

6^o Congresso Nacional de Geotecnia



A Geotecnia nas
Infraestruturas
de Transportes,
Energia e Ambiente

15 a 18 de Setembro de 1997
IST-Instituto Superior Técnico-Lisboa

Volume 1/3



Editores:

Sociedade Portuguesa de Geotecnia
Av. do Brasil, 101
P. 1799 Lisboa

Gentro de Geotecnia do
Instituto Superior Técnico
Av. Rovisco Pais, 1
P. 1096 Lisboa Codex

Fotolito, Impressão e Acabamentos:

Artes Gráficas Simões, Lda.
2685 S. João da Talha
Telef. (01) 955 02 08

Depósito Legal nº 115023/97

Tiragem: 500 exemplares

6^o Congresso Nacional de Geotecnia

A Geotecnia
nas Infraestruturas
de Transportes, Energia e Ambiente

IST, Lisboa
15 a 18 de Setembro de 1997

Volume
1/3

Editado por:
Sociedade Portuguesa de Geotecnia
e Centro de Geotecnia do Instituto Superior Técnico

PREFÁCIO

O papel de relevo desempenhado pela engenharia geotécnica nas grandes obras em curso no nosso país, nomeadamente no domínio das infraestruturas de transportes, energia e ambiente, motivou a Comissão Científica a retomar o exemplo do 1º e 2º Encontros Nacionais de Geotecnia e escolher este assunto para pano de fundo do 6º Congresso Nacional de Geotecnia (CNG). Neste contexto foram seleccionados três temas.

O primeiro tema “Mecânica dos Solos, Mecânica das Rochas e Geologia de Engenharia” será dedicado à caracterização de maciços, materiais de construção e modelação. O segundo tema “Projecto, Construção, Observação e Exploração” irá abordar as diferentes fases desta cadeia e a sua interligação e o terceiro tema será dedicado aos “Casos de Obra” e aos ensinamentos colhidos da sua análise.

Serão ainda proferidas seis conferências especiais por individualidades nacionais e estrangeiras de reconhecido mérito científico.

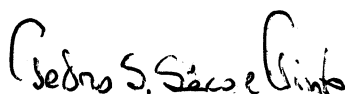
A adesão da comunidade geotécnica a este evento está bem patente através da recepção de 168 resumos que se concretizaram em 127 comunicações, que após terem sido analisadas por uma Comissão de Revisão e aprovadas pela Comissão Científica, serão publicadas em três volumes.


O programa técnico-científico do Congresso compreende a realização de:

- 6 conferências especiais.
- 12 sessões paralelas para apresentação oral de algumas das comunicações. Um período de 30 minutos está reservado para discussão em cada sessão.
- Sessão de apresentação de comunicações em "Posters".
- Exposição técnica.
- Visitas técnicas.

A Direcção da SPG e a Comissão Organizadora do 6º CNG desejam exprimir o seu apreço e gratidão à Comissão Científica, aos conferencistas, aos autores das comunicações, à Comissão de Revisão, aos expositores e às entidades que colaboraram nas visitas técnicas. Agradecimentos são também devidos à JNICT, aos patrocinadores e a todos que através da sua colaboração franca e desinteressada tornaram este Congresso uma realidade. Um agradecimento particular é devido ao IST e muito especialmente ao Centro de Geotecnia pelo apoio prestado à edição e impressão dos documentos deste Congresso, bem como à organização da exposição técnica.

Esperamos que o diálogo pluridisciplinar, que se pretende que seja aberto e profundo, possa contribuir para dar resposta a certas questões polémicas e abrir novos caminhos de estudo e investigação.


Pedro S. Sêco e Pinto
Presidente da SPG

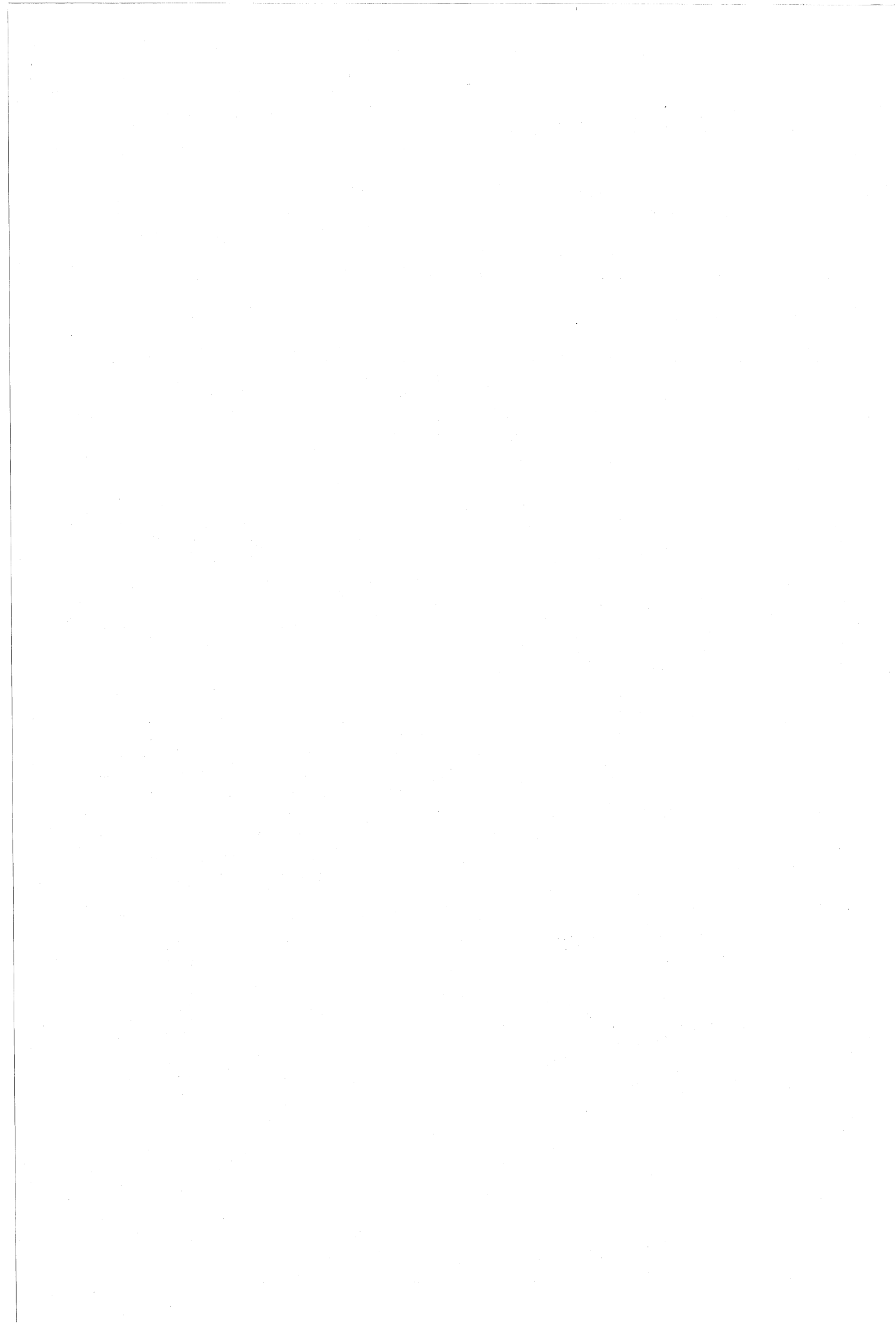

A. Gomes Correia
Presidente do 6º CNG

Índice do volume 1

TEMA 1 - Mecânica dos Solos, Mecânica das Rochas e Geologia de Engenharia

Sessão 4

Détermination de paramètres pour la modelisation au moyen de l'essai pressiomètre Ménard.....	343
<i>Biarez, J.; Branque, D.; Gomes Correia, A.; Jézéquel, J.</i>	
Os modelos Cam-Clay Original e Modificado na previsão do comportamento de argilas normalmente consolidadas.....	355
<i>Biarez, J.; Gomes Correia, A.; Da Silva, E.</i>	
Aterros reforçados sobre solos moles - efeito da viscosidade do geossintético e da largura da obra.....	365
<i>Borges, J. L.; Cardoso, A. S.</i>	
Comparação de critérios de cedência em estado plano de deformação.....	375
<i>Caldeira, L.; Bilé Serra, J.</i>	
Previsão numérica de deslocamentos de escavações realizadas por "Top-Down".....	385
<i>Carvalho, A. T.; Santos Pereira, C.</i>	
Ações pós-construção no suporte final em túneis viários. Esforços no suporte final.....	395
<i>Flor, A. F. T.; Santos Pereira, C.</i>	
Estudo da influência de uma contaminação no comportamento mecânico de um agregado calcário de granulometria extensa.....	405
<i>Gomes Correia, A.; Castelo Branco, F. V. M.; Quinta Ferreira, M. O.; Prates, M.</i>	
Caracterização em laboratório de uma areia no domínio das pequenas e grandes deformações.....	415
<i>Gomes Correia, A.; Santos, J. A.</i>	
Efeitos tridimensionais de canto em paredes de contenção "tipo Lisboa".....	425
<i>Guerra, N. M. C.; Gomes Correia, A.; Jovicic, M.</i>	
Estabilidade geral de taludes: obras de aterro, de suporte e de escavação.....	435
<i>Martins, F. F.; Vieira, C. F. S.; Martins, J. B.</i>	
Comportement mécanique des sols support de chaussées et des graves non traitées.....	445
<i>Paute, J. L.</i>	
A centrífugadora geotécnica do LNEC.....	455
<i>Portugal, J.C.; Madeira, L. A.; Santos, C.</i>	
Estacas sob ações horizontais estáticas e sísmicas. Modelação tridimensional através do M.E.F.....	465
<i>Santos, J. A.; Gomes Correia, A.</i>	



A CENTRIFUGADORA GEOTÉCNICA DO LNEC

LNEC'S GEOTECHNICAL CENTRIFUGE

Portugal, J.C.; *Assistente de Investigação (Eng^o Civil), Laboratório Nacional de Engenharia Civil*
Madeira, L.A.; *Bolseiro de Investigação (Eng^o Mecânico), Laboratório Nacional de Engenharia Civil*
Santos, C.; *Bolseiro de Investigação (Eng^o Electrotécnico), Laboratório Nacional de Engenharia Civil*

RESUMO: O Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) dispõe desde 1995 de uma centrifugadora geotécnica. A centrifugadora, uma Acutronic modelo 661, tem uma capacidade de 40g-ton e um raio de 1,80 m à plataforma giratória. O artigo descreve o desenvolvimento da instalação, incluindo as características gerais do equipamento e sistemas eléctricos, ópticos e mecânicos associados. Perspectivam-se as possibilidades de modelação física no âmbito da geotecnia.

ABSTRACT: A new centrifuge facility has recently been established at the Portuguese National Laboratory for Civil Engineering (LNEC). The centrifuge is an Acutronic model 661 and it has a capacity of 40 g-tonnes. The platform radius is 1.8 m. The paper describes the development of the facility, including general features of the centrifuge test equipment and associated electrical, optical and mechanical systems.

1 - INTRODUÇÃO

No âmbito da Engenharia Civil é hoje unânime a necessidade de Investigação e Desenvolvimento no campo da modelação do comportamento dos solos. Tal facto resulta, essencialmente, da complexidade própria do comportamento reológico dos materiais naturais, quando comparada com a correspondente aos materiais manufacturados (betão, aço, etc.).

De uma forma geral, o comportamento mecânico dos solos é condicionado por factores cuja modelação exige um grau de elaboração mais refinado. Desses factores destacam-se determinadas características intrínsecas do tipo de material em causa, tais como a anisotropia, a não-linearidade, a plasticidade e a dilatância, entre outras. Por outro lado, às características mecânicas conhecidas associa-se quase sempre um grau de incerteza elevado, ao contrário do que acontece com materiais artificiais, ao qual há que acrescentar a existência de uma fenomenologia de interacção física e química entre as fases sólida, líquida e gasosa de que resulta um comportamento condicionado, por exemplo, pelo nível, história e trajectória de tensões e velocidade de deformação.

No estudo do comportamento dos solos, tal como no de outros materiais só pode recorrer-se, ou à modelação matemática, ou à modelação física em escala reduzida ou natural. A via matemática exige, de uma forma geral, um elevado grau de elaboração, dando origem a modelos extremamente refinados, mas cuja aplicação prática se vê comprometida dada a incerteza associada à caracterização geotécnica. A modelação física à escala natural é normalmente excessivamente onerosa, o que impede a realização de estudos sistemáticos e só permite estudos comportamentais bastante aquém da rotura.

A análise experimental de modelos físicos em escala reduzida surge assim como alternativa de grande interesse. Para um determinado problema concreto, o estudo do comportamento é conduzido recorrendo à instrumentação e observação de réplicas geométrica e reologicamente semelhantes. Para tal é necessário respeitar determinadas condições de semelhança entre o modelo e o protótipo. Se se recorrer a uma amostra de material do protótipo para construir o modelo, os níveis de tensão do primeiro não serão reprodutíveis pelo segundo. Ora, como se referiu o estado de tensão dos solos

condiciona o seu comportamento mecânico, pelo que a modelação física tradicional perde validade. Teoricamente esta lacuna poderia ser ultrapassada à custa de um material modelo, substituto do real, que reproduzisse as suas relações constitutivas. Na prática, a complexidade de tal procedimento inviabiliza a sua adopção sistemática. Assim, o respeito pelas condições de semelhança entre modelo e protótipo, no intuito de com o primeiro, conseguir prever o comportamento do segundo, só é possível se o ensaio for realizado em ambiente com uma aceleração n vezes superior à da gravidade (ng), admitindo que a escala geométrica de redução é n .

Com o aparecimento das centrífugas, nas quais os modelos físicos são postos em movimento com uma aceleração igual ao produto da escala dos comprimentos pela aceleração da gravidade, passou a ser possível modelar o estado de tensão e consequentemente o comportamento dos solos em condições de semelhança rigorosas entre modelo e protótipo.

Desde 1995 que o Departamento de Geotecnia (DG) do Laboratório Nacional de Engenharia Civil dispõe de uma Centrífuga Acutronic 661, adquirida com financiamento parcial da JNICT no âmbito do programa CIÊNCIA. Trata-se de uma máquina de eixo de rotação vertical, especialmente concebida para modelação física em geotecnia. Esta instalação visa dotar o LNEC de capacidade de modelação física no âmbito da geotecnia, perspectivando possibilidades de investigação em todos os campos de actividade do Departamento de Geotecnia (Portugal *et al*, 1995).

2 - DESCRIÇÃO DA INSTALAÇÃO

2.1 - Generalidades

A centrífuga (Fig. 1) foi instalada no piso -2 do edifício Ferry Borges, numa câmara circular com paredes de betão armado, construída por forma a assegurar um funcionamento adequado da máquina e a segurança dos operadores. Esta câmara dispõe de um acesso directo a um laboratório concebido para a preparação de modelos (Fig. 2), onde também se encontram os armários de controlo e potência que asseguram, respectivamente, o controlo e a alimentação eléctrica do sistema. A operação de todo o conjunto é conduzida a partir de uma sala de controlo, especialmente concebida para esse efeito e que se situa ao nível -1 do edifício. Nesta sala encontram-se instalados os sistemas de operação e controlo (mesa e painel de comando (Fig. 3)), que asseguram o interface utilizador/máquina, bem como o hardware necessário ao armazenamento/transmissão de dados com os modelos físicos em centrifugação. A operação de controlo da máquina pode ser conduzida quer manual, quer automaticamente por computador (IBM, PC compatível).

A centrífuga apresenta uma estrutura piramidal metálica, rigidamente ligada à laje de soleira da câmara, que suporta um braço giratório e um motor trifásico de accionamento (Fig. 1). O braço giratório comporta numa das extremidades uma cesta basculante na qual é introduzida a carga modelo e na outra, um contrapeso ajustável para equilibrar o conjunto (Figs. 4 e 5). O raio médio de giração é de 1,55 m no centro geométrico da cesta e de 1,80 m na plataforma de montagem. As dimensões máximas da carga embarcável são de 500×700×500 (mm), sendo o seu peso máximo função da aceleração a atingir - 4 kN para acelerações até 100g, decrescendo linearmente até 2 kN para acelerações até 200g (correspondente à velocidade de rotação máxima de 345 rpm).

No topo da estrutura piramidal encontram-se duas juntas rotativas: uma junta rotativa de fluidos e uma junta óleo-hidráulica (Fig. 6). A junta de fluidos permite o acesso hidráulico ou pneumático ao modelo embarcado. É fixada à laje de cobertura da câmara por uma estrutura metálica projectada para esse efeito e a sua refrigeração é assegurada por água. A junta óleo-hidráulica encontra-se ligada a uma unidade de alimentação hidráulica, também colocada no piso da cobertura da câmara circular, a qual permite operar o sistema de equilibragem automática do centro de gravidade do braço giratório durante a rotação.

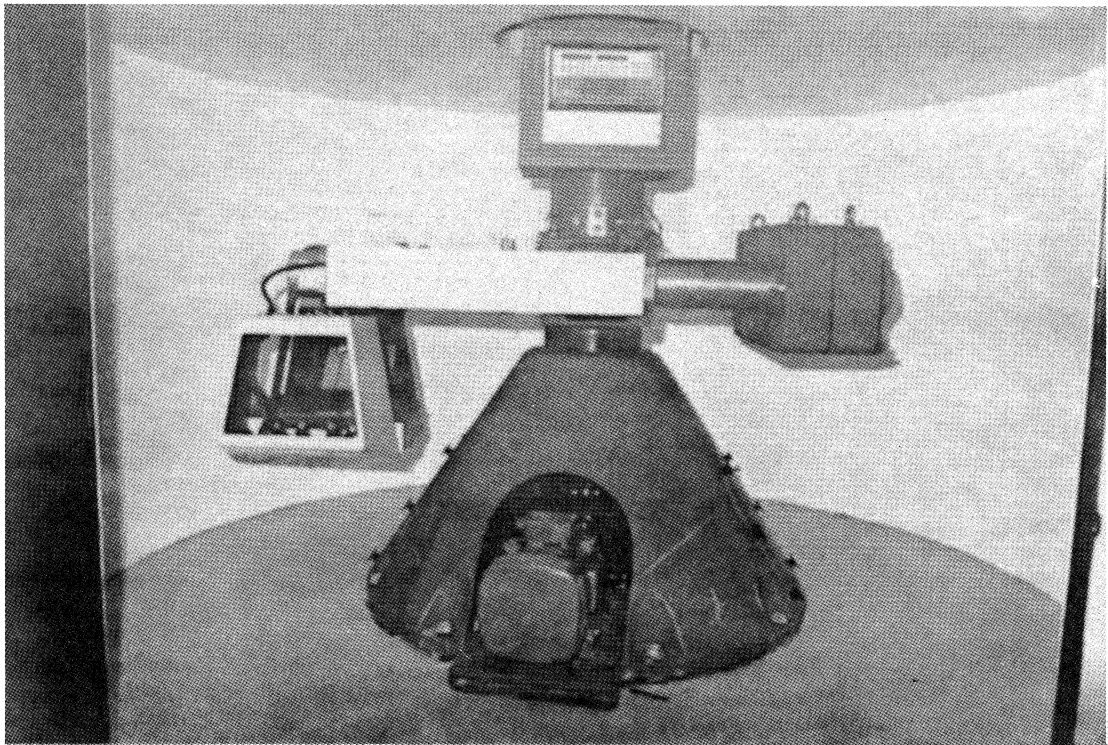


Fig. 1 - A centrifugadora do LNEC

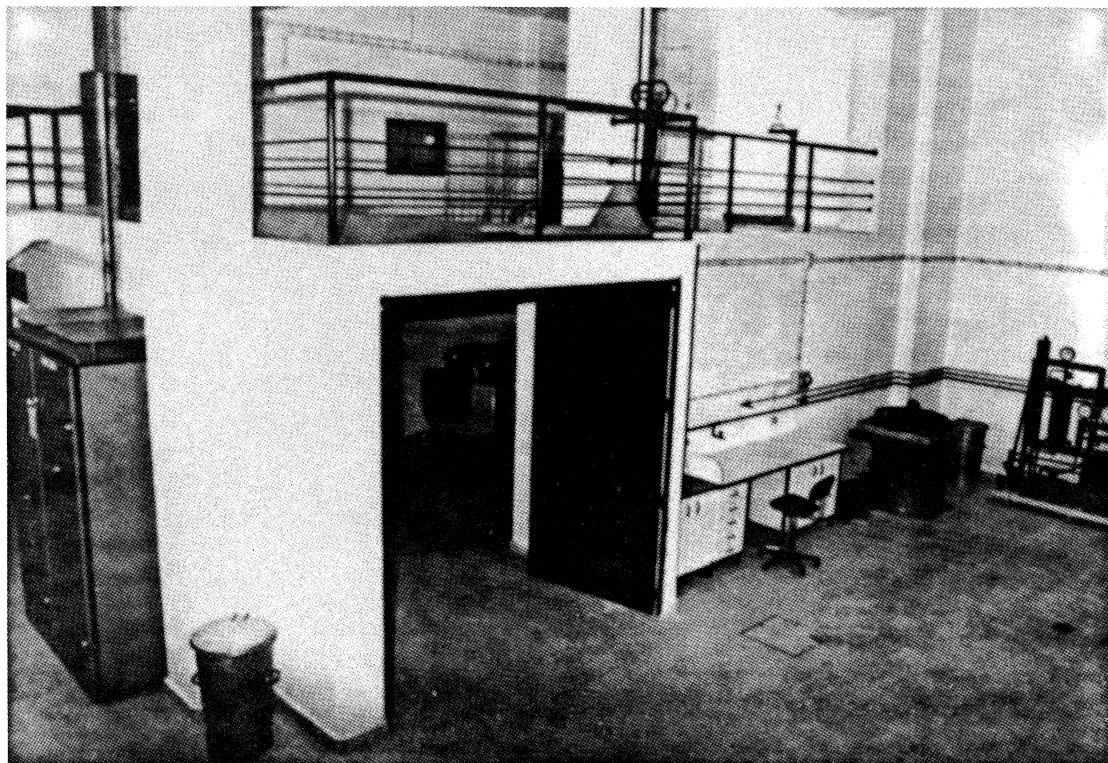


Fig. 2 - Aspecto da sala de laboratório

A fim de permitir a comunicação, segura e com um nível de ruído extremamente baixo, entre o sistema de aquisição de dados (Fig. 1 - topo da centrifugadora) e o sistema de armazenamento de dados e controlo, localizado na sala de controlo, a máquina dispõe de uma junta rotativa de fibra óptica e de uma junta rotativa eléctrica.

A cesta basculante (Fig. 4) é dotada de uma câmara de vídeo ligada a um monitor que se encontra na sala de comando. Este equipamento permite um acompanhamento visual do comportamento dos modelos durante a centrifugação.



Fig. 3 - Mesa e painel de comando da centrífugadora

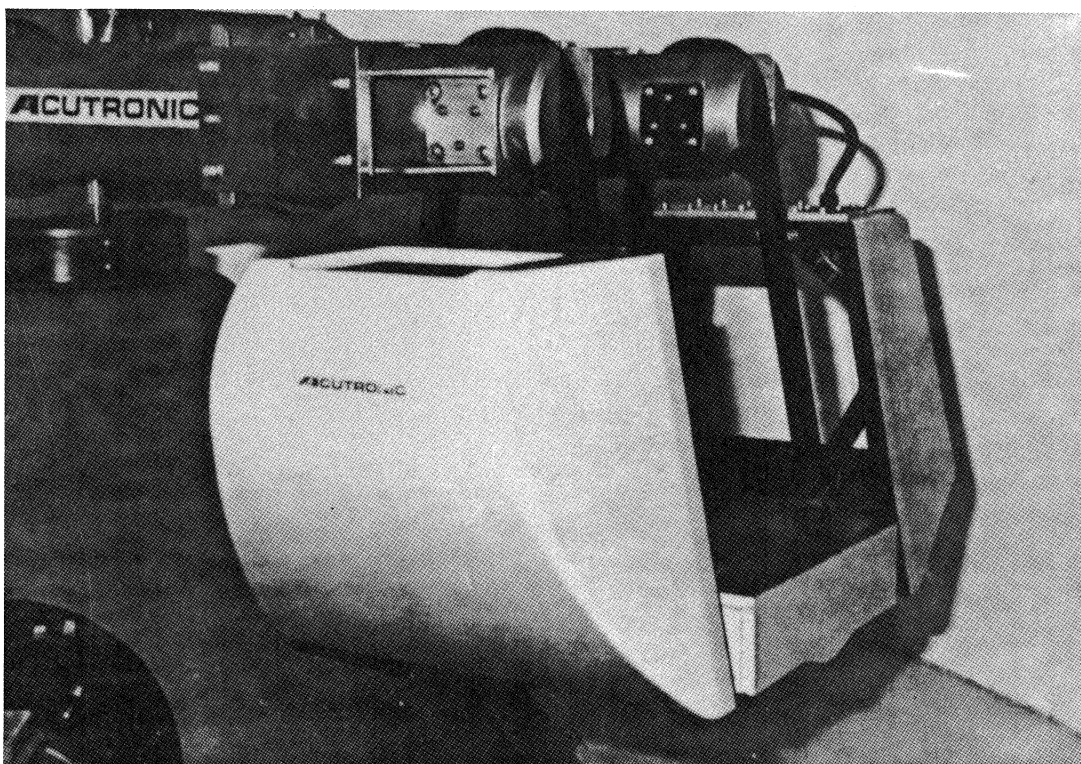


Fig. 4 - Cesta basculante

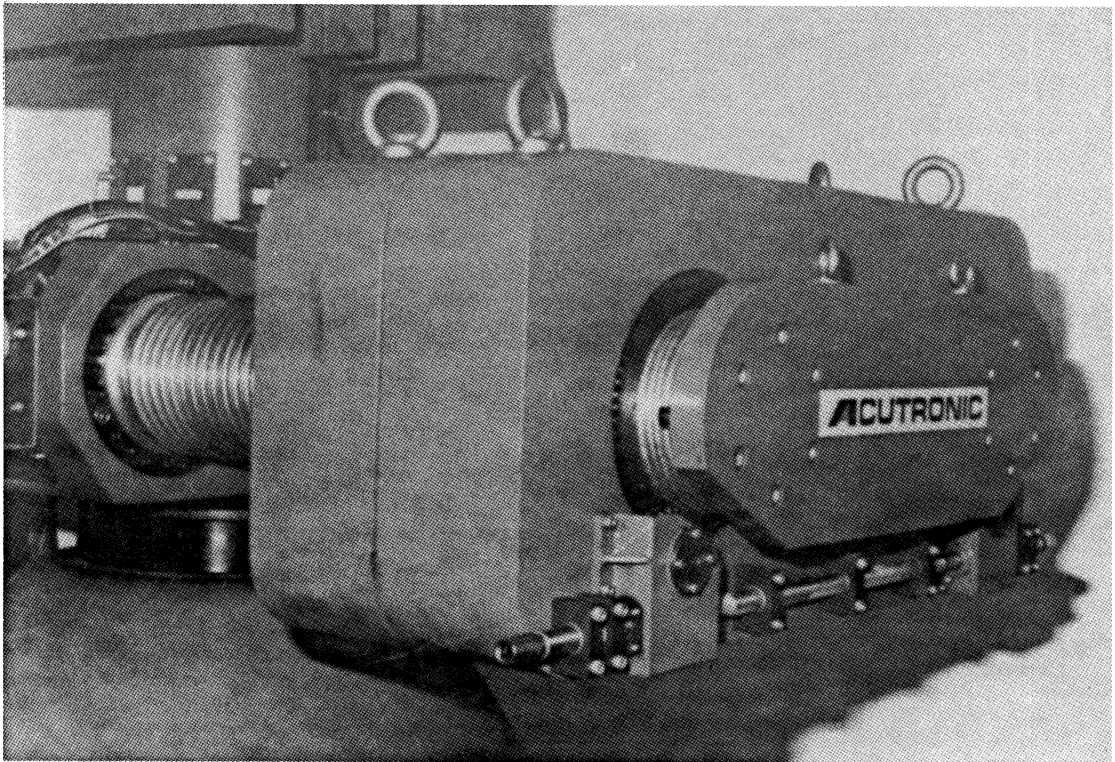


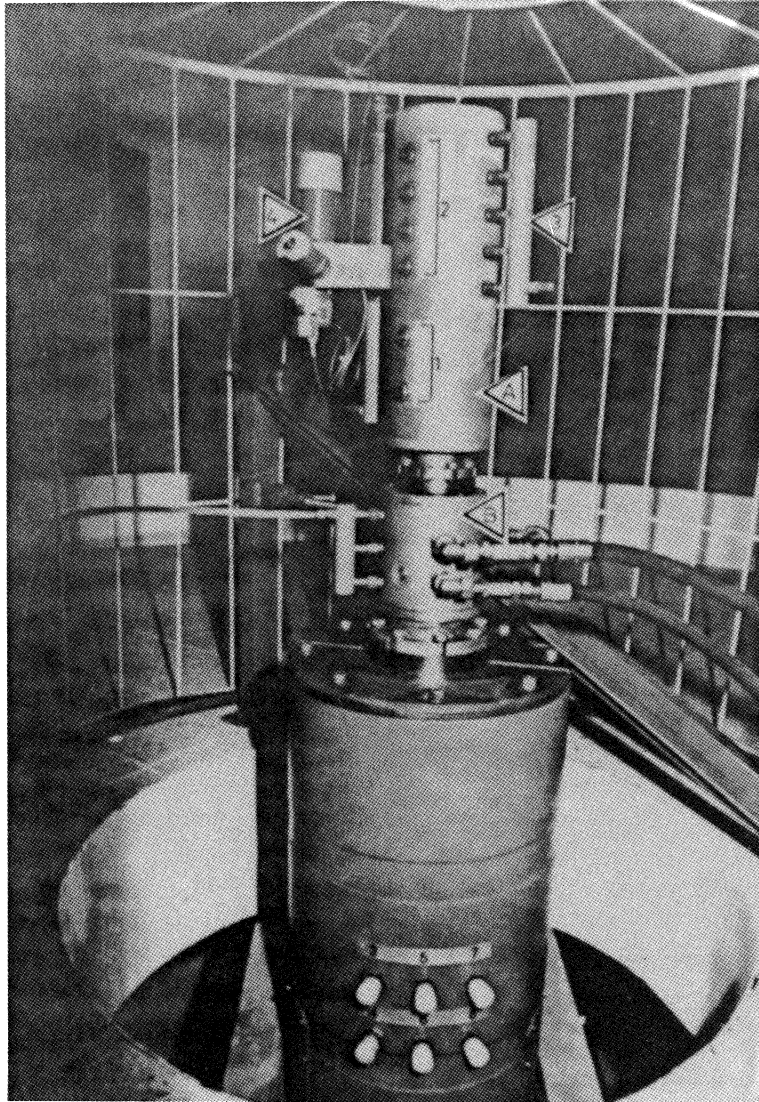
Fig. 5 - Contrapeso ajustável de equilibragem

2.2 - Descrição da centrífugadora

Na Fig. 7 encontra-se representada uma vista geral da centrífugadora, podendo observar-se que é basicamente constituída por um pedestal de forma troncocónica (Fig. 7-1), cuja solidarização à laje de soleira é assegurada por 8 parafusos. Na parte superior do pedestal existe um cubo (Fig. 7-2) apoiado num rolamento axial de esferas e dois rolamentos radiais de rolos, cujo eixo define o eixo de rotação da máquina. Ao cubo são ligados 2 corpos cilíndricos, através de um sistema de anéis cónicos de aperto axial, o que garante uma fixação de grande rigidez e sem folgas. O veio de accionamento do cubo prolonga-se até à parte inferior do pedestal onde se encontra o sistema de accionamento. Este sistema é constituído por um redutor de engrenagens cónicas (Fig. 7-3), e um motor eléctrico trifásico de 45 kW com eixo horizontal (Fig. 7-4), ligados entre si por uma união elástica. O veio de saída do redutor é ôco a fim de permitir a transmissão de sinais entre a parte giratória da máquina e o equipamento fixo, transmissão que é conseguida à custa de juntas rotativas de vários tipos, cuja descrição é apresentada em 2.3.

Os dois corpos cilíndricos constituem o braço giratório da máquina (Fig. 7-5) que suporta numa das extremidades uma cesta articulada (Fig. 7-6), onde é instalado o modelo, e, na outra, um contrapeso ajustável manualmente para equilibrar o conjunto (Fig. 7-7). No interior dos corpos cilíndricos existem dois êmbolos hidráulicos que fazem parte do sistema de equilibragem automático a descrever em 2.3.2.

A medição de acelerações é feita recorrendo a um acelerómetro instalado no braço giratório a uma distância de 0,80 m do eixo de rotação (Fig. 7-8).

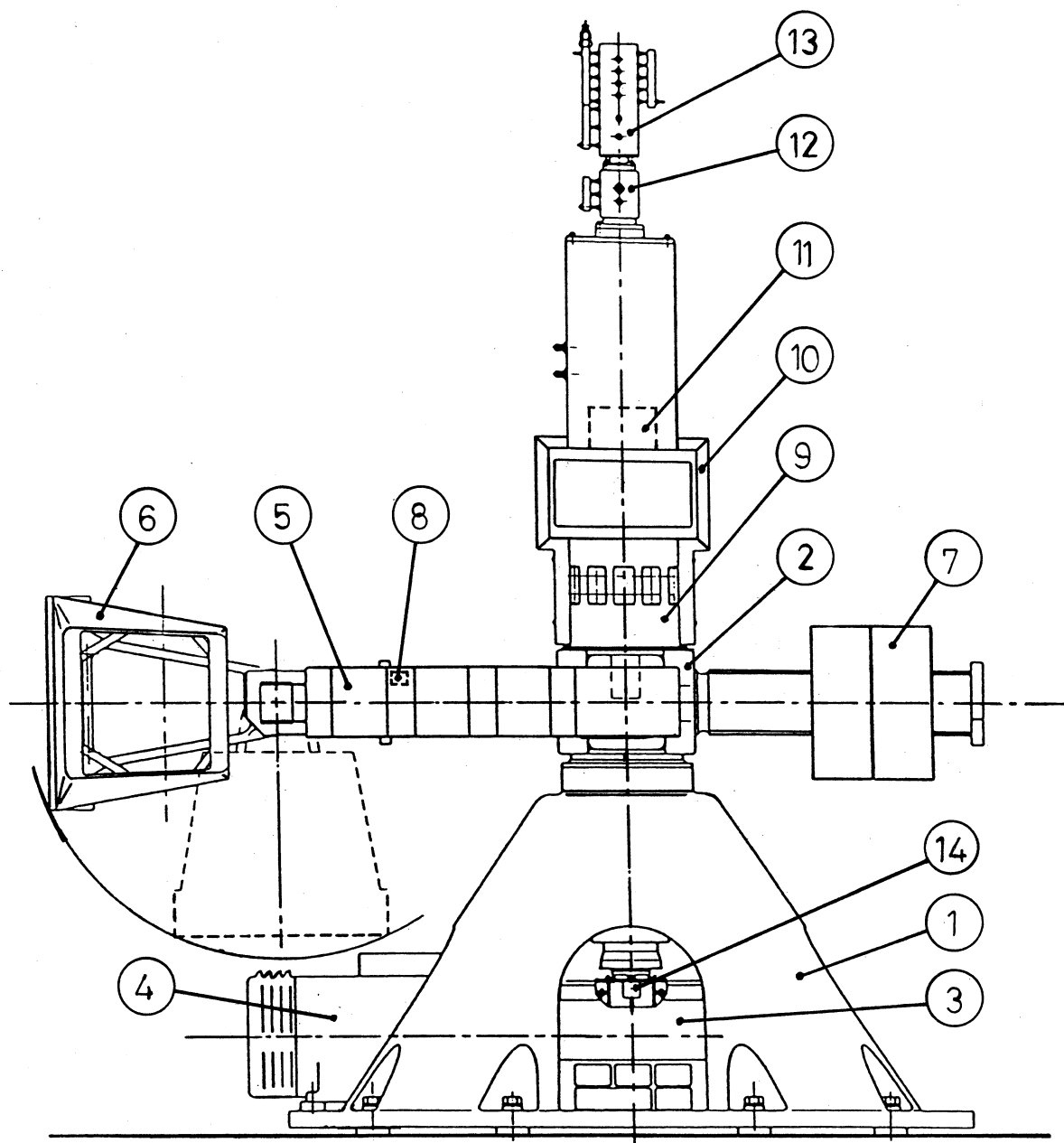


A - JUNTA ROTATIVA PARA FLUÍDOS

B - JUNTA ROTATIVA ÓLEO-HIDRÁULICA

Fig. 6 - Juntas rotativas de fluidos e óleo-hidráulica

Na parte superior do cubo encontra-se uma estrutura para inserção da unidade de controlo/aquisição de dados (Fig. 7-10) com um volume de 400×482×560 (mm), estrutura que foi integrada no conjunto sob especificações do LNEC. Imediatamente abaixo desta estrutura encontra-se o suporte dos contactos eléctricos e a respectiva junta rotativa eléctrica (Fig. 7-9), assim como a junta rotativa de fibra óptica, constituída por quatro canais uni-direccionais. A junta rotativa eléctrica é constituída por 46 contactos, que suportam uma intensidade de corrente de 1 Ampère à tensão máxima de 150 Volts em DC, 12 contactos para uma intensidade de corrente de 5 Ampère à tensão máxima de 220 Volts em AC ou 300 Volts em DC e ainda 3 canais de video para uma tensão de 10 Volts. Na parte superior existem duas servo-válvulas (Fig.7-11) e uma junta rotativa óleo-hidráulica (Fig. 7-12) que asseguram o fornecimento de óleo ao sistema de equilibragem automático. Por cima desta junta existe uma outra junta rotativa para fluidos que permite aceder, hidráulica ou pneumaticamente, aos modelos durante os ensaios (Fig. 7-13).



- | | |
|---------------------------|---|
| 1 - Pedestal | 8 - Acelerómetro |
| 2 - Cubo | 9 - Suporte dos contactos eléctricos |
| 3 - Caixa de redução | 10 - Estrutura da unidade de aquisição de dados |
| 4 - Motor de accionamento | 11 - Servo-válvulas |
| 5 - Braço giratório | 12 - Junta rotativa óleo-hidráulica |
| 6 - Cesta basculante | 13 - Junta rotativa para fluidos |
| 7 - Contrapeso | 14 - Codificador óptico |

Fig. 7 - Esquema da centrífugadora

2.3 - Componentes principais

2.3.1 - Junta rotativa para fluidos

Esta junta permite aceder hidráulica ou pneumaticamente aos modelos durante os ensaios e é independente da centrífugadora (Fig. 6). A junta é constituída por dois contactos rotativos óleo-hidráulicos (Fig. 6-1) e 4 contactos rotativos para ar ou água (Fig. 6-2). Entre cada contacto rotativo existem canais de arrefecimento a água (Fig. 6-3) para evitar o aumento excessivo da temperatura dos vedantes hidráulicos. O sistema de arrefecimento possui ainda uma válvula que controla o caudal de água em função da temperatura (Fig. 6-4).

2.3.2 - Sistema de equilibragem

Conforme se referiu anteriormente o braço giratório é provido de um contrapeso móvel (Fig. 5), cuja posição em relação ao eixo de rotação é ajustada em função da massa a introduzir na cesta basculante. O deslocamento é conseguido à custa de um sistema de engrenagens accionadas manualmente com um jogo de chaves. A distância do contrapeso ao eixo de rotação da máquina deve ser ajustada previamente, com a máquina parada, e é estabelecida de tal forma que o binário introduzido pelo contrapeso seja igual, mas de sinal contrário, ao resultante da massa embarcada.

Para além deste sistema de equilíbrio manual, a centrífugadora do LNEC dispõe de um sistema de equilíbrio automático do braço. Este sistema permite compensar, no decorrer dos ensaios, desequilíbrios resultantes de acções sobre o modelo que alterem a posição do seu centro de massa e/ou o valor da massa embarcada (e.g., introdução de água no modelo).

A equilibragem automática é conseguida à custa do movimento de dois pesos móveis, que são na realidade os dois êmbolos alojados no interior dos corpos cilíndricos, como já referido anteriormente. O deslocamento dos êmbolos é assegurado pela unidade óleo-hidráulica, sendo o óleo transmitido da parte fixa para a parte móvel da máquina através da respectiva junta rotativa. O circuito é comandado por duas válvulas direccionais-proporcionais ligadas a 4 sensores de pressão (existentes em cada uma das câmaras dos cilindros hidráulicos) e a 4 pontes de extensómetro. A medição de desequilíbrios é feita pelas pontes de extensómetro, que se encontram coladas a quatro barras do pedestal da centrífugadora. Este sistema é activado a partir do painel de controlo e permite compensar desequilíbrios até 20 kN a 200g.

2.3.3 - Sistema de televisão em circuito fechado

O sistema de televisão em circuito fechado permite a visualização dos modelos durante os ensaios. É constituído por uma câmara de vídeo, de muito pequenas dimensões e um monitor. A lente está instalada na cesta basculante (Fig. 4). A unidade de controlo da câmara foi colocada na estrutura onde também se encontra a unidade de aquisição de dados (Fig. 7-10) e o monitor na sala de controlo (Fig. 3).

2.3.4 - Sistemas de segurança

A máquina dispõe de vários sistemas que controlam e preservam a sua segurança. Uma vez detectada uma anomalia de funcionamento é accionado o respectivo alarme no painel de controlo, provocando a paragem automática da máquina se esta se encontrar em rotação ou impedindo o seu arranque enquanto a anomalia se mantiver.

Os sistemas de segurança de que a máquina dispõe são os seguintes:

Sistema de desequilíbrio - este sistema pode subdividir-se em três subsistemas. O primeiro acciona o alarme - *Unbalance Level 1* - quando é atingido o máximo desequilíbrio permitido (20 kN), não provocando a paragem imediata da máquina. O segundo acciona o alarme - *Unbalance Level 2* - quando o desequilíbrio excede 5 a 10 % do valor máximo permitido (i.e., 21 a 22 kN), provocando a paragem da máquina. O terceiro acciona o alarme - *Unbalance Measurement* - quando é detectado um funcionamento anormal de uma das pontes de extensómetro (e.g., um condutor solto) provocando a paragem da máquina, se esta se encontrar em rotação ou impedindo o seu arranque se esta se encontrar parada.

Sistema de velocidade de rotação máxima - este sistema activa o alarme - *Rate Trip* - provocando a paragem da máquina quando a velocidade de rotação imposta pelo operador é superior à permitida. O registo da velocidade de rotação é feito através de um codificador óptico situado na base da centrifugadora (Fig. 7-14).

Sistema de aceleração excessiva - se a aceleração da máquina exceder 205g ($\pm 5g$), este sistema activa o alarme - *Excessive Acceleration* - e provoca a paragem da máquina. A medição da aceleração é feita por um acelerómetro colocado no braço giratório, como já referido em 2.2.

Sistema de falta de potência - um funcionamento anormal do armário de potência acciona o alarme - *Power Amplifier* - impedindo o arranque ou provocando a paragem da máquina.

Sistema de porta fechada - se o portão de acesso à câmara da centrifugadora se encontrar aberto, este sistema impede o arranque da máquina. Quando o portão se encontra fechado é dada essa indicação no painel de controlo - *Door Closed*.

Sistema de porta trancada - impede o arranque da máquina, se o operador, através do painel de controlo - *Door Latched* - não tiver trancado o portão de acesso à antecâmara da centrifugadora.

2.3.5 - Sistema de aquisição, controlo e armazenamento de dados

Este sistema divide-se em dois grupos: i) sistema de aquisição e; ii) sistema de controlo/armazenamento de dados. O primeiro, instalado na centrifugadora (§ 2.2), é constituído por uma unidade de aquisição de dados da marca Hewlett-Packard (Fig. 1 - topo da centrifugadora), com um MByte de memória RAM (para armazenamento de programas e dados) e um módulo com 24 canais para leitura de sinais DC. A leitura dos sinais é efectuada com uma resolução de 6 dígitos e meio, em escalas que vão desde os 300 mV aos 300 Volts DC. Futuramente, o sistema será dotado de módulos adicionais que lhe permitirão fazer o condicionamento de sinais e saídas analógicas e/ou digitais para controlo de actuadores electromecânicos. O segundo sistema, instalado na sala de controlo, é constituído por um computador da marca Hewlett-Packard, modelo 382, com monitor policromático, que terá como funções o controlo do sistema de aquisição e o processamento/armazenamento de dados, recolhidos por este último.

A comunicação entre os dois sistemas é feita por intermédio de um sistema óptico, transparente, constituído por dois cabos de fibra óptica e dois conversores, que efectuem a conversão GPIB-óptico e vice-versa (um deles instalado na centrifugadora e o outro na sala de comando).

3 - PERSPECTIVAS DE EXPLORAÇÃO

As actividades de modelação física com centrifugadora serão iniciadas no ano em curso. Inicialmente serão tratados problemas de capacidade de carga de fundações superficiais, pretendendo-se desta forma proceder à validação e calibração de procedimentos e equipamentos, dada a relativa simplicidade dos fenómenos em jogo.

No domínio da Investigação Programada decorre actualmente um projecto de investigação conjunta entre o LNEC e o Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (Bouguenais) sob o tema: "Efeitos de escala na modelação com centrifugadora". Por outro lado, o LNEC encontra-se associado a mais 10 instituições europeias que dispõem de máquinas centrifugadoras (Reino Unido, França, Holanda, Dinamarca, Itália e Alemanha) no âmbito de um projecto de investigação intitulado "Transporte e contaminação de poluentes em solos" (Portugal *et al*, 1997). Este projecto, financiado pela União Europeia, traduziu-se pela criação de uma rede europeia de centrifugadoras (NECER), perspectivando uma colaboração estreita entre as diferentes instituições para além do tema inicialmente em causa.

4 - NOTA FINAL

A aquisição da centrifugadora e de grande parte dos seus equipamentos acessórios foi parcialmente financiada pela JNICT, no âmbito do programa CIÊNCIA. A actividade de investigação presentemente em curso no LNEC, baseada na utilização da centrifugadora, é parcialmente financiada pelo programa PRAXIS XXI e pelo FEDER.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Portugal, J.C.; Madeira, L.A.; Santos, C.A. (1995). Centrifugadora do Departamento de Geotecnia - recepção e colocação em serviço. Relatório 290/95 - DG/CPCE, LNEC.

Portugal, J.C.; Madeira, L.A.; Gonçalves da Silva, M.; Santos, C.A.; Maranha das Neves, E.; Pereira Correia, R. (1997) - "Portuguese new centrifuge facility" - XIVth International Conference on Soil Mechanics & Foundation Engineering, Hamburg, Germany.



Organização:
Sociedade Portuguesa de Geotecnia

Patrocínio:
Centro de Geotecnia do Instituto Superior Técnico