um conjunto de equipamentos que permitam a realização de ensaios triaxiais com controlo das velocidades de propagação das ondas sísmicas de corte (“S”) e de compressão (“P”). Nestas, inclui-se: um protótipo triaxial desenvolvido na FEUP, baseado em transdutores piezo-eléctricos fabricados em Bristol (*BENDER/EXTENDER ELEMENTS*), e que integra unidades próprias de geração, aquisição e registo de sinais (incluindo osciloscópio, gerador de sinais, amplificadores, interfaces e software de aquisição e tratamento de sinal) e PC dedicado, especificamente montados e adaptados pela nossa equipa; os primeiros resultados com este sistema são animadores; a colaboração de colegas do Grupo de Automação, Instrumentação e Controlo Departamento de Mecânica tem permitido desenvolver várias componentes de acondicionamento de sinal e gestão de dados, que vai melhorando o desempenho do protótipo.



RESUMO DAS PUBLICAÇÕES NA VIGÊNCIA DO PROJECTO

| | 1º ano | 2º ano | 3º ano | Total |
|--|--------|--------------------|--------------------|--------------------|
| A) Publicações | | | | |
| 1) Livros | 0/0 | 0/0 | 1/1 | 1/1 |
| 2) Artigos em revistas internacionais | 0/0 | 1/0 | 2/2 | 3/2 ⁽¹⁾ |
| 3) Artigos em revistas nacionais | 1/0 | 1/0 | 2/1 | 4/1 ⁽¹⁾ |
| 4) Comunicações em encontros científicos internacionais | 0/0 | 1/2 | 2/9 | 3/11 |
| 5) Comunicações em encontros científicos nacionais | 1/1 | 3/4 | 3/1 | 7/6 |
| C) Relatórios | 1/0 | 1/3 | 1/2 | 3/5 |
| D) Organização de seminários e conferências (cursos) | 1/1 | 1/0 | 1/1 | 1/2 ⁽²⁾ |
| E) Formação avançada | | | | |
| 1) Tese de Doutoramento | 0/0 | 0/0 | 1/1 ⁽³⁾ | 1/1 ⁽³⁾ |
| 2) Teses de Mestrado | 0/0 | 1/1 | 2/3 | 3/4 |
| 3) Outros (relatórios de estágios de investigação e manuais) | 0/0 | 1/1 | 1/1 | 2/2 |
| F) Modelos | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 |
| G) Aplicação Computacionais | 0/0 | 0/0 | 0/1 ⁽⁴⁾ | 0/1 ⁽⁴⁾ |
| H) Instalações Pilotos | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 |
| I) Protótipos laboratoriais | 0/0 | 0/1 ⁽⁵⁾ | 1/1 ⁽⁶⁾ | 1/2 |
| J) Patentes | 0/0 | 0/0 | 1/0 | 1/0 |
| L) Outros (Manual) | 0/0 | 0/0 | 1/1 | 1/1 |
| Cooperation in Code of Practice | 0/0 | 0/0 | 1/1 ⁽⁷⁾ | 1/1 ⁽⁷⁾ |

⁽¹⁾Estes artigos de revistas estão em apreciação; ⁽²⁾Workshop sobre amostragem e ISC'2;

⁽³⁾Tese em curso (Cristiana Ferreira); ⁽⁴⁾ Software para a "pico system" (ver descrição);

⁽⁵⁾Triaxiais com medição de ondas sísmicas; ⁽⁶⁾"True triaxial" - Câmara de calibração;

⁽⁷⁾Notas de procedimentos e manufactura de amostradores no livro

