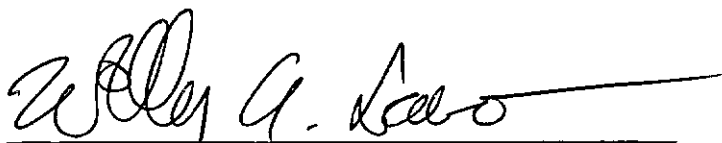



OBTENÇÃO EM LABORATÓRIO DE PARÂMETROS DE SOLOS
PARA APLICAÇÃO NO MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS

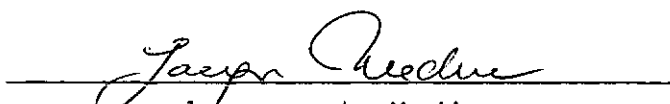
Francisco José Lins Peixoto

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DOS PROGRAMAS DE
PÓS-GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE
JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO
DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS (M.Sc.)

Aprovada por:


Willy A. Lacerda, Presidente


Mauro L.G. Werneck


Jacques de Medina

RIO DE JANEIRO
ESTADO DO RIO DE JANEIRO - BRASIL
ABRIL DE 1976

A meus pais.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor WILLY A. LACERDA, pela amizade, paciência e orientação.

Ao Professor JACQUES DE MEDINA, pelas suas críticas e correções, sempre criando oportunidades que dão novos rumos a nossa vida profissional.

Ao Professor MÂRCIO MIRANDA SOARES, que auxiliou na retirada das amostras, e a todos os outros professores que direta ou indiretamente participaram deste trabalho.

A todos os colegas que colaboraram na realização dos ensaios e especialmente aos mestrandos PAULO HENRIQUE DIAS, TIAGO FRANCO VILELA e WASHINGTON AMORIM.

Aos estagiários CLÁUDIO SANTOS HERKENHOFF, MAURÍCIO EHRLICH, MÂRCIO DE SOUZA SOARES DE ALMEIDA e JOSÉ CARLOS ZIO-KOWSKY que, no dia a dia do laboratório, sempre ajudaram, quando solicitados.

Ao laboratorista ANTONIO JORGE DELE VIANA, por nos transmitir sua técnica e experiência.

Ao laboratorista ÁLVARO AUGUSTO DELE VIANA, pelo seu inestimável apoio durante os trabalhos de laboratório.

RESUMO

A obtenção de parâmetros hiperbólicos a serem utilizados numa análise de tensões e deformações, pelo método dos elementos finitos, é feita a partir de ensaios triaxiais em amostras de solo indeformadas.

O solo estudado foi uma areia contendo 7% de argila e 8% de silte. Extraíram-se duas amostras indeformadas em bloco, com dimensões aproximadas de 30 x 30 x 30 cm, da cava do metrô do Rio de Janeiro ao lado do Palácio Monroe, em pontos situados a 10,50 m e 12,00 m de profundidade, e distantes horizontalmente em cerca de 20 m.

Foram ensaiados corpos de prova sob condições não-drenada e adensada-drenada. Os ensaios adensados-drenados foram executados segundo dois caminhos de tensões:

- 1) σ_1 crescente e σ_3 constante
- 2) σ_1 constante e σ_3 decrescente.

Desenvolveram-se programas de computador para cálculo

lo e desenho dos ensaios não-drenados e para obtenção dos parâmetros hiperbólicos dos ensaios drenados com σ_1 crescentes e σ_3 constante. Esses programas e outros para obtenção dos parâmetros de resistência ao cisalhamento são listados em apêndices.

Os resultados dos ensaios drenados foram utilizados na análise de uma escavação escorada, nos trabalhos de tese de Jorge Fujii e Mitsuo Tsutsumi, da COPPE-UFRJ.

ABSTRACT

Hyperbolic parameters to be used in stress-strain analysis by the Finite Element Method are obtained with triaxial tests on undisturbed soil samples.

The soil studied was a sand containing 7% clay and 8% silt. Two 30 x 30 x 30 cm undisturbed samples were collected in the subway excavation, near Monroe Palace, in Rio de Janeiro. Sample locations were, 10,50 m and 12,00 m deep, and approximately 20 m apart.

Tests under consolidated-undrained and consolidated-drained conditions were carried out. The consolidated-drained tests were performed under two stress-paths:

- 1) σ_1 increasing, σ_3 constant
- 2) σ_1 constant, σ_3 decreasing.

Computer programs were developed in order to elaborate

tests results and to obtain the hyperbolic parameters automatically. These programs as well as others concerning the shear parameters are listed herein.

The results of the consolidated-drained tests were used by Jorge Fujii and Mitsuo Tsutsumi, as they performed the analysis of a braced excavation, in their M.Sc. thesis, COPPE/UF RJ.

ÍNDICE

Capítulos:		Páginas:
I	INTRODUÇÃO	1
	1.1 Considerações Gerais	1
	1.2 Objetivo	3
	1.3 Revisão da Literatura	4
II	PARTE EXPERIMENTAL	16
	2.1 Solo Utilizado	16
	2.2 Caracterização	19
	2.3 Preparação das Amostras Triaxiais..	22
	2.4 Ensaios de Adensamento	24
	2.5 Ensaios Triaxiais Não-Drenados	28
	2.5.1 <i>Introdução</i>	28
	2.5.2 <i>Saturação</i>	29
	2.5.3 <i>Adensamento Triaxial</i>	30
	2.5.4 <i>Descarregamento e Recarregamentos</i>	31
	2.6 Ensaios Consolidados Drenados	32
	2.7 Anisotropia	35

Capítulos:	Páginas:
III	RESULTADOS DOS ENSAIOS 38
3.1	Ensaio Não-Drenado 38
3.1.1	Curvas Tensão-Deformação 38
3.1.2	Curvas \bar{A} - Deformação 43
3.1.3	Envoltória de Mohr-Coulomb 43
3.1.4	Módulo de Elasticidade Inicial <u>Ver</u> sus Pressão Confinante 46
3.1.5	Módulos de Descarregamento-Recar- regamento 46
3.2	Ensaio Drenado 48
3.2.1	Introdução 48
3.2.2	Curvas Tensão-Deformação 50
3.2.3	Gráficos Para Obtenção de <u>Parâme</u> tros Hiperbólicos 57
3.2.4	Módulos E_{ur} 58
IV	ANÁLISE DOS RESULTADOS 62
4.1	Ensaio Não-Drenado 62
4.2	Ensaio Drenado 63
V	CONCLUSÕES E SUGESTÕES 65
5.1	Conclusões 65
5.2	Sugestões 67
BIBLIOGRAFIA 68

Apêndices:	Páginas:
1	Descrição da Aparelhagem 72
2	Manual de Utilização e Listagem do Programa LIN3 74
3	Manual de Utilização e Listagem do Programa LIN1 88
4	Manual de Utilização e Listagem do Programa UUPH 100
5	Manual de Utilização e Listagem do Programa LIN5 117
SIMBOLOGIA	134

INTRODUÇÃO

1

1.1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

Com o advento dos computadores de grande capacidade de memória e rapidez, tornou-se possível o desenvolvimento do método dos elementos finitos, o qual exige a resolução de um grande número de equações simultâneas.

A maioria dos problemas práticos de geotecnia, tais como barragens, túneis, escavações, etc, estão relacionados a um meio contínuo de solo onde as propriedades físicas variam aleatoriamente com as diversas porções de solo ou domínios que compõem o meio. É impraticável considerar-se pelos métodos usuais de análise todas as propriedades inerentes a cada um desses domínios separadamente. Isso pode ser feito com auxílio do método dos elementos finitos discretizando-se o meio a estudar com elementos, de forma a delimitarem-se porções de solo es

sencialmente homogêneas. Embora o método dos elementos finitos possa levar em conta a influência de vários fenômenos (temperatura, creep, etc), a discretização de um meio heterogêneo e o suprimento de parâmetros que representem suas diferentes propriedades podem, em alguns casos, requerer um número elevado de sondagens, ensaios de campo e de laboratório, somente justificáveis em obras de grande importância. Convém salientar que essa inviabilidade econômica aventada pode ser resultante apenas de contingências atuais. Com o decorrer dos anos é de se prever o desenvolvimento de métodos rápidos e sofisticados de sondagem, ensaios de laboratório semi-automáticos, produção em massa de computadores em todos os países e um maior número de conhecedores do método.

Nos problemas práticos já citados, deseja-se que a obra resista sem rotura aos esforços solicitantes e que estes provoquem deformações que não excedam determinados limites; por isso a pesquisa de laboratório resume-se geralmente na obtenção de parâmetros que representem o comportamento tensão-deformação de cada solo que constitui o meio a ser analisado. Num trecho da obra do metropolitano do Rio de Janeiro foram feitas medições de campo. Elas visaram à determinação das cargas nas estroncas do escoramento da vala e dos recalques dos prédios adjacentes à escavação. Para melhor interpretação dos resultados, eles foram analisados pelo método dos elementos finitos. Neste caso justificou-se um estudo mais aprofundado das relações tensões-deformações do solo existente no trecho em questão. No pre

sente trabalho veremos o procedimento para obtenção desses parâmetros para aquele tipo de solo.

1.2 - OBJETIVO

O objetivo principal foi a obtenção de parâmetros de um solo como se encontra na natureza, com sua heterogeneidade e anisotropia. Além disso, havia a possibilidade dos resultados obtidos serem comparados, aplicando-se o método dos elementos finitos, com medições feitas na obra. Isso porque o local da coleta das amostras tinha sido instrumentado pela COPPE, durante as obras de escavação daquele trecho do metrô. Dessa maneira, ter-se-ia uma visão panorâmica das dificuldades e das possibilidades de sucesso de um tal empreendimento, ao se fazer uso dos recursos, atualmente disponíveis, em nossos laboratórios de mecânica dos solos.

Ainda a idéia de se ter um processo automático de obtenção desses parâmetros, a partir das leituras feitas em laboratório durante os ensaios, foi um dos objetivos que motivaram esta pesquisa.

1.3 - REVISÃO DA LITERATURA

Vamos aqui falar exclusivamente dos trabalhos que de perto interessaram ao presente estudo. No caso da formulação hiperbólica deve-se a Kondner a utilização da hipérbole como representação da curva experimental tensão-deformação dos solos. Para isso consideremos uma hipérbole referida aos eixos cartesianos x e y , com focos sobre o eixo dos x e equidistantes da origem, como mostra a Figura 1. A equação dessa hipérbole assume a forma:

$$\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1$$

onde $b^2 = c^2 - a^2$. Na hipérbole retangular utilizada por Kondner, temos $a = b$ e a equação torna-se:

$$x^2 - y^2 = a^2$$

Se fizermos uma rotação de 45° de maneira que os eixos coordenados coincidam com as assintotas, teremos a equação da hipérbole sob a forma:

$$2 x' y' = a^2$$

Fazendo-se uma translação qualquer $x' = x'' + m$, $y' = y'' + n$ a equação modifica-se para:

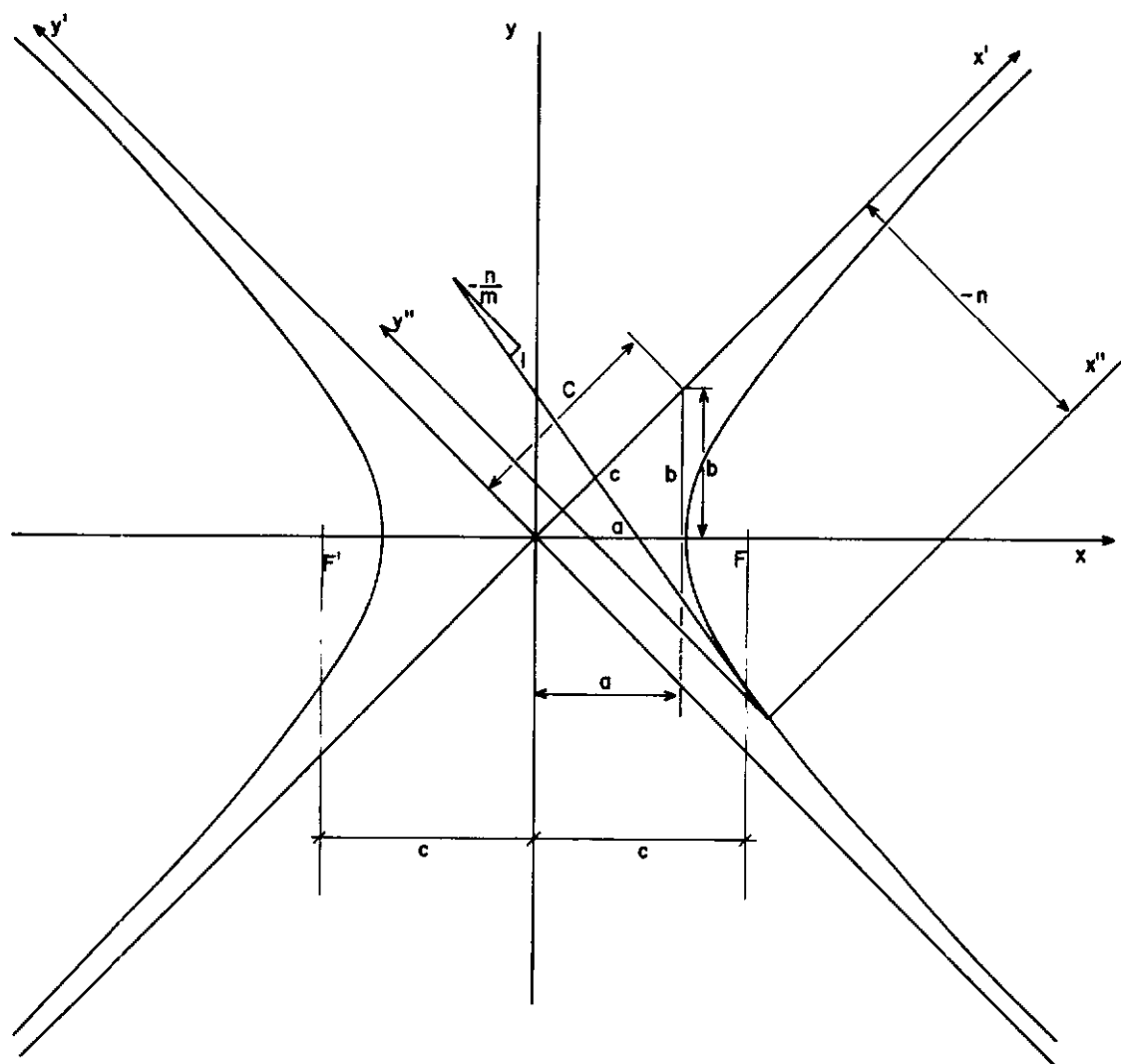


Fig. 1

$$y'' = \frac{0,5 a^2 - mn - nx''}{x'' + m}$$

Para que tenhamos a origem dos eixos sobre a hipérbole, é necessário que $0,5 a^2 - mn = 0$ e a equação da hipérbole assume a forma:

$$y'' = \frac{x''}{-\frac{m}{n} - \frac{x''}{n}}$$

Quando fazemos x'' tender a infinito temos naturalmente para y'' o valor assintótico $-n$, que foi usado na translação do eixo dos x . Calculando-se o valor de $\frac{Dy''}{Dx''}$ para $x = 0$ encontramos o valor $-\frac{m}{n}$.

Se tomarmos o eixo y'' para eixo das tensões desvio, σ_d , e o eixo x'' para eixo das deformações específicas axiais, ϵ , teremos o valor $-\frac{n}{m}$ para módulo de elasticidade do solo quando $\epsilon = 0$ e $-n$ será o limite da tensão desvio quando ϵ cresce indefinidamente. A equação da hipérbole pode, neste caso, ser escrita sob a forma:

$$\sigma_d = \frac{\epsilon}{\frac{1}{E_i} + \frac{\epsilon}{\sigma_{ult}}} \quad (1)$$

com a vantagem de conter parâmetros que têm significado físico e são facilmente determinados a partir de ensaios de laboratório, como será mostrado adiante.

Além da condição da origem dos eixos estar sobre a curva, temos os dois parâmetros condicionantes E_i e σ_{ult} . Segundo Duncan (1969) esses parâmetros são obtidos mediante o ajustamento da curva experimental à hipérbole com a escolha de dois pontos. Após inúmeras tentativas de otimização, ele concluiu serem 0,95 e 0,70 da tensão desvio máxima obtida no ensaio, os dois pontos da curva tensão-deformação que melhor se prestam a essa finalidade. Conforme mostra a Figura 2, obtemos E_i e σ_{ult} para cada ensaio. Os valores de σ_{ult} obtidos são correlacionados com o $\sigma_{d_{max}}$ de cada ensaio, mediante o parâmetro:

$$R_{f_{médio}} = \frac{\sum_{i=1}^i (R_f)_i}{i}$$

sendo i o número de ensaios. Então temos:

$$\sigma_{d_{max}} = R_{f_{médio}} \times \sigma_{ult} \quad (2)$$

A variação de E_i com a pressão confinante $\bar{\epsilon}$ é estabelecida mediante a equação empírica:

$$\frac{E_i}{P_a} = K \left(\frac{\sigma_3}{P_a} \right)^n \quad (3)$$

sugerida por Janbu (1963). A divisão do E_i e σ_3 pela pressão atmosférica facilita a conversão dos valores de E_i e σ_3 para os diversos sistemas de unidades, bastando para tal multiplicarem-se os valores de E_i/P_a e σ_3/P_a , obtidos da equação acima, pela pressão atmosférica, expressa em unidades do sistema a ser utilizado. A obtenção de K e n é feita através do gráfico da Figura 3, interpolando-se uma reta entre os pontos correspondentes aos ensaios.

Embora Kondner tenha levado em conta as condições de carregamento primário, existe na prática o problema de descarregamento-recarregamento. Segundo Wong e Duncan (1974), considera-se a variação do módulo de descarregamento-recarregamento com a pressão confinante, utilizando-se a equação:

$$\frac{E_{ur}}{P_a} = K_{ur} \left(\frac{\sigma_3}{P_a} \right)^n$$

em que se admite para valor de n o mesmo usado no carregamento primário. Com essa hipótese pode-se calcular K_{ur} fazendo-se uso de E_{ur} determinado num único ensaio.

A variação de $\sigma_{d_{max}}$ com a pressão confinante é feita

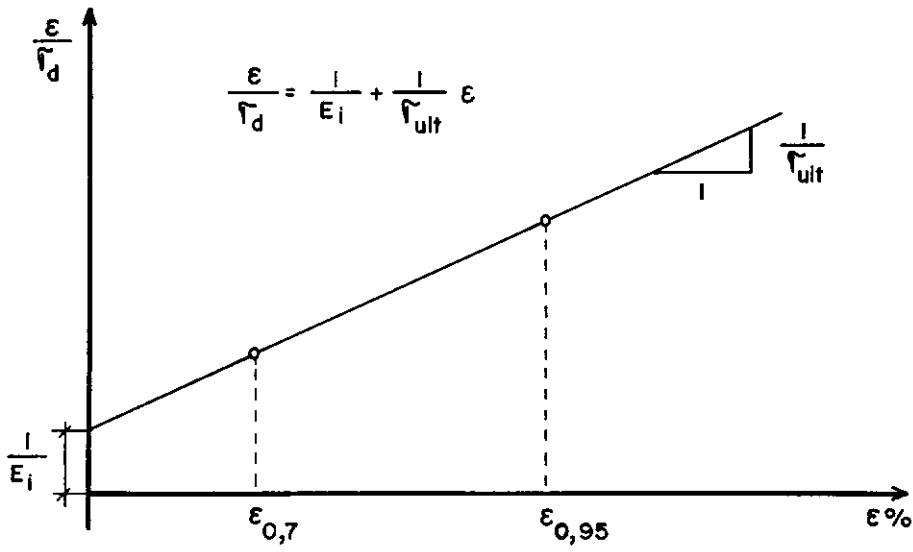


Fig. 2

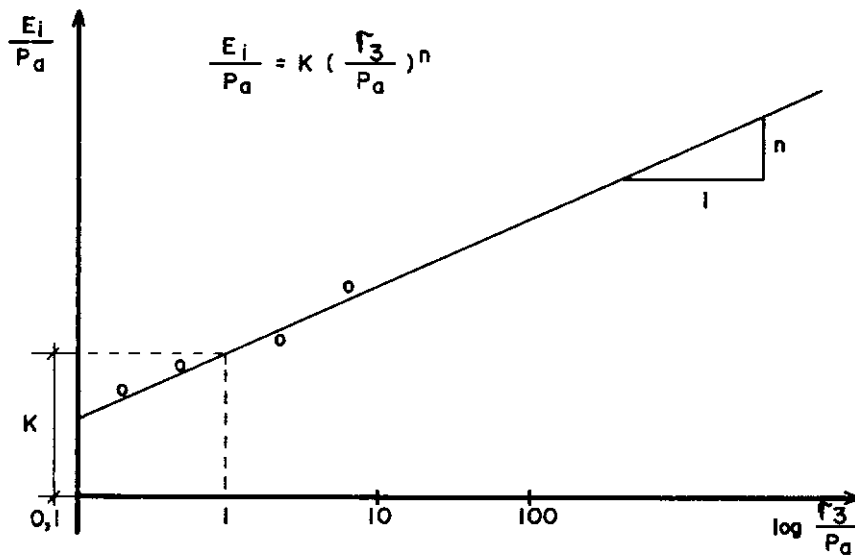


Fig. 3

ta utilizando-se os parâmetros de resistência ao cisalhamento c e ϕ , admitindo-se para o solo o critério de rotura de Mohr-Coulomb expresso pela fórmula:

$$\sigma_{d_{\max}} = \frac{2 c(\cos\phi) + 2 \sigma_3(\sin\phi)}{1 - \sin\phi} \quad (4)$$

A representação não linear da variação de volume nos ensaios não drenados em solos não saturados e nos ensaios drenados pode ser obtida utilizando-se uma equação hiperbólica (Wong, 1974) ou exponencial (Nobari, 1971). Para utilizarmos as hipóteses devemos plotar, para cada ensaio, os valores de v_i versus ϵ_r (Figura 5). O ajustamento da hipérbole a essa curva é feito utilizando-se a equação:

$$-\frac{\epsilon_r}{\epsilon_a} = v_i - d \epsilon_r \quad (5)$$

Os pontos $\epsilon_{r(70)}$ e $\epsilon_{r(95)}$, correspondentes aos valores de ϵ_r quando σ_d assume os valores 0,7 e 0,95 de σ_{\max} , são usados para definir a reta expressa pela equação acima (Figura 6). Obtém-se para cada ensaio os pares v_i , d , e o valor final do d a ser utilizado será:

$$d = \frac{\sum_{i=1}^i d_i}{i}$$

Fig. 4

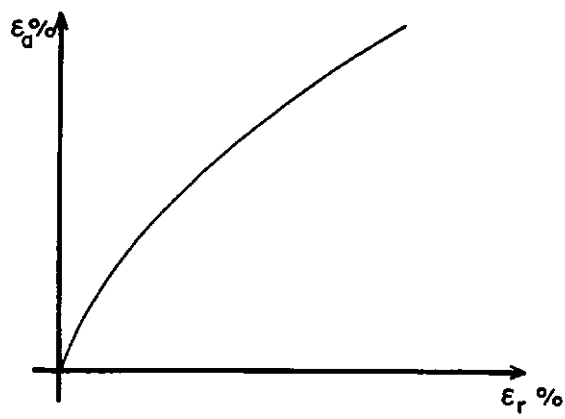


Fig. 5

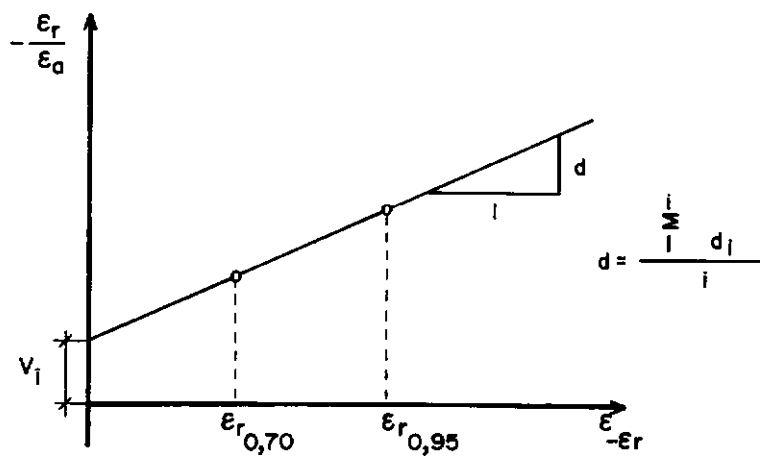
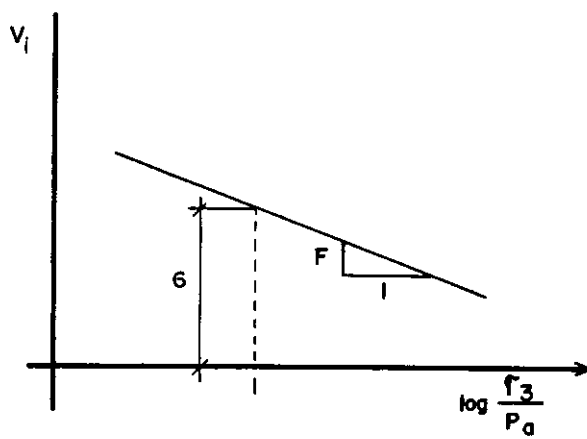


Fig. 6



em que i é o número de ensaios. A variação de v_i com a pressão confinante σ_3 é dada pela equação:

$$v_i = G - F \log\left(\frac{\sigma_3}{p_a}\right) \quad (6)$$

Os parâmetros G e F são determinados como na Figura 6, mediante interpolação de uma reta entre os pontos plotados, correspondentes a cada ensaio.

Podemos ter $v_t = - \frac{D(\epsilon_r)}{D(\epsilon_a)}$ em função de tensões se diferenciarmos a equação (5) com relação a ϵ_r , substituímos o valor de v_i dado pela equação (6) e eliminarmos as deformações através das equações (1), (2), (3) e (4). Então obtemos:

$$\frac{D(\epsilon_a)}{D(\epsilon_r)} = - \frac{v_i}{(v_i - d \epsilon_r)^2} \quad (7)$$

De (5) temos que $\epsilon_r = \frac{\epsilon_a v_i}{d \epsilon_a - 1}$ que, substituindo-se em (7), conduz a:

$$v_t = - \frac{D(\epsilon_r)}{D(\epsilon_a)} = \frac{\left| v_i - d(\epsilon_a v_i)/(d \epsilon_a - 1) \right|^2}{v_i} =$$

$$= \frac{v_i}{(1 - d \epsilon_a)^2} = \frac{G - F \log\left(\frac{\sigma_3}{P_a}\right)}{1 - \frac{d \sigma_d}{K P_a \left(\frac{\sigma_3}{P}\right)^n \left| 1 - \frac{R_f \sigma_d (1 - \sin\phi)}{2 c \cos\phi + 2 \sigma_3 \sin\phi} \right|}}$$

No caso da exponencial de Nobari devemos plotar ϵ_r versus ϵ_a em escalas logarítmicas para cada ensaio, conforme mostra a Figura 7. Lade (1972) verificou que os pontos correspondentes à mínima e à máxima variação de volume representavam melhor a reta usada para obtenção dos parâmetros P e m . Verificasse, experimentalmente, que o coeficiente angular da reta (m) é essencialmente independente da pressão confinante, enquanto que P pode ser correlacionado com a pressão confinante mediante o gráfico da Figura 8, interpolando-se uma reta entre os pontos obtidos nos ensaios. Tomando-se para valor final de m a sua média aritmética, obtemos a equação final:

$$\epsilon_3 = L \cdot \left(\frac{\sigma_3}{P_a}\right)^q \epsilon_a^m$$

Derivando ϵ_3 em relação a ϵ_a na equação acima, obtemos:

$$v_t = - \frac{d(\epsilon_3)}{d(\epsilon_a)} = L m \left(\frac{\sigma_3}{P_a}\right)^q \epsilon_a^{m-1}$$

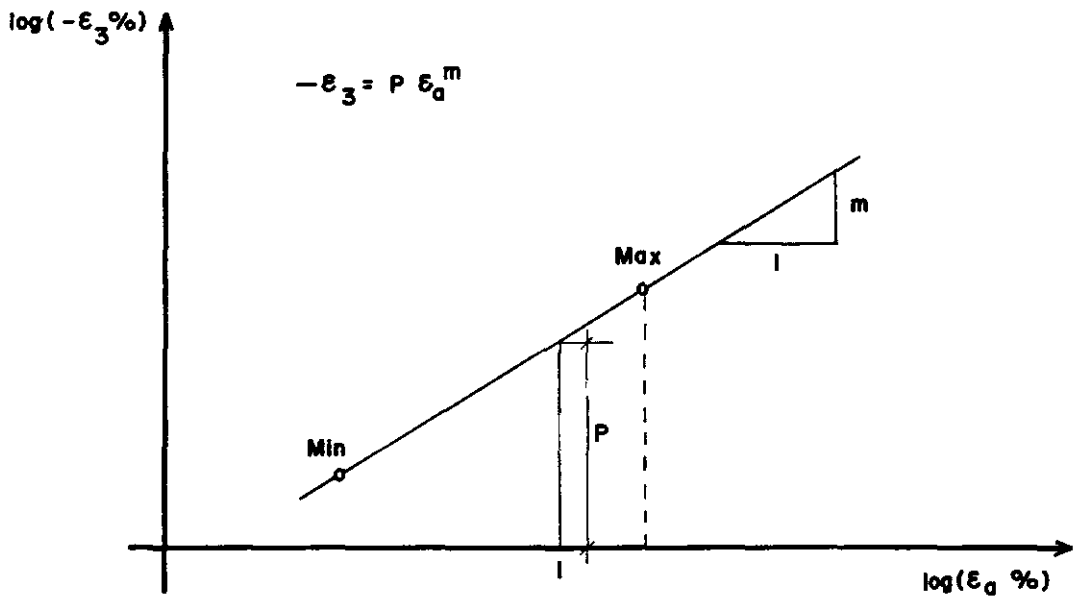


Fig. 7

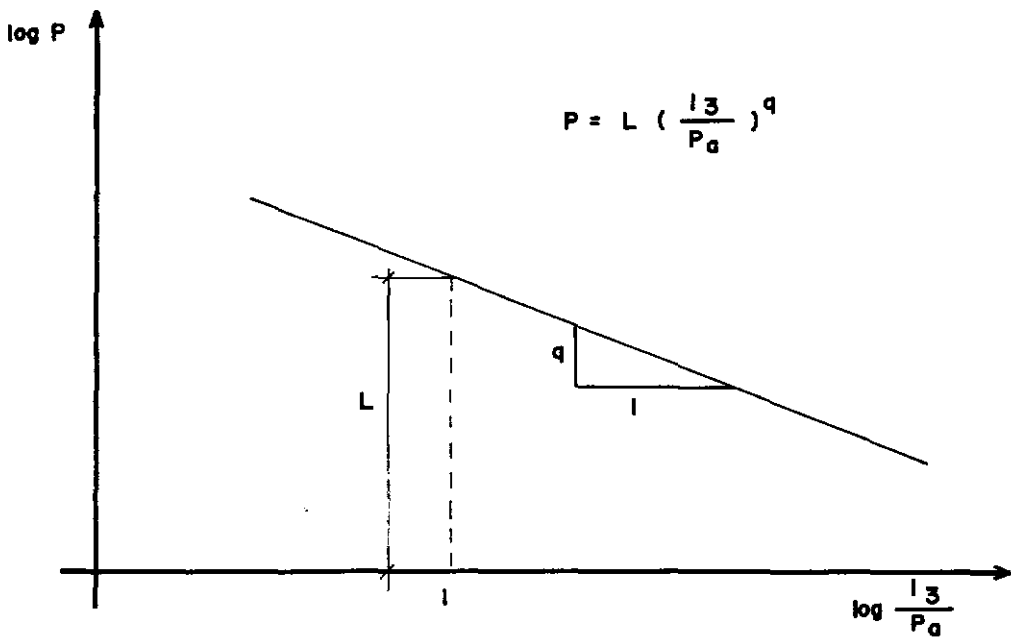


Fig. 8

Essas duas últimas equações contêm a deformação específica axial (ϵ_a), que pode ser expressa em função das tensões principais σ_1 e σ_3 e dos parâmetros K , R_f , n , c e ϕ .

PARTE EXPERIMENTAL

2

2.1 - SOLO UTILIZADO

Todo o material utilizado nos ensaios foi proveniente de dois blocos, com dimensões aproximadas de 30 x 30 x 30 cm. Para isso aproveitou-se a vala do metrô parcialmente escavada e retirou-se o primeiro bloco, denominado BLOCO 1, numa profundidade de 12 m, que corresponde à cota da lage de fundo do metrô. O trecho instrumentado pela COPPE, de onde foi amostrado o BLOCO 1, refere-se ao local situado ao lado do Palácio Monroe, na Avenida Rio Branco.

Num ponto distante, 20 m horizontalmente do ponto de onde foi retirado o BLOCO 1, obteve-se o BLOCO 2, numa profundidade aproximada de 10,50 m.

Procuraram-se pontos onde não houvesse sinais de a

molgamento, tal como os provocados pela passagem de máquinas. Com exceção desses cuidados, foram os locais de amostragem escolhidos arbitrariamente. Entre as cotas correspondentes às localizações dos BLOCOS 1 e 2, também não se distinguia, visualmente, nenhuma variação do tipo de solo. Feita a escolha do ponto, retirou-se uma espessura de solo imediatamente à superfície, 30 cm aproximadamente, a fim de minimizar a possibilidade de obter-se uma amostra amolgada. Com o auxílio de pás e espátulas, moldou-se o bloco com forma cúbica, tendo as faces superior e inferior paralelas ao plano horizontal. A seguir cada bloco foi parafinado, colocado num caixote com serragem e levado cuidadosamente para o laboratório, onde foi mantido em câmara úmida.

O BLOCO 1 estava praticamente ao nível do lençol d'água após o rebaixamento, enquanto que o BLOCO 2 já tinha sido atingido pelo rebaixamento havia mais ou menos seis meses. Além disso, verificamos que o final da escavação, na cota da lage de fundo do metrô, estava sendo executada manualmente, o que proporcionou condições de amostra indeformada mais favoráveis ao BLOCO 1.

CURVA DE DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA

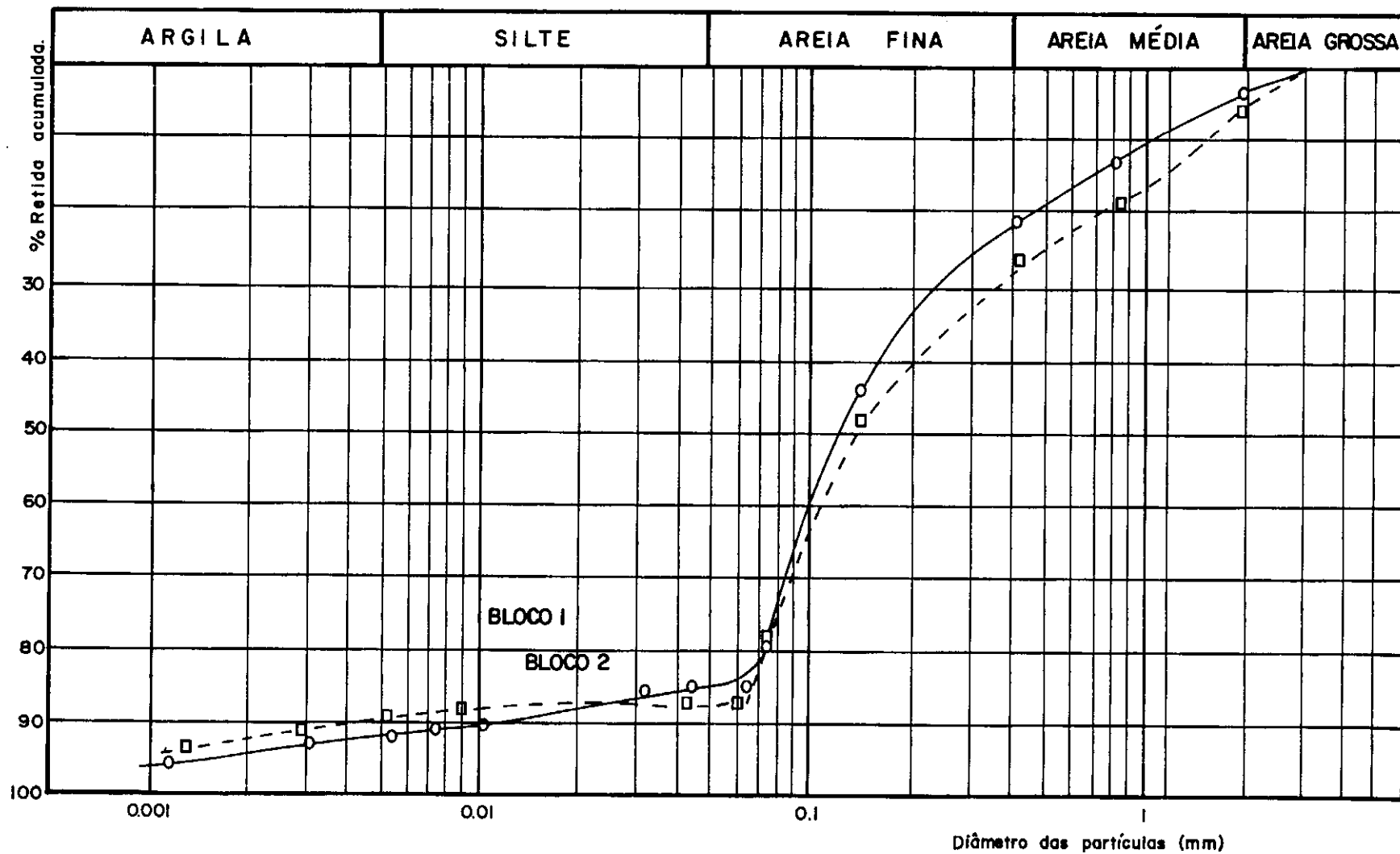


Fig. 9

2.2 - CARACTERIZAÇÃO

Foi feita a análise granulométrica de duas amostras, uma proveniente do BLOCO 1, pesando 366 g e, outra, de 265 g, proveniente do BLOCO 2. A Figura 10 mostra as curvas para os BLOCOS 1 e 2, que resultaram bastante semelhantes. O peneiramento foi feito utilizando-se material seco em estufa a 105°C, sendo que a porcentagem de solo passando na peneira nº 100 foi peneirada na peneira nº 200 por via úmida. Com o material passando na peneira nº 200 foi feito o ensaio de sedimentação. O deflocutante usado na sedimentação foi o hexametáfosfato de sódio.

O material retido entre as peneiras 40 e 200 (0,42 - 0,074 mm) é, em grande parte, constituído de fragmentos de minerais máficos e o material retido acumulado na peneira 40 compõem-se, essencialmente, de grãos de quartzo alongados ou de forma poliédrica irregular. Uma menor parte desses grãos é constituída de grãos de feldspato parcialmente intemperizados. Para as duas curvas temos que aproximadamente 20% do peso seco da amostra total passa na peneira nº 200, sendo que, aproximadamente 15%, pode ser dividido equitativamente entre silte e argila. Na Figura nº 9 mostramos uma fotografia do solo em estudo, cortesia do Professor Mário Márcio Alvarenga. A figura ressaltou um contato entre grãos, tendo sido identificadas partículas de mica e grãos de feldspato intemperizados. Outras fotografias desse solo são encontradas em Alvarenga (1974). Para esse fim



65 μ
↔
escala

Aumento: 310 vezes
Inclinação: 30°

FIG. 10

foi utilizado o microscópio eletrônico de varredura (Cambridge Instruments, modelo Mark II) do Laboratório de MEV do Programa de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da COPPE, Bloco F, Centro de Tecnologia, UFRJ. Pode-se obter aumentos de até 50.000 vezes e, principalmente, observação tri-dimensional. A Figura 15 tem um aumento de 310 vezes e 30° de ângulo de inclinação (tilt).

O limite de liquidez determinado com material seco previamente em estufa, passando na peneira 200, foi de 35% e o limite de plasticidade de 23%. Executando-se esses ensaios com solo seco ao ar e que passa na peneira 40, conforme prescreve a ABNT, obteve-se um limite de liquidez da ordem de 25% e um de plasticidade de 20%, resultando num índice de plasticidade de 5%. O limite de liquidez foi determinado num aparelho de Casa grande munido com concha rugosa especial, por se tratar do material arenoso. Quando este ensaio foi executado num aparelho com concha lisa, obteve-se uma diferença de aproximadamente 2% para menos, em relação ao executado no outro aparelho.

Foram feitas duas determinações de peso específico aparente, "in situ", encontrando-se um valor médio de $2,05 \text{ g/cm}^3$. Para cada determinação, foi pesado o material removido de uma cavidade, escavada cuidadosamente com auxílio de uma concha metálica, de modo a assemelhar-se a uma semi-esfera. O volume do solo foi medido vertendo-se óleo queimado de uma proveta graduada até encher completamente o buraco. Foram feitas duas de

terminações do peso específico dos grãos, usando-se o processo do picnômetro, resultando um valor de $2,70 \text{ g/cm}^3$.

2.3 - PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS TRIAXIAIS

As primeiras amostras moldadas para esse tipo de ensaio foram as deformadas, preparadas segundo a técnica exposta por Bishop (Bishop e Henkel, 1962). Consistiu em pesar uma certa quantidade de solo seco em estufa e depois saturá-lo. Obteve-se a saturação colocando-se o solo submerso num recipiente e fervendo-se durante 10 minutos. Após a montagem do molde tripartido na base da célula triaxial, munido com a membrana impermeável, era o solo depositado ainda submerso até obter-se um corpo de prova cilíndrico de 5,08 cm (2") de diâmetro por aproximadamente 10,5 cm de altura. O material excedente era secado em estufa, obtendo-se por diferença o peso seco efetivamente utilizado na confecção do corpo de prova. Mediante vibração do molde, era possível obter-se amostras com diferentes graus de compactidade. Para retirada do molde, era aplicado um vácuo de $0,25 \text{ Kg/cm}^2$. Este vácuo foi aplicado inicialmente com auxílio do pistão existente no sistema WYKEHAM FARRANCE, mas depois verificou-se ser mais prático utilizar simplesmente o abaixamento da bureta conectada à célula triaxial, de modo a induzir sucção nos vazios da amostra.

Durante a aplicação do vácuo, verificou-se que alguns corpos de prova se apresentavam muito menos permeáveis que outros, sugerindo a possibilidade de heterogeneidade dos corpos de prova resultante da técnica de preparação das amostras. Isso foi confirmado pelo aspecto do solo que restava após a preparação do corpo de prova, quando seco. Concluiu-se que não se devia continuar com esse tipo de moldagem, uma vez que a distribuição das partículas de mica, argila e silte na amostra diferia sobremaneira da existente no solo indeformado. Uma forma de evitar a segregação dos finos, não utilizada por se temer problemas posteriores de saturação da amostra, consistiria em utilizar-se o material apenas úmido ao invés de submerso, na ocasião da moldagem.

Os corpos de prova indeformados utilizados nos ensaios não-drenados foram moldados em câmara úmida, à medida que se fazia cada ensaio. Com isso havia uma grande perda de tempo com o aquecimento da parafina, preparativos e limpeza do material, cada vez que se moldava um corpo de prova. Por isso, na série drenada, foram moldados quatro corpos de prova de cada vez, deixando-se três deles na câmara úmida, envoltos em plásticos, aguardando a vez de serem ensaiados. Verificou-se ser mínima a perda de umidade com esse procedimento, como já tinha sido observado nos trabalhos de pesquisa do Engenheiro Paulo Henrique Dias (1974). Dessa maneira obteve-se uma melhoria na padronização das amostras e melhor organização na realização dos ensaios. Para determinação da umidade, eram retiradas duas

cápsulas durante a moldagem, com aproximadamente 100 g de solo cada. Após a moldagem, media-se a altura do corpo de prova com auxílio de um paquímetro, tendo resultado alturas de aproximadamente 2,1 vezes o diâmetro do corpo de prova. O diâmetro era geralmente tomado como sendo 5,08 cm (2"), diâmetro do moldador, evitando-se fazer a média de três determinações tomadas com o paquímetro, conforme recomendam os livros textos, para não perturbar a amostra.

Era inevitável o aparecimento de depressões e reentrâncias nas bases do corpo de prova e principalmente na superfície lateral, em decorrência dos grãos maiores de areia que se desprendiam. Resolveu-se adotar como procedimento padrão, o critério de não remendar a parte afetada, o que era feito apenas ocasionalmente. Mediante pesagem da amostra, imediatamente antes da montagem na célula triaxial, verificava-se por comparação com o peso após a moldagem se tinha ocorrido perda significativa de umidade.

2.4 - ENSAIOS DE ADENSAMENTO

Foram executados dois ensaios de adensamento uni-dimensional, atingindo-se pressões verticais de até 20 Kg/cm². Foram utilizadas células de adensamento WYKEHAM FARRANCE empregan

do-se anéis de 5,08 cm (2") de diâmetro interno por 1,89 cm de altura, que são as dimensões de amostra comumente usadas no caso de solos argilosos. No nosso caso resultou que as curvas tempo x recalque não foram influenciadas pelo adensamento primário, dada a alta permeabilidade e baixa compressibilidade desse solo em relação aos solos argilosos típicos. Esse fato permitiu a determinação do coeficiente de compressão secundária (Figura 11), da ordem de 0,0023. As curvas e x $\log P$ foram praticamente idênticas nos dois ensaios, sendo que o trecho da reta virgem e o ponto de menor raio de curvatura não ficaram bem caracterizados, conforme se vê na Figura 12 onde mostramos uma dessas curvas. Aplicando-se o método de Casagrande obtem-se uma pressão de pré-adensamento de $2,1 \text{ Kg/cm}^2$.

Para avaliação do coeficiente de adensamento (C_v) e do coeficiente de permeabilidade (K) foi utilizado o adensamento triaxial, com drenagem em uma face apenas e a amostra tendo uma altura de 10,53 cm. Nessas condições, foi obtido um t_{90} constante para a faixa de pressões $0,5 - 8 \text{ Kg/cm}^2$, da ordem de um minuto. Os gráficos dos valores de K e do módulo de deformabilidade (a_v) em função da pressão confinante assim como as tabelas de C_v e da altura da amostra correspondente a 90% de adensamento (H_{90}) encontram-se na Figura 13. Na mesma figura temos também os cálculos efetuados para a amostra D5.

Na Figura 12, temos a curva e x $\log P$ também para o adensamento triaxial. Podemos ver que essa curva é diferente

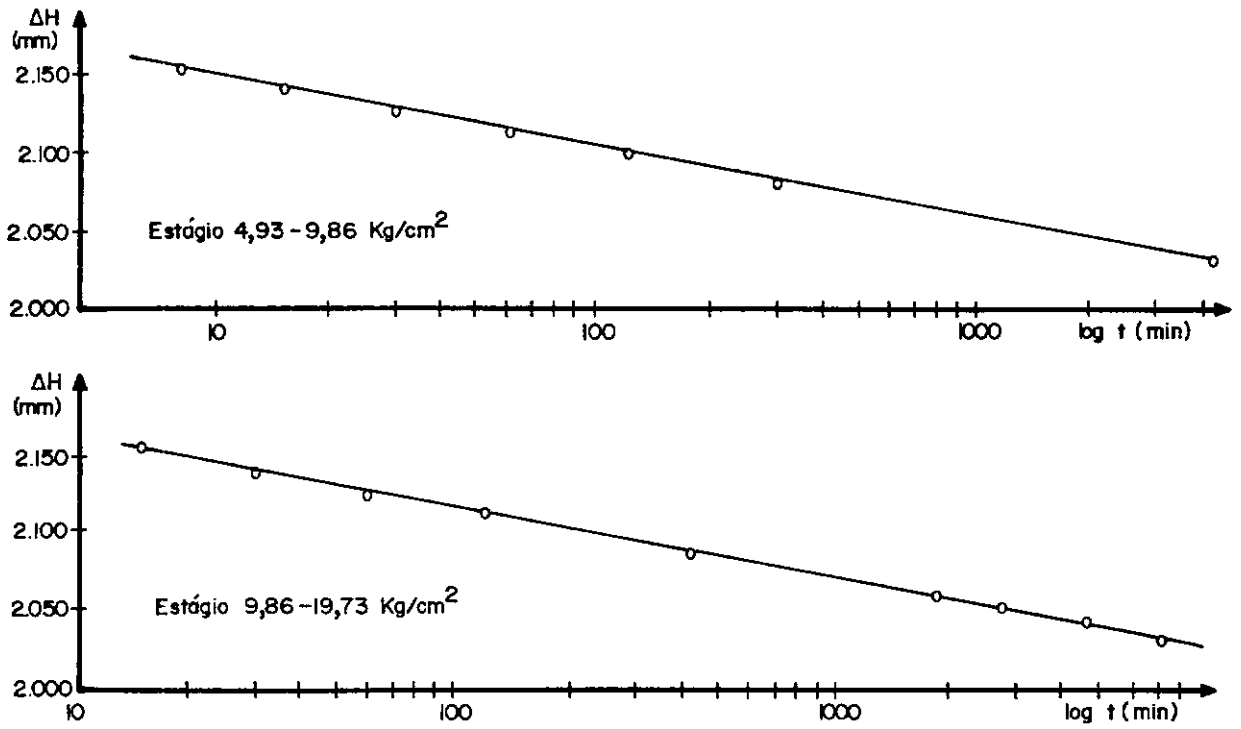


Fig. 11

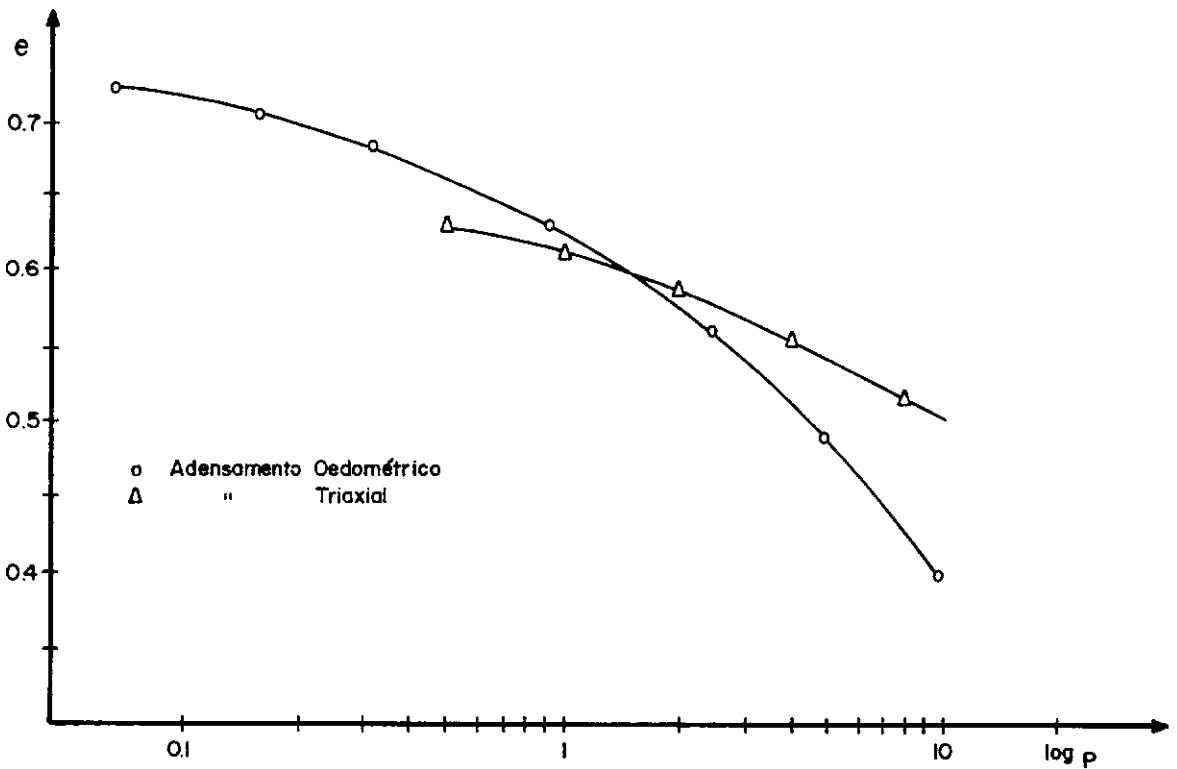
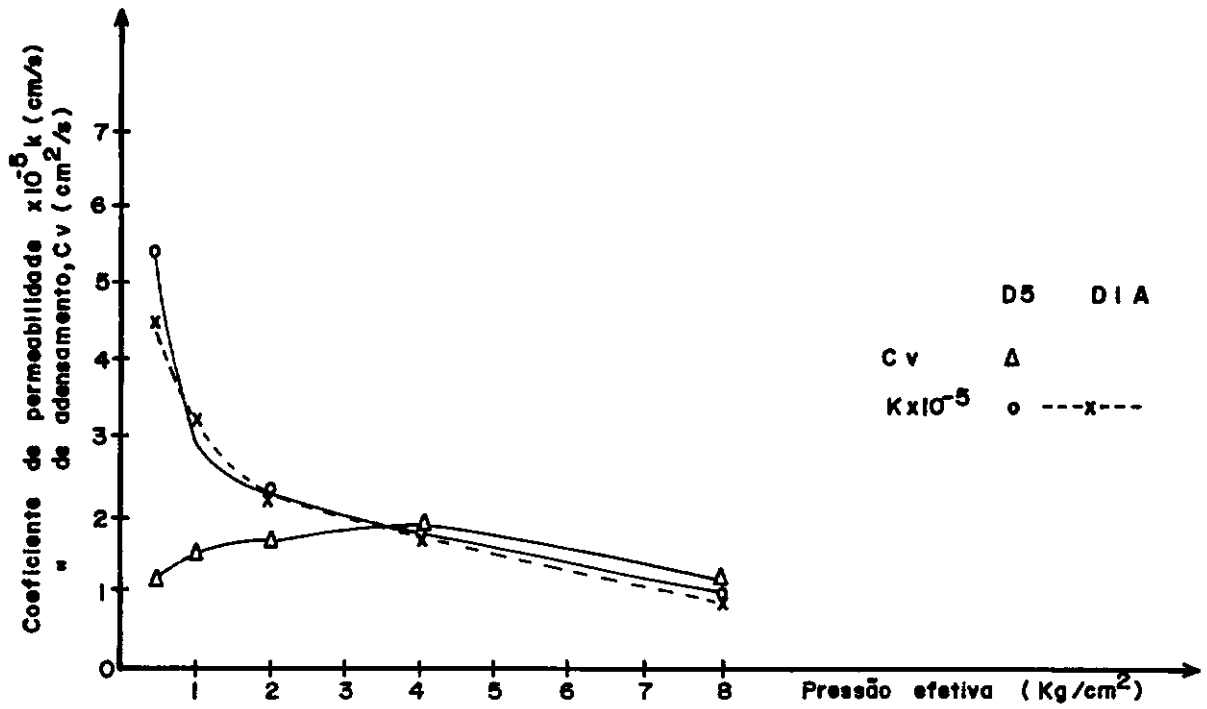


Fig. 12



Pressão Kg/cm ²	Amos- tras	H ₉₀ cm	t ₉₀ min	λ	α_v cm ² /Kg	C_v cm ² /s	K cm/s
0,5	D5	10,76	1,39	0,620	8×10^{-2}	1,13	$5,5 \times 10^{-5}$
	DIA	10,50	1,00	0,647	4,8 "	1,55	4,52 "
1,0	D5	10,73	1,10	0,608	$2,4 \times 10^{-2}$	1,48	$2,2 \times 10^{-5}$
	DIA	10,47	1,00	0,626	3,4 "	1,55	3,24 "
2,0	D5	10,70	1,00	0,585	$2,3 \times 10^{-2}$	1,61	$2,3 \times 10^{-5}$
	DIA	10,38	1,00	0,606	2,4 "	1,52	2,27 "
4,0	D5	10,68	0,90	0,555	$1,5 \times 10^{-2}$	1,79	$1,7 \times 10^{-5}$
	DIA	10,37	1,00	0,576	1,75 "	1,52	1,68 "
8,0	D5	10,56	0,95	0,518	$0,93 \times 10^{-2}$	1,65	$1,0 \times 10^{-5}$
	DIA	0,19	1,00	0,540	0,92 "	1,46	0,87 "

Fig. 13

daquela que caracteriza o adensamento oedométrico, com um índice de compressão (C_c) bem menor que o apresentado na curva obtida pelo adensamento convencional. Sabe-se que ensaios triaxiais costumam apresentar curvas paralelas às curvas de adensamento oedométrico como, por exemplo, constatado por Washington (Tese de mestrado, COPPE-UFRJ, 1975). Não podemos tirar maiores conclusões dessa discrepância uma vez que sō foram realizados dois ensaios oedométricos, ambos com anel fixo.

2.5 - ENSAIOS TRIAXIAIS NÃO-DRENADOS

2.5.1 - Introdução

Embora a situação de carregamento no campo para este solo corresponda quase sempre à situação drenada, realizou-se uma série de ensaios não-drenados, visto serem os parâmetros de pressão neutra muito sensíveis a pequenas variações de estrutura dos solos, devidas a prē-adensamento, anisotropia, etc, o que ē de interesse no caso de um estudo mais detalhado de um solo qualquer.

O comportamento, sob condições não-drenadas, foi investigado, inicialmente, com ensaios consolidados não-drenados em amostras deformadas, retiradas do mesmo local de onde foram

retirados os BLOCOS 1 e 2. Pretendeu-se fazer os ensaios com várias densidades e depois, mediante interpolação dos resultados, obter os parâmetros para a densidade conhecida "in situ". A razão desse procedimento seria não só a de poupar as amostras indeformadas, como também verificar a viabilidade de se obter parâmetros de resistência de solos arenosos por interpolação de ensaios feitos a várias densidades, comparando-as com os resultados obtidos em amostras indeformadas.

Apesar de terem sido feitos vários ensaios com amostras deformadas, verificou-se que essas amostras não mais representaram o solo "in situ", pois durante a moldagem havia segregação dos finos (ver item 2.3). Então, passou-se a ensaiar apenas amostras indeformadas do BLOCO 2, que serviram para os ensaios consolidados não-drenados. Salvo pequenas dificuldades inerentes a um solo granular, como seja, superfície lateral e bases da amostra com reentrâncias provenientes da desagregação de grãos maiores da areia durante a moldagem ou mesmo a quebra dos bordos, as amostras suportaram razoavelmente bem a moldagem e montagem na célula triaxial.

2.5.2 - Saturação

A saturação foi feita com contrapressão aplicada em incrementos de $0,5 \text{ Kg/cm}^2$. Após a aplicação de alguns incrementos, as amostras eram deixadas durante um período de 1 a 2 dias

com contrapressão, conseguindo-se com isso sensível melhoria na saturação, ou seja, a saturação era obtida com pressões confinantes inferiores às necessárias, no caso de aplicarem-se os incrementos continuamente. Além disso, percolou-se em algumas amostras água destilada e desaerada no sentido ascendente, com diferença de carga total de aproximadamente 4 m. Percolação sob contrapressão também foi utilizada, dando bons resultados, contudo, requeria mais atenção do operador e um maior número de equipamentos do laboratório, nem sempre disponíveis. O volume d'água percolado sem contrapressão variou entre 0,5 e 1,5 litros por corpo-de-prova. Aplicando-se a Lei de Darcy ($Q = AKit$) para um tempo médio de percolação de 18 horas e $K = 4 \times 10^{-5}$ cm/s, obtido do adensamento triaxial, obtem-se um volume total da ordem de 2 litros, o que mostra uma razoável concordância na estimativa de K.

Tomando-se esses cuidados com a saturação, os ensaios foram feitos, em sua maioria, com $B = \Delta u / \Delta \sigma_3$ entre 0,98 e 1,00.

2.5.3 - Adensamento Triaxial

Após a saturação, foram as amostras adensadas com as respectivas pressões de adensamento em incrementos $\frac{\Delta P}{P} = 1$. O tempo correspondente ao adensamento primário foi da ordem de 1 minuto apenas, sendo o coeficiente de permeabilidade de apro

ximadamente 10^{-5} cm/s. Com esses valores não houve necessidade de prolongar-se a duração dos ensaios, que foram feitos com velocidade controlada de 0,2 a 0,3 mm/min. A velocidade de deformação foi escolhida de maneira a ter-se um tempo total para o ensaio (aproximadamente 2 horas) suficiente para fazerem-se as leituras necessárias ao cálculo posterior do ensaio com certa comodidade. A variação de altura da amostra durante o adensamento foi registrada por meio de defletômetros de 0,01 mm de precisão e a variação de volume com buretas graduadas, que mediam o volume d'água expulso da amostra durante o adensamento.

A variação de volume medida ao longo do tempo, como é característica desse tipo de ensaio, não oferece uma determinação precisa do coeficiente de compressão secundária. Essa perda de precisão é provocada por vazamentos e efeito de creep dos materiais constituintes dos equipamentos. Todavia, cabe ressaltar que os valores assim estimados não apresentaram discrepância quando comparados com aqueles obtidos dos ensaios oedométricos.

2.5.4 - Descarregamentos e Recarregamentos

Em algumas amostras foram feitos esses ciclos a 2,8 e 15% de deformação axial. Para isso paralizava-se a prensa por alguns segundos, necessários à reversão do movimento. O uso

da mesma velocidade de deformação no descarregamento levou a leituras da célula de carga muito espaçadas, perdendo o gráfico tensão-deformação o aspecto de curva contínua. Para verificar o aspecto dessa curva, foi feito um descarregamento com velocidade de cinco vezes menor que a normalmente utilizada no carregamento, resultando a curva da Figura 14.

2.6 - ENSAIOS CONSOLIDADOS DRENADOS

Os ensaios consolidados drenados foram executados com amostras indeformadas retiradas do BLOCO 1. Nessa série de ensaios foi utilizada apenas uma contrapressão de $0,5 \text{ Kg/cm}^2$, tendo a saturação sido obtida, sobretudo, por percolação, conforme descrito no item 2.5.2. Quanto maior fosse a saturação, mais precisa seria a medição da variação de volume no adensamento e durante o ensaio. Foram feitos ensaios com $B = \Delta u / \Delta \sigma_3$ entre 0,92 e 1,00.

Os corpos-de-prova foram moldados em séries de quatro unidades e armazenados em câmara úmida, envoltos em sacos plásticos. O adensamento foi feito de maneira idêntica a dos ensaios não-drenados, medindo-se a variação do volume d'água da amostra em função do tempo. A medição da variação de altura da amostra durante o adensamento, foi feita ao final de cada es

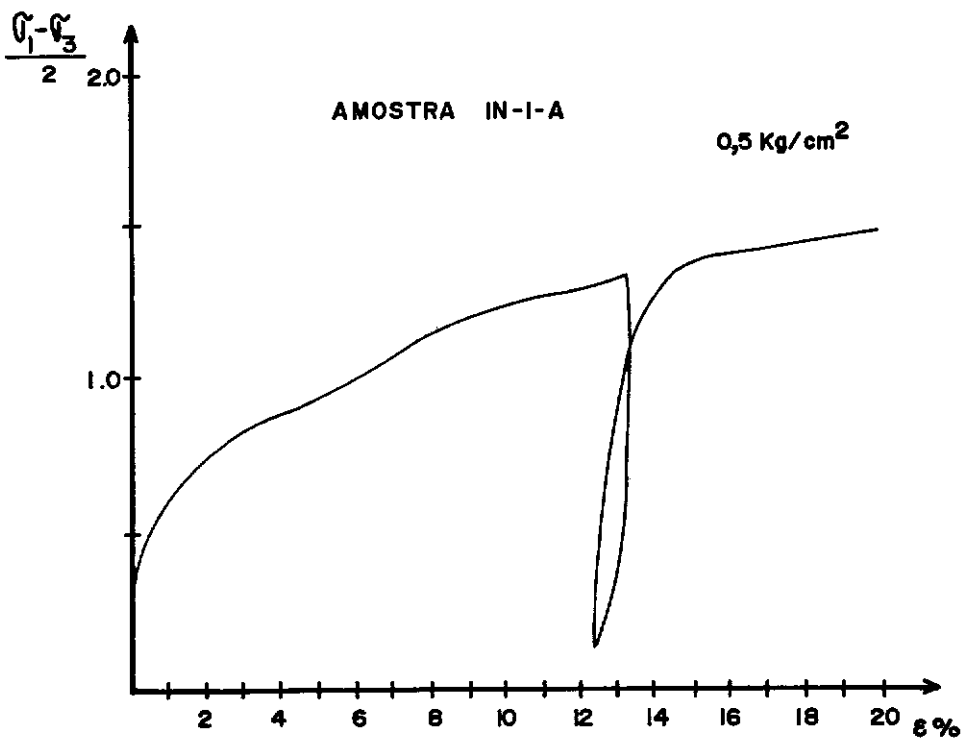


Fig. 14

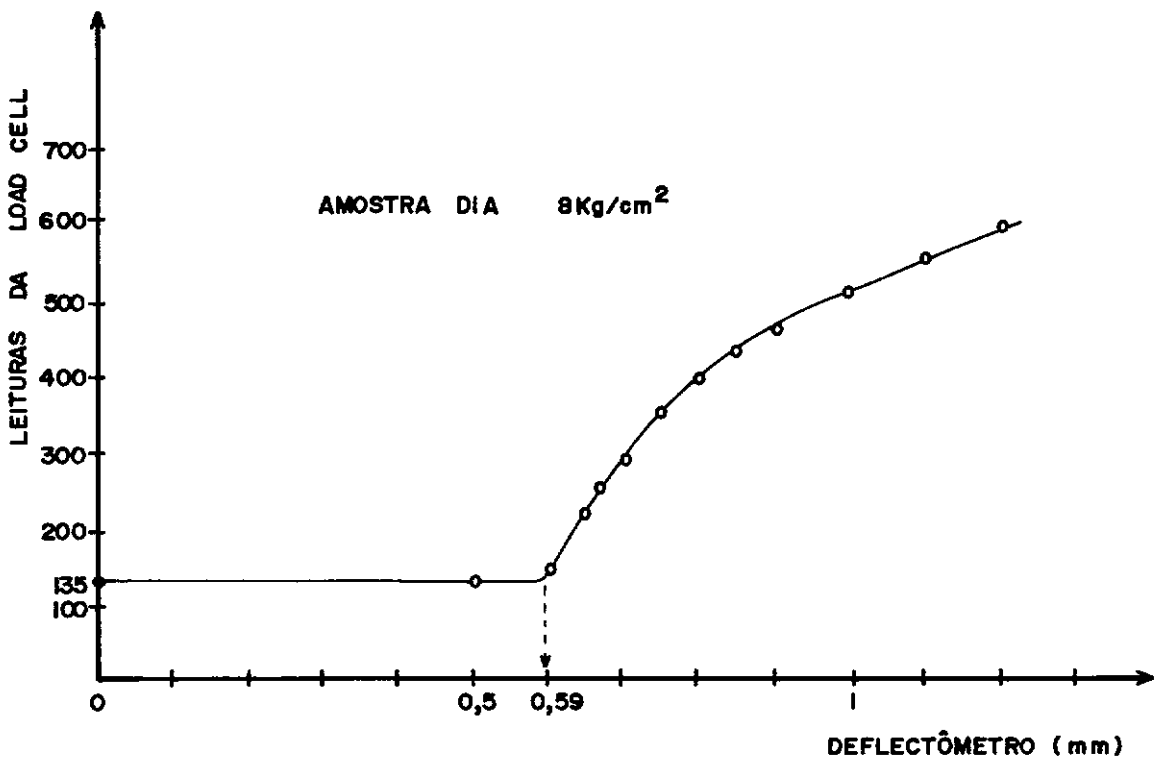


Fig. 15

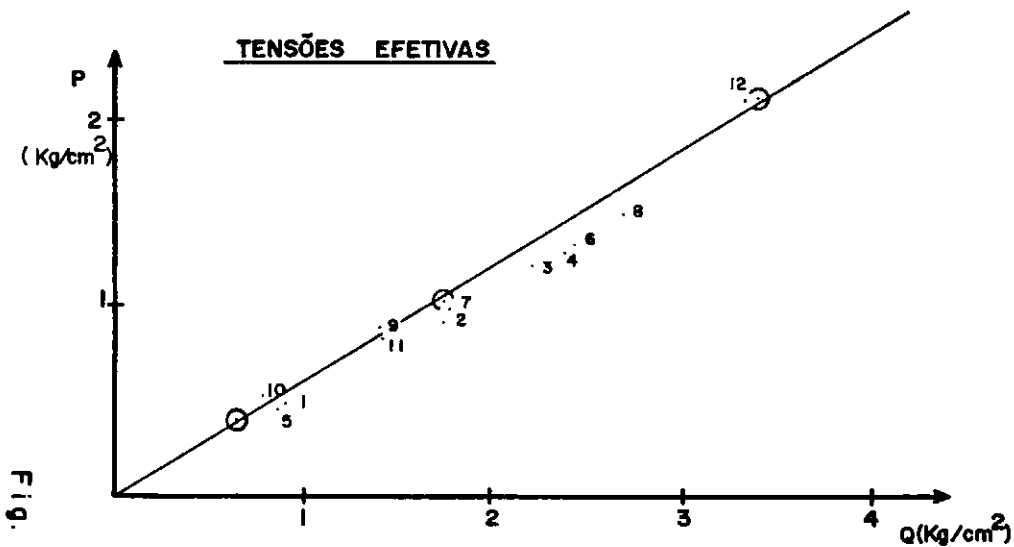
tãgio de adensamento, com um defletômetro de 0,002 mm de preci
são. Esta operação era executada pressionando-se com o dedo
o pistão da célula, até este tocar a base de acrílico colocada
sobre o corpo-de-prova. Em seguida, permitia-se o retorno do
pistão por empuxo hidrostático à posição original. Essa folga
devida à diminuição de altura do corpo-de-prova era em parte mani
tida até o início do ensaio, quando a prensa era posta em movi
mento. Isso permitia um melhor ajuste da origem da curva ten
são-deformação (Figura 15), além de medir a parcela de carga de
vida ao atrito entre o pistão e a célula no início do ensaio.
Foram ensaiados oito corpos-de-prova com velocidade de deforma
ção controlada, usando-se a mesma faixa de velocidades usada nos
ensaos não-drenados. Foram feitos também quatro ensaios com
tensão controlada, nos quais se manteve a tensão principal maior
constante e atingiu-se a rotura do corpo-de-prova mediante o de
crêscimo de σ_3 . O equipamento utilizado foi uma bancada espe
cial, fabricada por RONALD TOP LTDA. de acordo com modelo pro
posto pela COPPE, que facilitava a colocação dos pesos que man
tinham σ_1 constante à medida que se reduzia a pressão σ_3 da cê
lula triaxial. A cada estágio de redução de σ_3 calculava-se o
peso a ser acrescentado na direção de σ_1 , incluindo-se nesse cál
culo, a previsão para a variação da área da amostra após a de
formação do estágio.

2.7 - ANISOTROPIA

Foram moldados três corpos-de-prova orientados se gundo o plano horizontal e ensaiados sob condição não-drenada, após terem sido adensados com pressões de 0,5, 2,0 e 4,0 Kg/cm². Esses ensaios tiveram um A menor na rotura em relação às amostras verticais, resultando numa envoltória de Mohr com $c = 0,33$ Kg/cm², $\alpha = 17,85^\circ$ e $c' = 0,03$ Kg/cm², $\alpha' = 38,7^\circ$, conforme Figura 17. No entanto, não podemos afirmar que realmente as amostras horizontais teriam maior resistência porque, embora as envoltórias totais e efetivas tenham dado uma boa concordância, esses resultados se enquadram na dispersão ocorrida para os ensaíos não-drenados (Figura 16).

Como o objetivo principal não era o estudo da anisotropia e a utilização de mais corpos-de-prova horizontais iria acarretar a falta de verticais para serem empregados na obtenção de parâmetros hiperbólicos, não foi possível ensaiar mais amostras horizontais.

Convém lembrar que no estudo da anisotropia, as amostras inclinadas de 60° com a vertical seriam ainda mais interessantes, sendo porém as menos indicadas para o aproveitamento integral dos BLOCOS 1 e 2. Para esse estudo seria mais conveniente a retirada dos blocos inclinados "in situ", de acordo com a orientação desejada facilitando-se, portanto, o seu aproveitamento integral.



AMOSTRAS		f'_3 (Kg/cm ²)
1	IN-1	0.5
2	IN-3	1.0
3	IN-4	2.0
4	IN-5	1.0
5	IN-6	0.5
6	IN-8	3.5
7	IN-9	2.0
8	IN-10	3.5
9	IN-11	1.0
10	IN-13	1.0
11	D 8	1.0
12	IN-12	5.0
⊙	IN-1-A	0.5
⊙	IN-2-A	4.0
⊙	IN-3-A	2.0

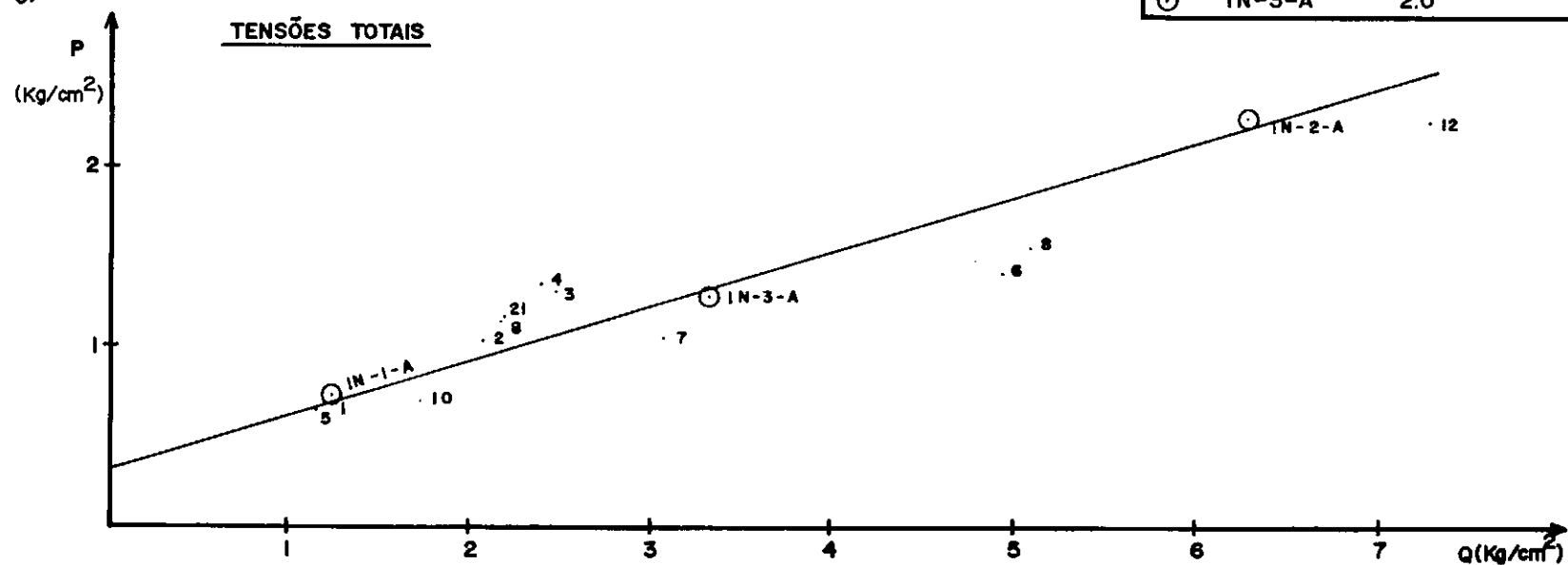


DIAGRAMA DE LAMBE PARA OBTENCAO DE 'C' E 'FI'

- 1 - IN2A 4.0
- 2 - IN3A 2.0
- 3 - IN1A 0.5

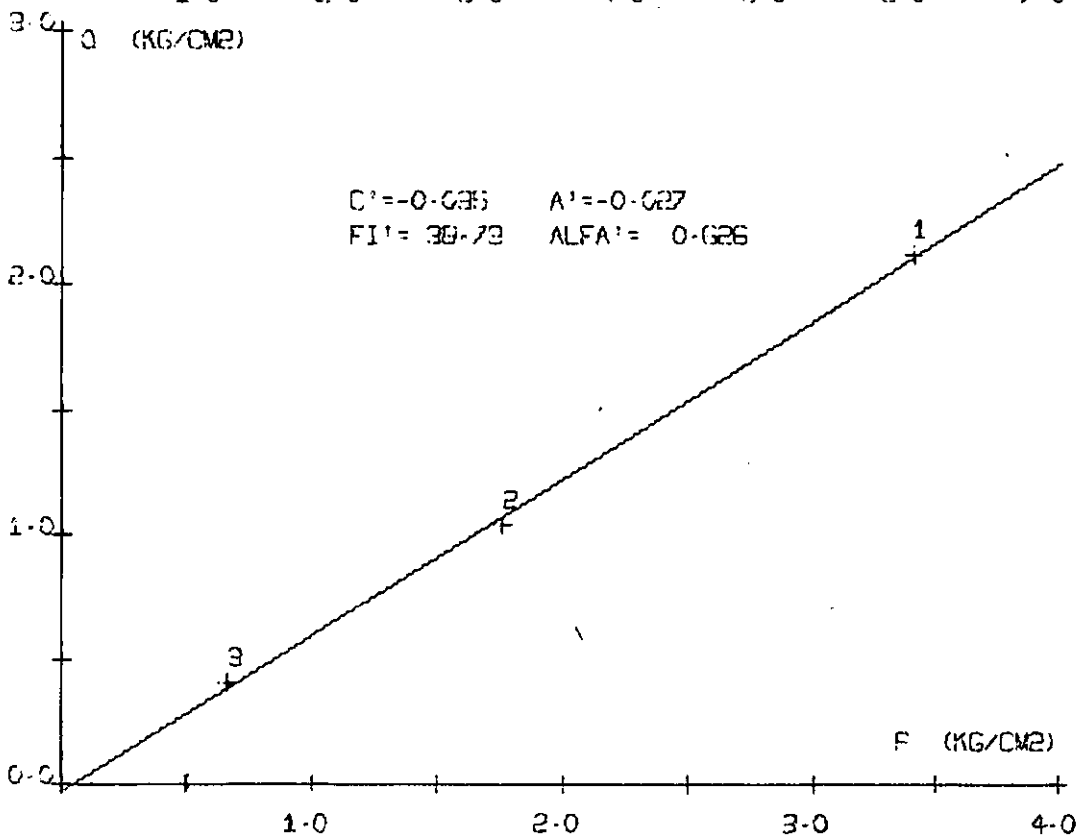
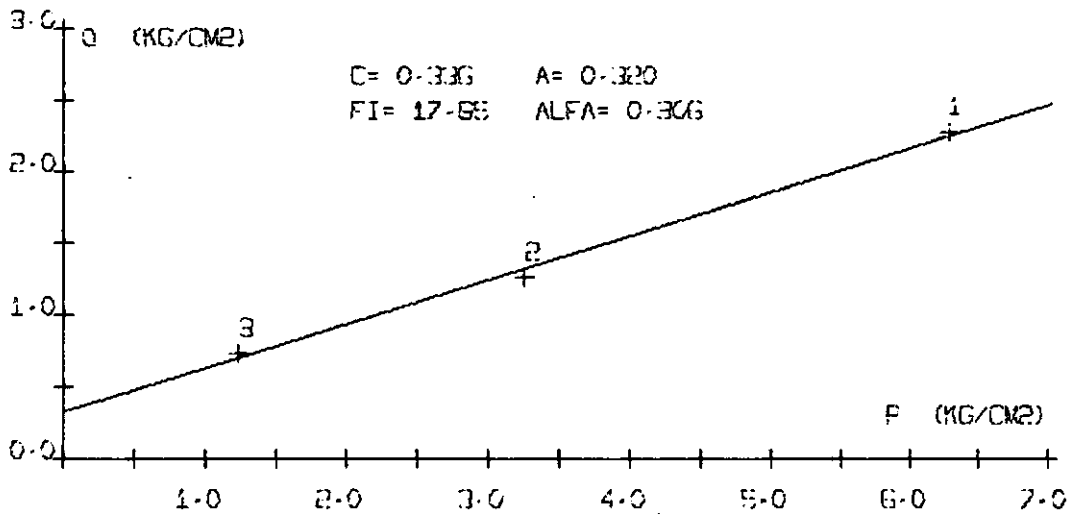


FIG. 17

RESULTADOS DOS ENSAIOS

3

3.1 - ENSAIOS NÃO-DRENADOS

3.1.1 - Curvas Tensão-deformação

Nas Figuras 18, 19, 20 e 21 mostramos as curvas tensão-deformação para as pressões de adensamento 0,5, 1,0, 2,0 e 3,5 Kg/cm². Esses ensaios foram calculados e desenhados pelo programa LIN3 (Ver Apêndice II). Podemos ver que para pressões confinantes baixas, os valores de σ_d na região 0-4% de deformação são subestimados em relação aos valores fornecidos pela curva teórica. Não podendo ser desprezado este fato uma vez que a diferença em certos pontos excede de 30% o valor teórico. Para pressões confinantes altas obtem-se uma correlação satisfatória entre a curva teórica e a experimental, principalmente para pequenas deformações.

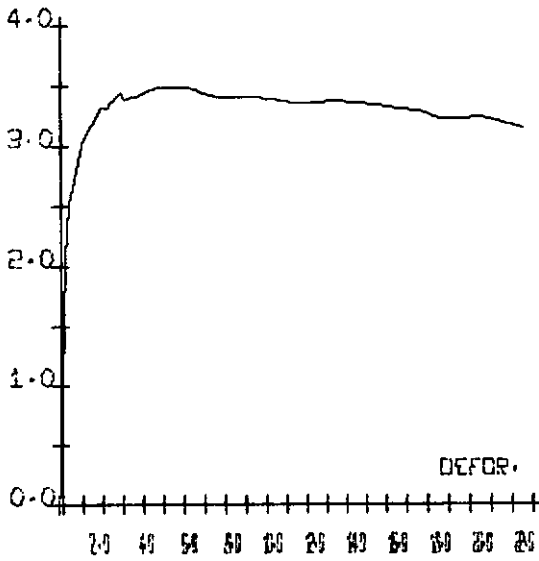
COPPE/UF RJ

IN-1 0.5 09/03/74

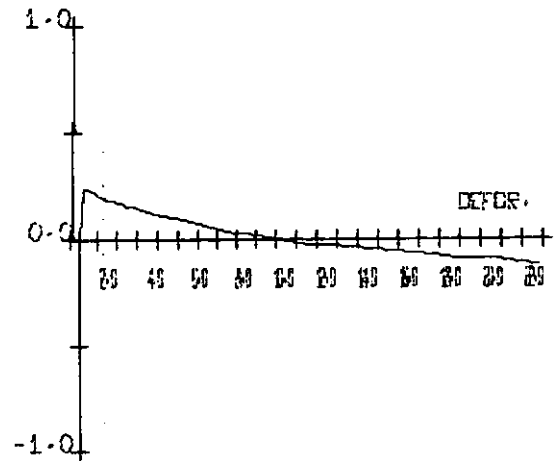
ENSAIO C-U

H0=10.5, D0= 5.0, AV1=14.0, E1=0.520, PCNS=0.5, CONTRA PRESSAD=4.50

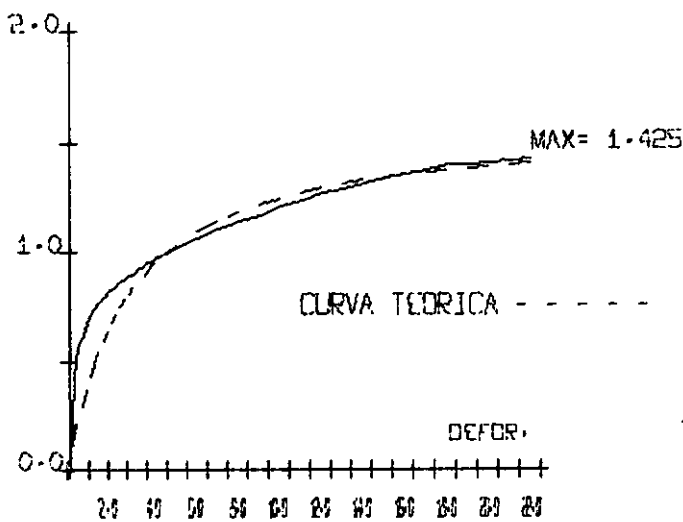
SIGMA' 1/SIGMA' 3



A BARRA



TENSÃO DESVIO



ACRESCIMO DE U

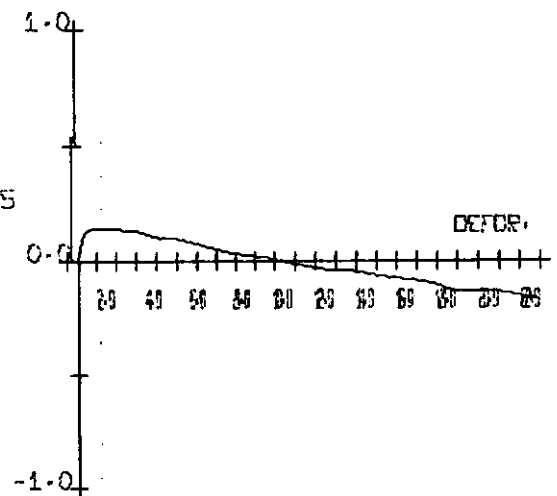


FIG. 18

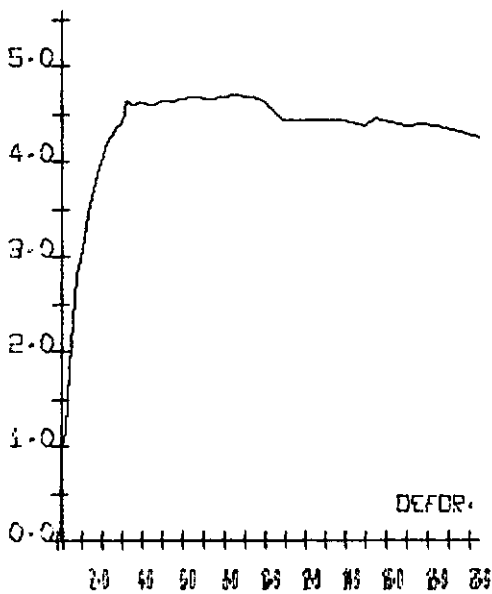
COPPE/UFRJ

IN-11 1.0 06/05/74

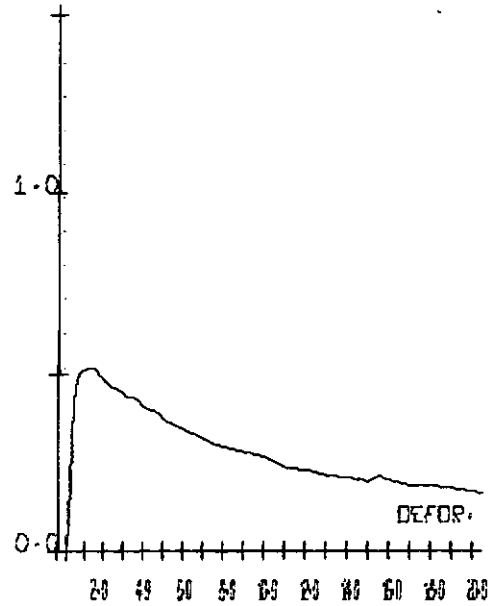
ENSAIO C-U

HO=10.5, DO= 5.0, AV1=10.0, E1=0.100, PCONS=1.0, CONTRA PRESSAO=0.00

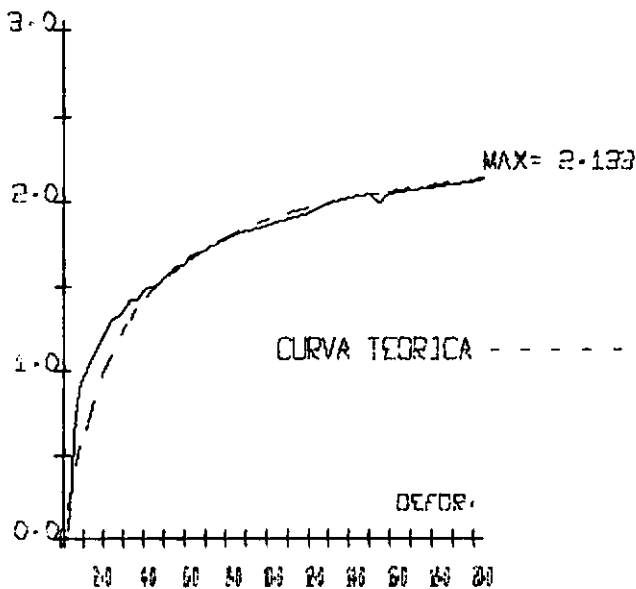
SIGMA' 1/SIGMA' 3



A BARRA



TENSÃO DESVIO



ACRESCIMO DE U

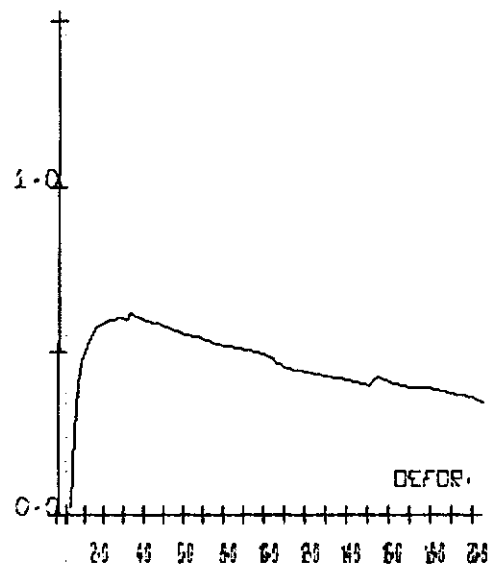


FIG. 19

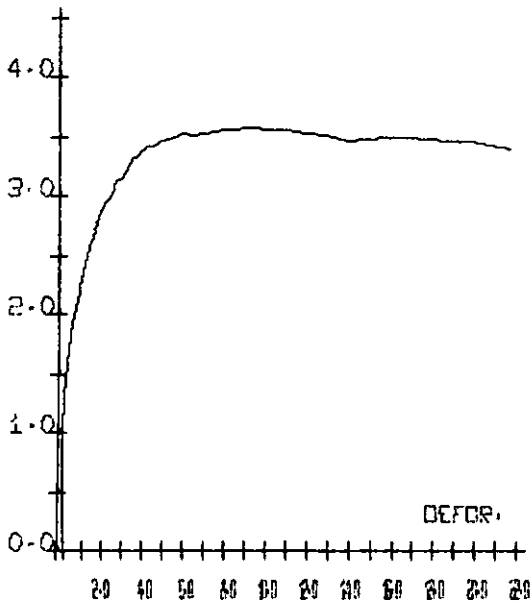
COPPE/UF RJ

IN-9 2.0 14/04/74

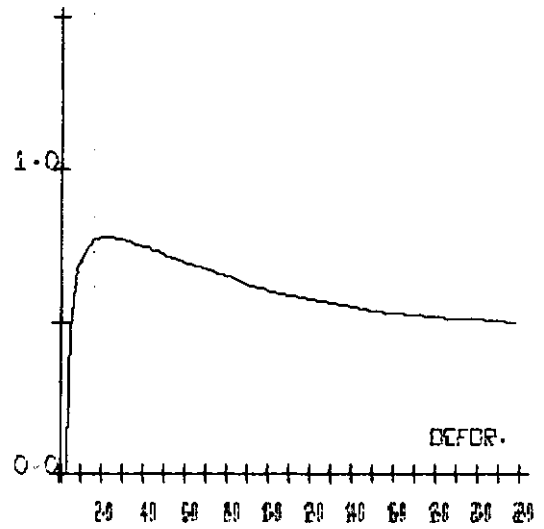
ENSAIO C-U

HO=10.5; DO= 5.0; AV1=16.9; E1=0.250; PCONS=2.0; CONTRA PRESSAO=2.00 .

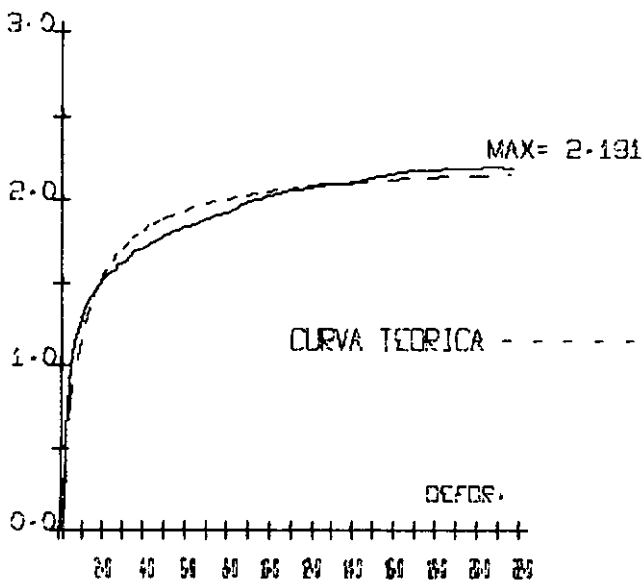
SIGMA' 1/SIGMA' 3



A BARRA



TENSÃO DESVIO



ACRESCIMO DE U

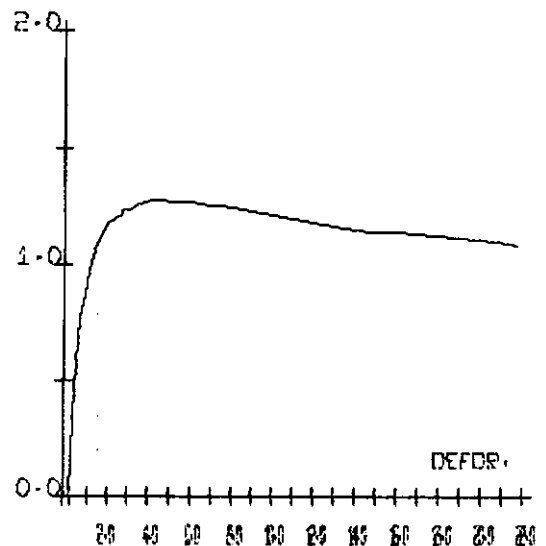


FIG. 20

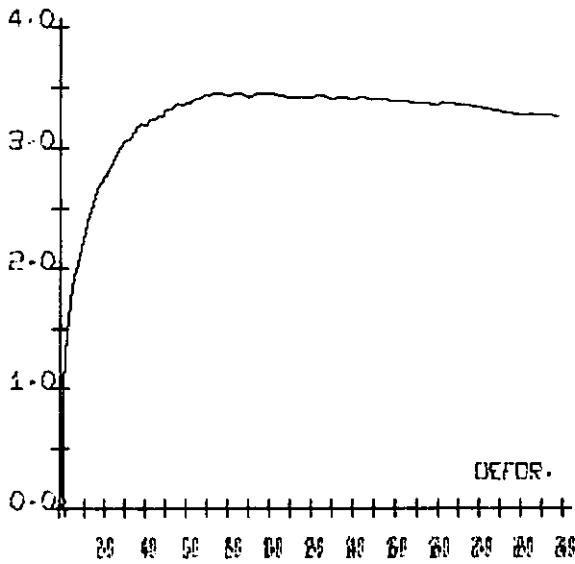
COPPE/UF RJ

IN-8 3.5 11/04/74

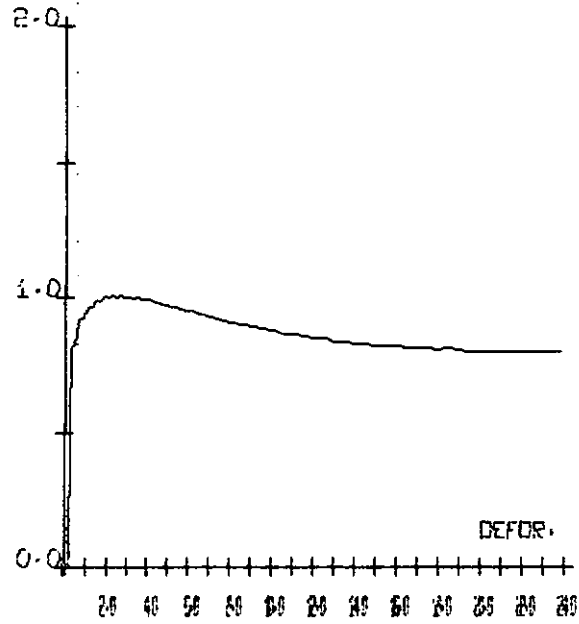
ENSAIO C-U

HO=10.5; DO= 5.0; AV1=15.7; E1=0.300; PCONS=3.5; CONTRA PRESSAO=5.00

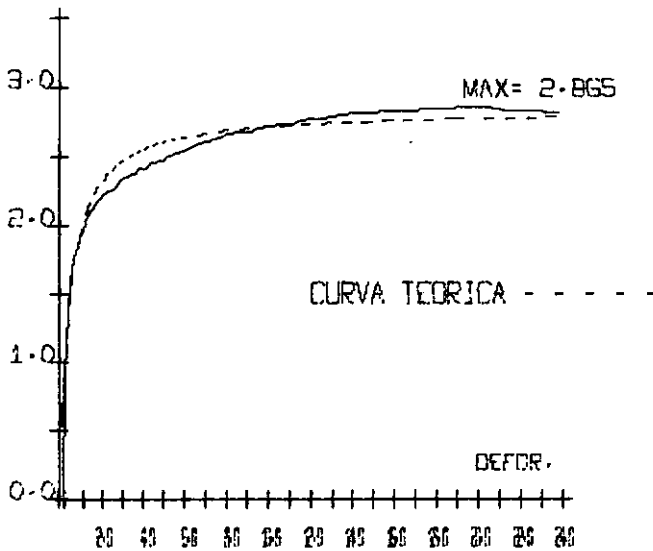
SIGMA' 1/SIGMA' 3



A BARRA



TENSÃO DESVIO



ACRESCIMO DE U

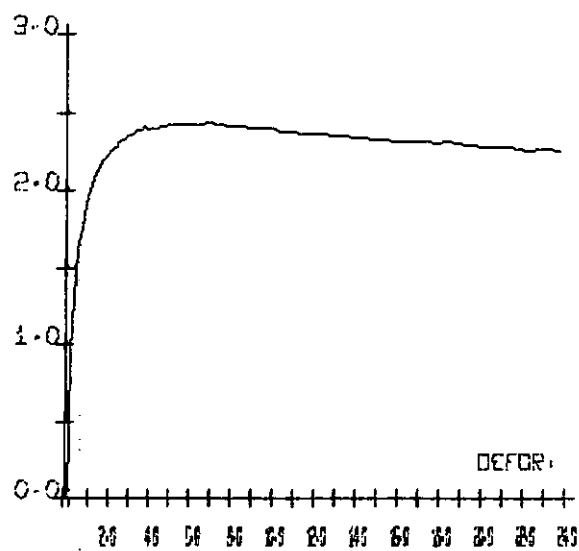


FIG. 21

3.1.2 - Curvas $\bar{\sigma}$ - Deformação

As curvas de pressão neutra e $\bar{\sigma}$ versus deformação se comportaram de maneira a comprovar mais uma vez os conceitos de pressão de pré-adensamento para argilas ou de índice de vazios crítico para areias. De fato, para a pressão confinante de $0,5 \text{ Kg/cm}^2$, observa-se na Figura 22 uma trajetória de tensões inclinada para a direita enquanto que para pressões de $2,0$ e $3,5 \text{ Kg/cm}^2$, a trajetória inclina-se visivelmente para a esquerda. O que se tem plotado na Figura 22 são os caminhos de tensões efetivas segundo o diagrama p, q de Lambe e, na Figura 23, $\bar{\sigma}$ versus pressão confinante em escala aritmética.

3.1.3 - Envoltória de Mohr-Coulomb

Para as envoltórias de Mohr foram escolhidos os ensaios com os corpos-de-prova IN-1, IN-6, IN-11, IN-8, IN-9 e IN-10, resultando numa coesão de $0,49 \text{ Kg/cm}^2$ e ângulo de atrito interno de 11° para tensões totais e $c' = 0,047 \text{ Kg/cm}$, $\alpha' = 33,32^\circ$ para tensões efetivas (Figura 24). As precisões atribuídas a c e α não têm um caráter definitivo e são aqui apresentadas apenas para reproduzir a interpolação feita pelo programa LIN1 (Apêndice III) e, como sabemos, significam apenas números aceitáveis dentro de uma faixa provável.

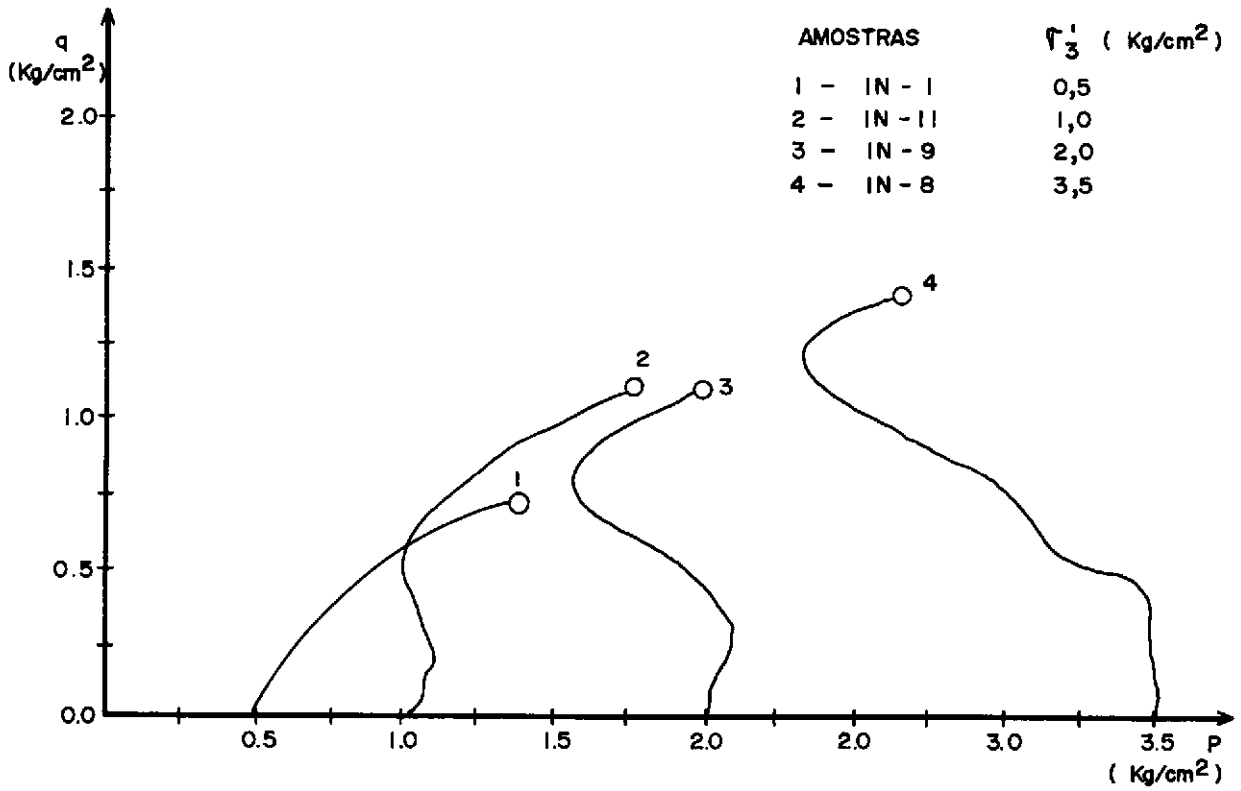


Fig. 22

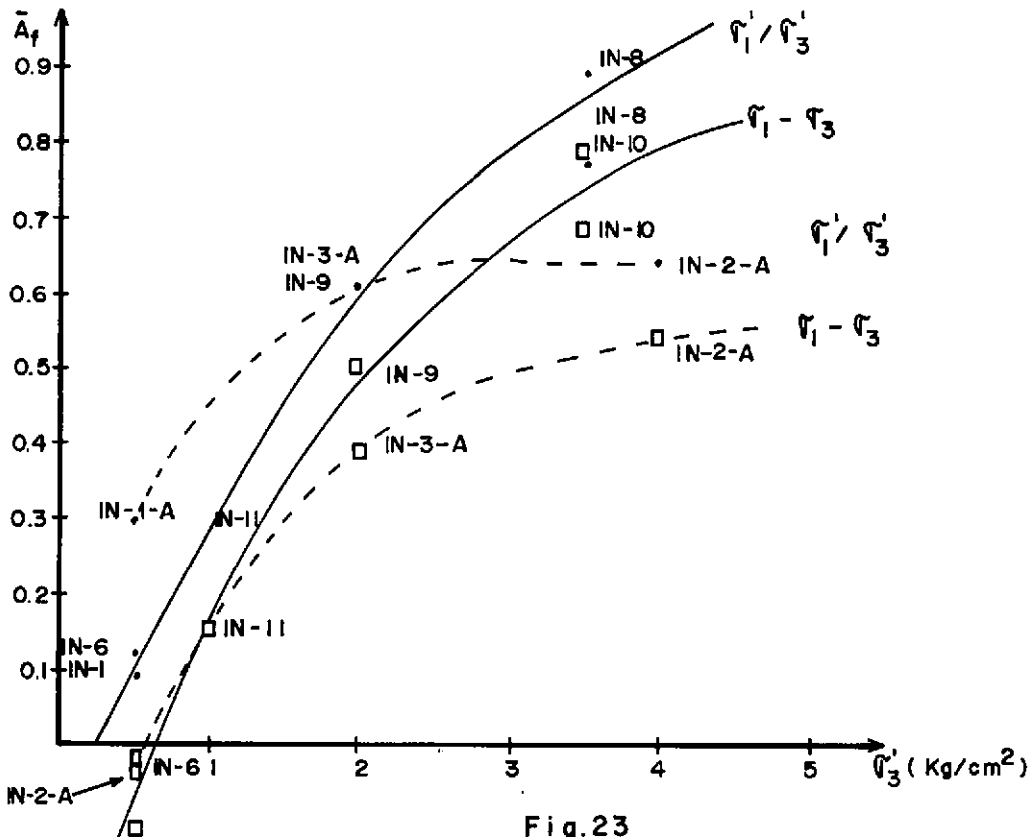


Fig. 23

DIAGRAMA DE LAMBE PARA OBTENCAO DE 'C' E 'FI'

- 1 - JN-1 0.5
- 2 - JN-6 0.5
- 3 - JN-11 1.
- 4 - JN-9 2.0
- 5 - JN-8 3.5
- 6 - JN10 3.5

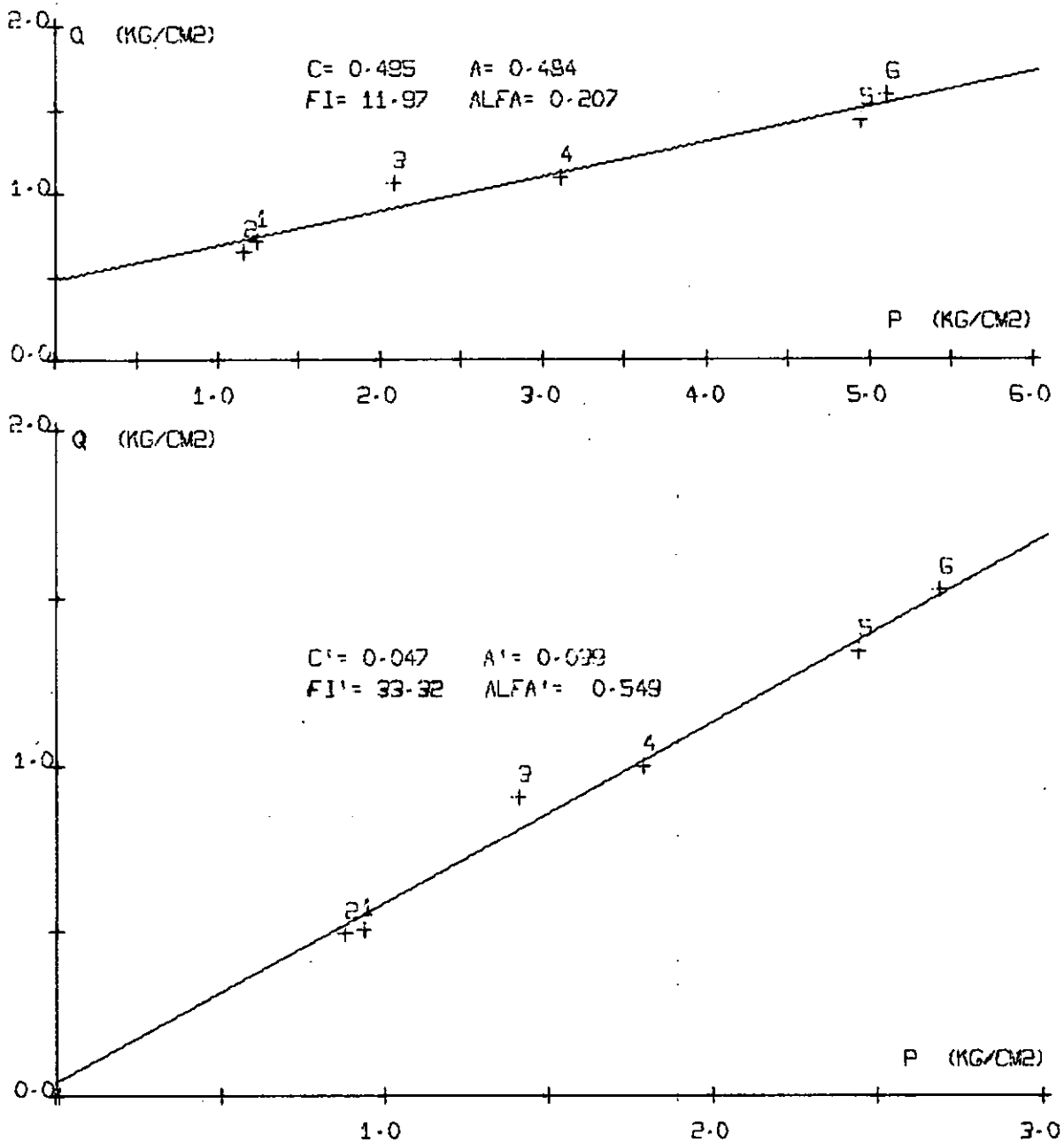


FIG. 24

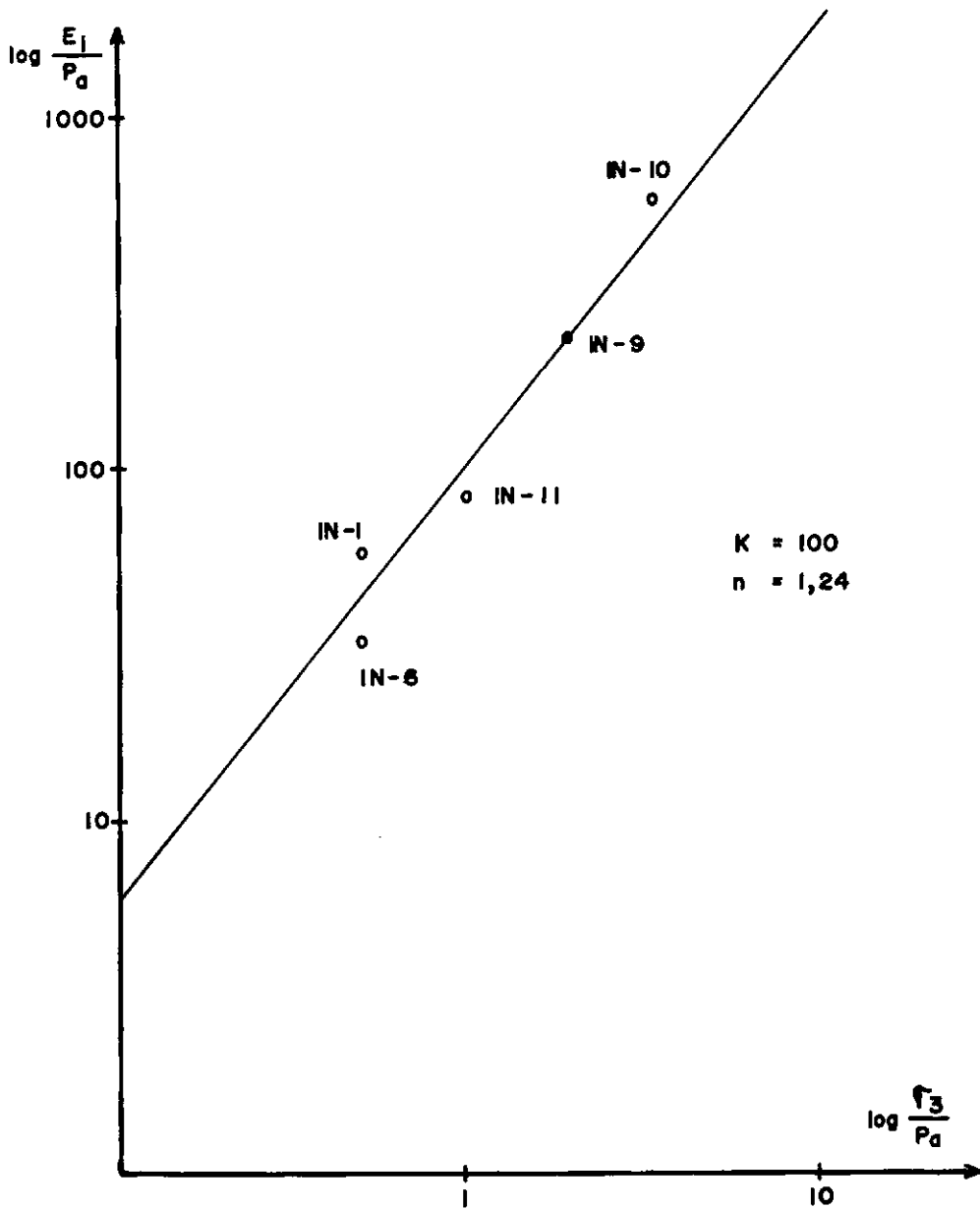
3.1.4 - Módulo de Elasticidade Inicial Versus Pressão Confinante

Os módulos tangentes iniciais plotados em escala logarítmica contra pressões confinantes, também em escala logarítmica, podem ser vistos na Figura 25. Foram obtidos $K = 100$, $n = 1,24$ e $R_f = 0,91$.

Os dados de outros solos semelhantes que poderiam ser aqui comparados, como os fornecidos por Wong e Duncan (1974), perdem a sua validade uma vez que os dados se referem a ensaios drenados.

3.1.5 - Módulos de Descarregamento-Recarregamento

Os descarregamentos e recarregamentos efetuados nas amostras IN-11 e IN-1-A revelaram um módulo de elasticidade duas vezes maior que o inicial. A obtenção do módulo de descarregamento com um único ciclo (Wong e Duncan, 1974) conforme foi feito, deixa a desejar quando o caso real for de vários ciclos (Vesic, 1975). Recomenda-se fazer vários ciclos até o módulo tender a um valor limite, geralmente após cinco ou seis ciclos.



AMOSTRAS	R_f	E_I	r_3'
IN - 6	0,80	32	0,5
IN - 1	0,90	59	0,5
IN - 11	0,88	98	1,0
IN - 9	0,97	245	2,0
IN - 10	0,98	582	3,5

Fig. 25

3.2 - ENSAIOS DRENADOS

3.2.1 - Introdução

Dada a alta permeabilidade desse solo, o comportamento drenado é o que realmente reproduz as condições de campo. No caso, temos a análise da parede diafragma do metrô quanto a carregamentos e deformações. A condição de carregamento primário com σ_1 constante e σ_3 decrescente reproduz o tipo de carregamento para o solo situado atrás da cortina enquanto que um ensaio de extensão reproduziria melhor o comportamento da massa de solo entre as cortinas. No entanto, Yudhbir e A. Varadarajan (1974) demonstraram ser válida a simulação do comportamento tensão-deformação do solo para esse caso, com ensaios de carregamento primário e σ_3 constante.

Ns Figuras 26, 27 e 28 temos uma série de gráficos que envolvem curvas experimentais tensão-deformação e variação de volume-deformação, além de comparações entre as primeiras e as teóricas de Kondner e Brinch Hansen. Essas figuras são o resultado de um ensaio em que foi usada uma pressão confinante de $0,25 \text{ Kg/cm}^2$. Gráficos análogos para pressão confinante de 8 Kg/cm^2 encontram-se nas Figuras 26-1, 27-1 e 28-1. Como esses desenhos foram executados pelo computador, utilizando-se o programa UUPH (Ver Apêndice IV), será feita uma descrição visando a suprimir a escassez de legendas.

A tensão-desvio (SIG. DESVIO), em Kg/cm², e a variação relativa de volume (EVOLP), em porcentagem, estão plotadas contra os percentuais da deformação axial específica no gráfico situado na parte superior esquerda da Figura 27. Nessa figura, encontram-se também os gráficos da deformação radial específica (E300) versus E100, em escalas aritmética e bilogarítmica, e do coeficiente de Poisson (E31) versus E100. A Figura 28 refere-se aos valores ϵ/σ_d (RAZÃO), ϵ/σ_d^2 (RAZ1) e $\sqrt{\epsilon/\sigma_d}$ (RAZ2), plotados contra E100, sendo σ_d em Kg/cm². No canto inferior direito dessa figura, temos os valores de σ_d (RAZC) calculados segundo a equação $\sigma = \frac{\epsilon}{a + b\epsilon}$ e comparados com os experimentais. Os gráficos de RAZÃO, RAZ1 e RAZ2 servem para uma comparação visual, pois quanto mais se aproximarem de uma reta melhor será a concordância da curva tensão-deformação teórica com a experimental. Sobre esses gráficos, vemos também dois triângulos que mostram os pontos escolhidos para fixar a reta idealizada de acordo com o critério escolhido. No nosso caso, esses triângulos correspondem a 0,70 e 0,95 de $\sigma_{d_{\max}}$. A curva log E300 x x log E100 se presta à mesma finalidade, comparando-se, nesse caso, resultados experimentais com a exponencial de NOBARI.

Os valores de E300 para as curvas E300 x E100 e E31 x E100 foram obtidos através da equação $\epsilon_v = \epsilon_1 + 2 \epsilon_3$, onde ϵ_1 foi medido durante o ensaio de deformação controlada com um defletômetro de 0,01 mm de precisão. A variação volumétrica foi medida com uma bureta graduada em 0,10 cm³, conectada ao

03 0.25 LOAD CELL KYOWA 0.5 T POR FORA AMOSTRA 03 0.25 KG/CM² 13/02/75

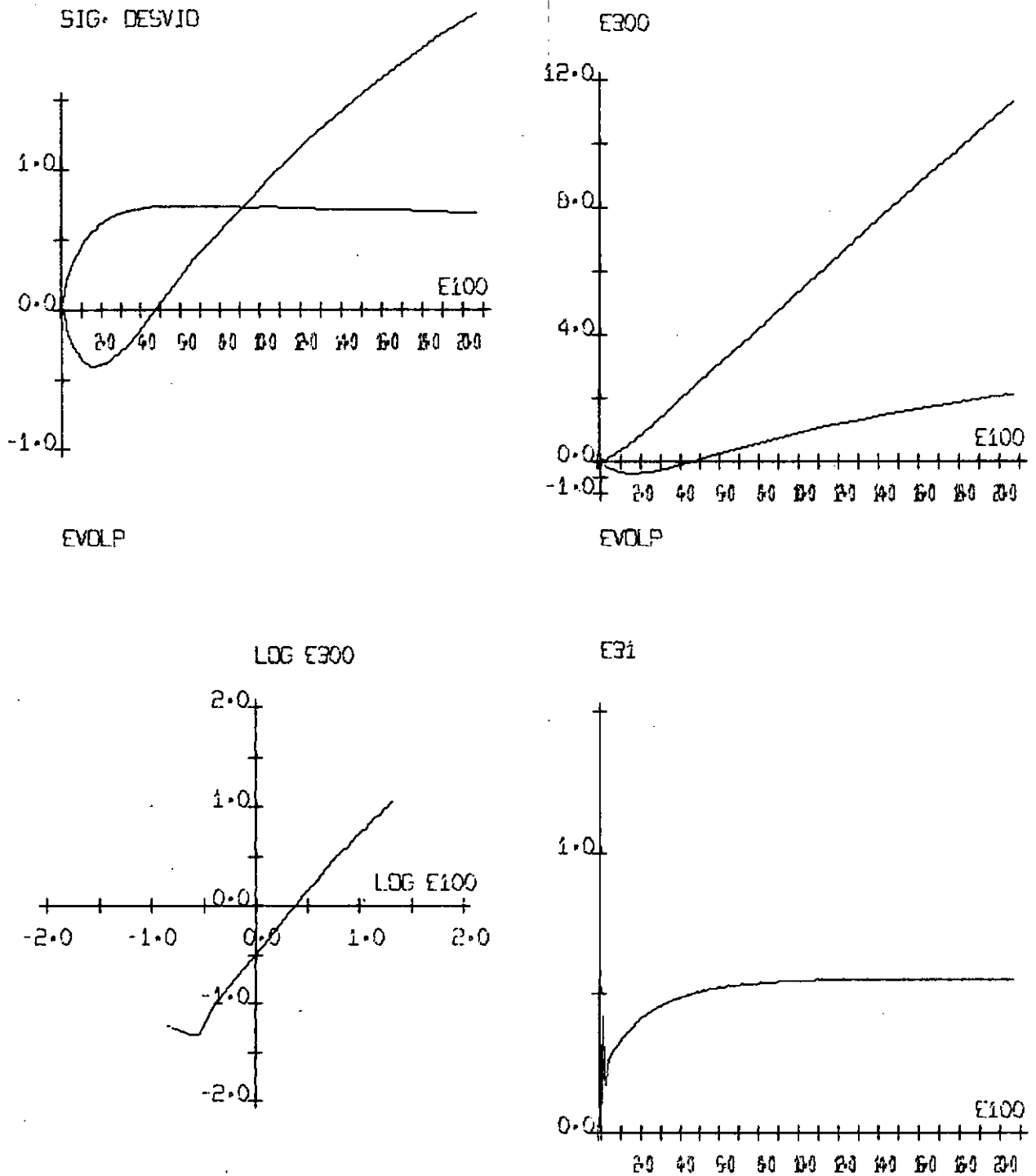
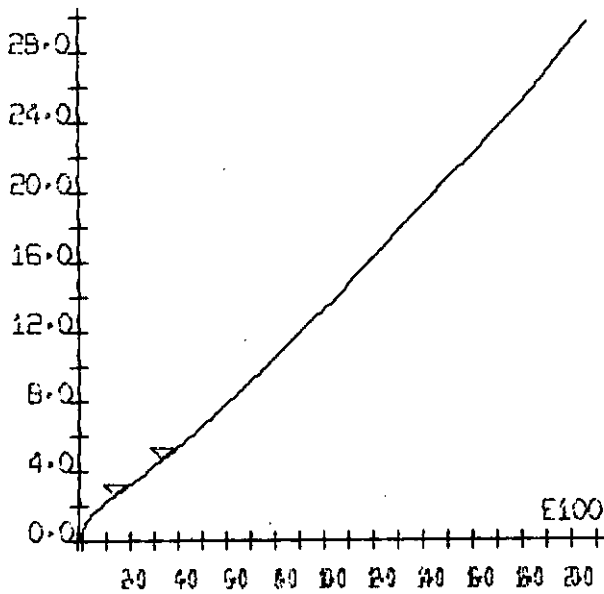


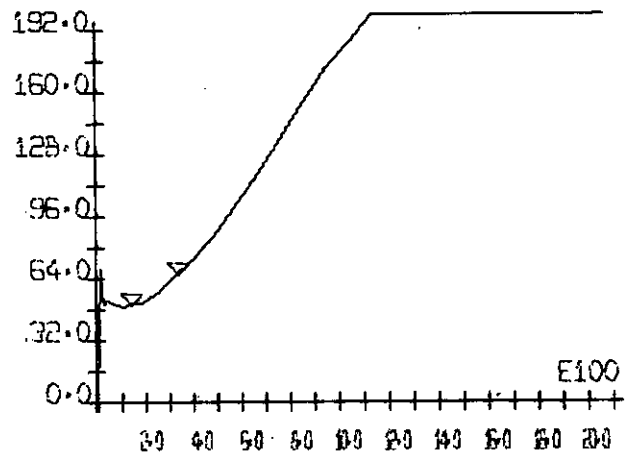
FIG. 26

D3 0.25 LOAD CELL KYOWA 0.5 T POR FORA AMOSTRA D3 0.25 KG/CM² 13/02/75

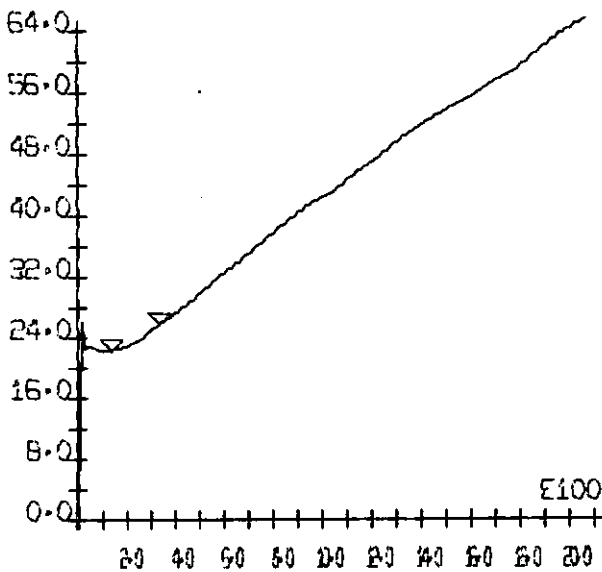
RAZAD X 100



RAZ1 X 1000



RAZ2 X 100



RAZC

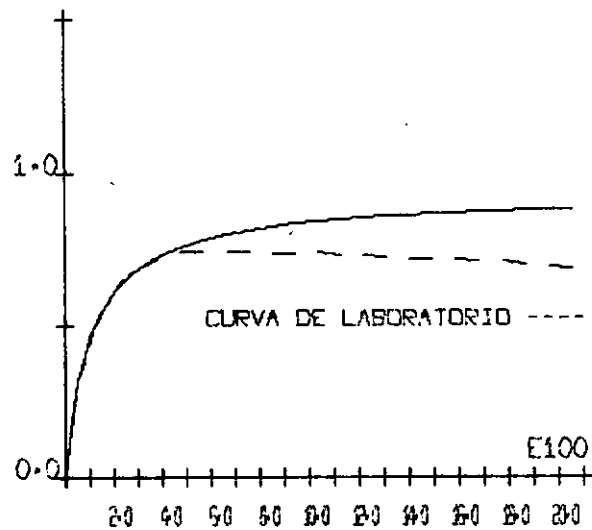
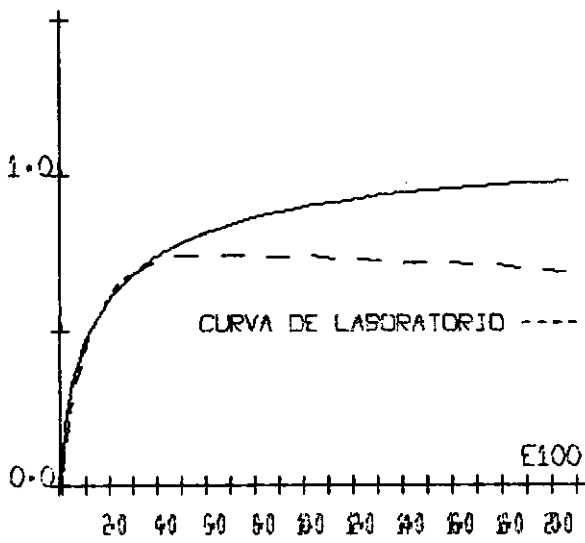


FIG. 27

RA21C



RA22C

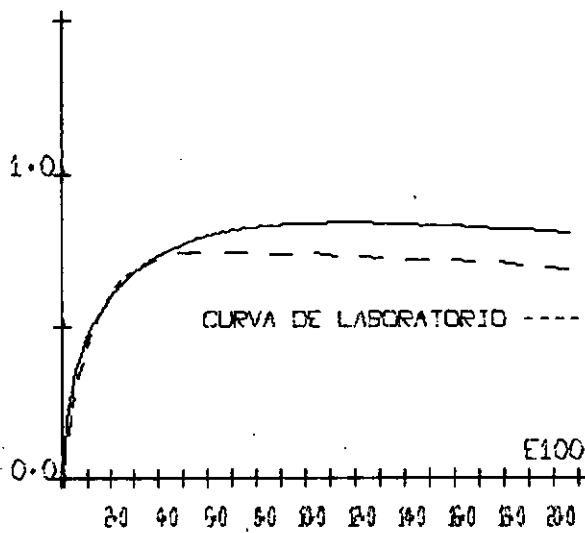
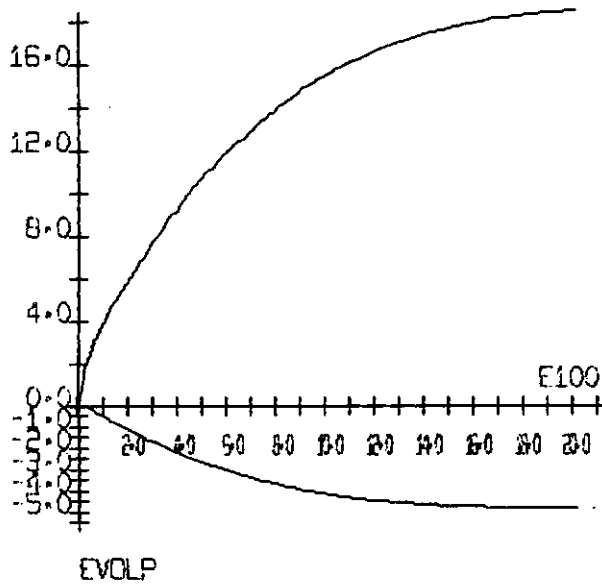


FIG. 28

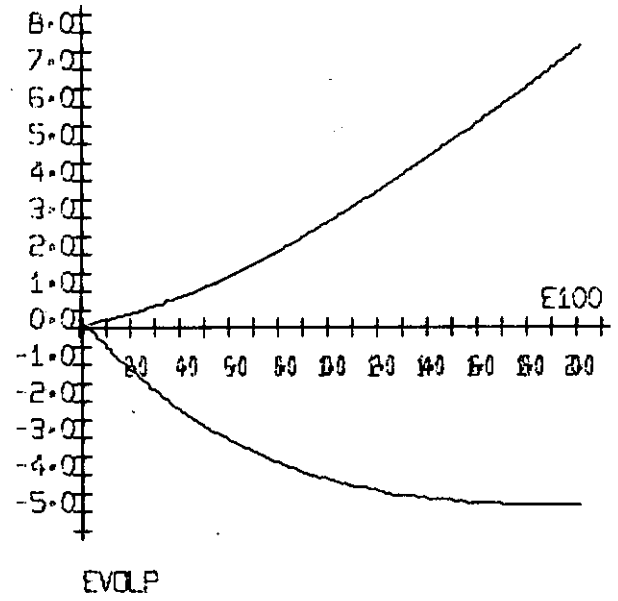
D1A 8.0 LADD CELL KYOWA 0.5 T POR FORA AMOSTRA D1A

29/01/75

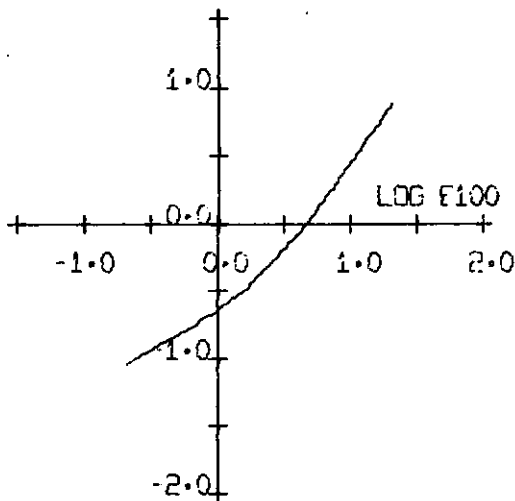
SIG. DESVIO



E300



LOG E300



E31

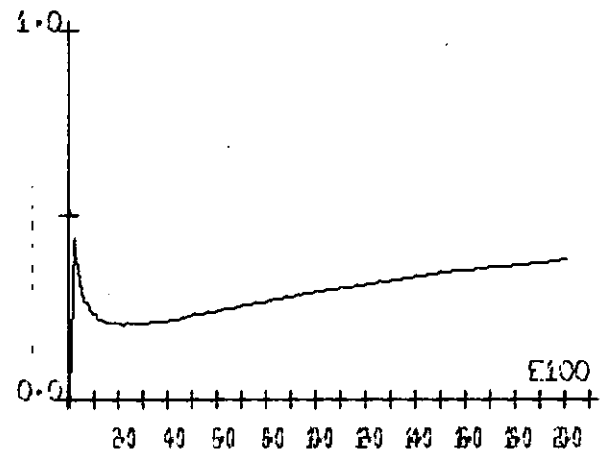


FIG. 26-1

D1A B-0 LADD CELL KYOWA 0.5 T POR FORA AMOSTRA D1A

29/01/75

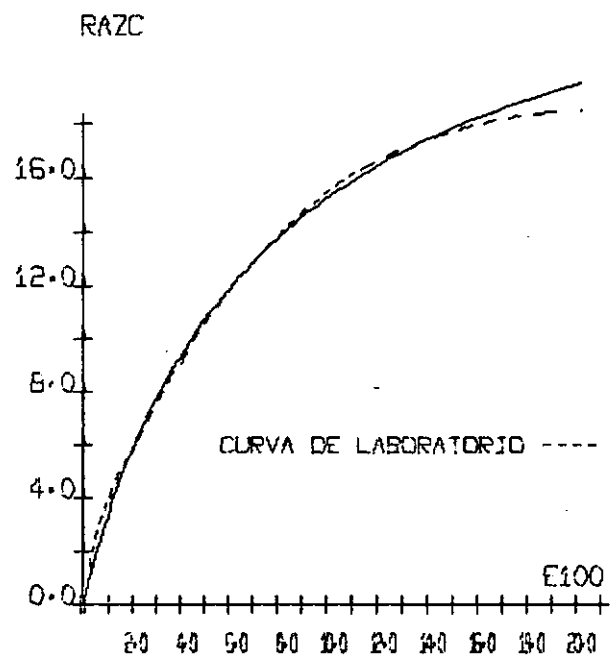
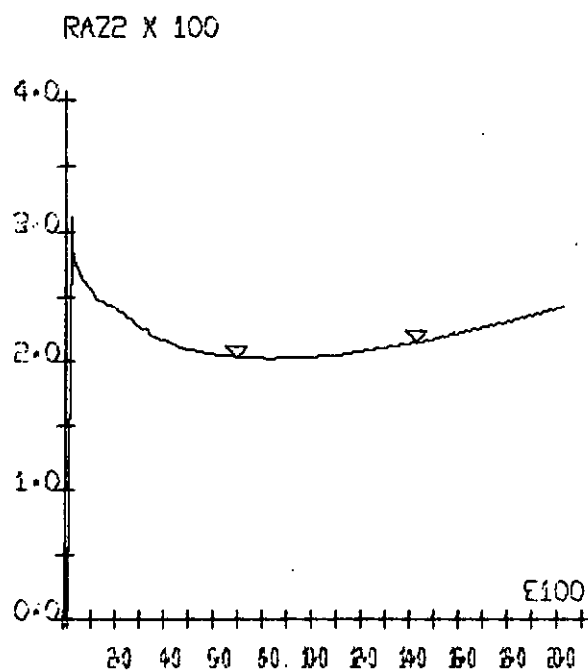
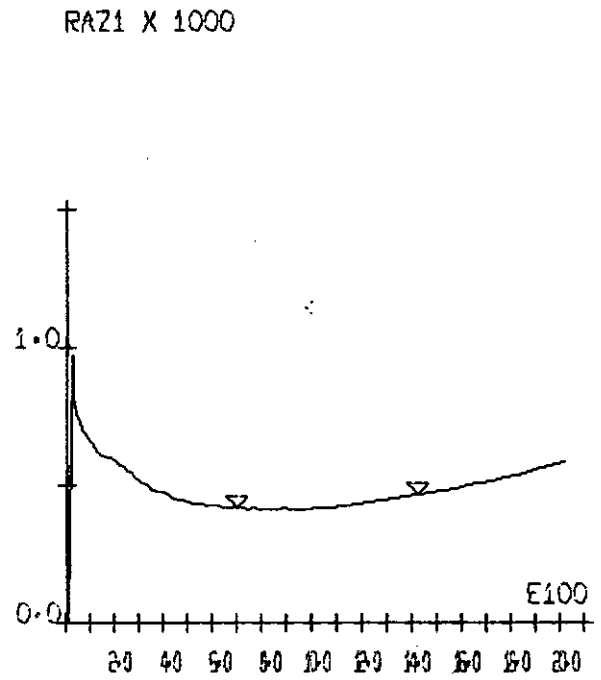
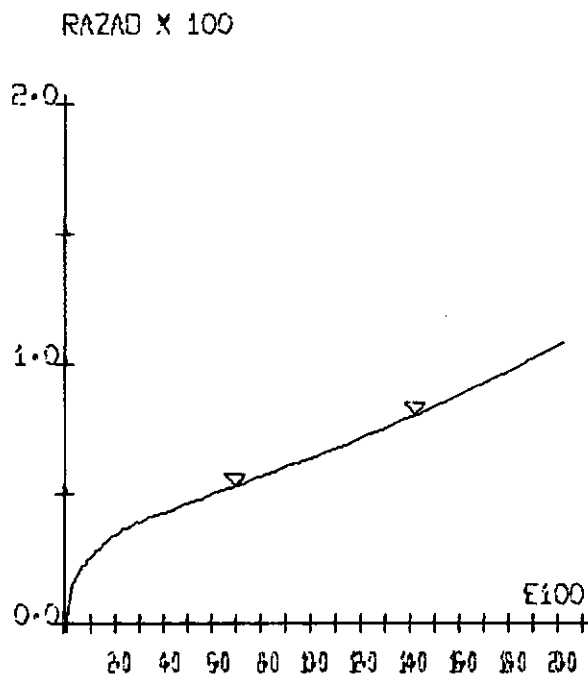


FIG. 27-1

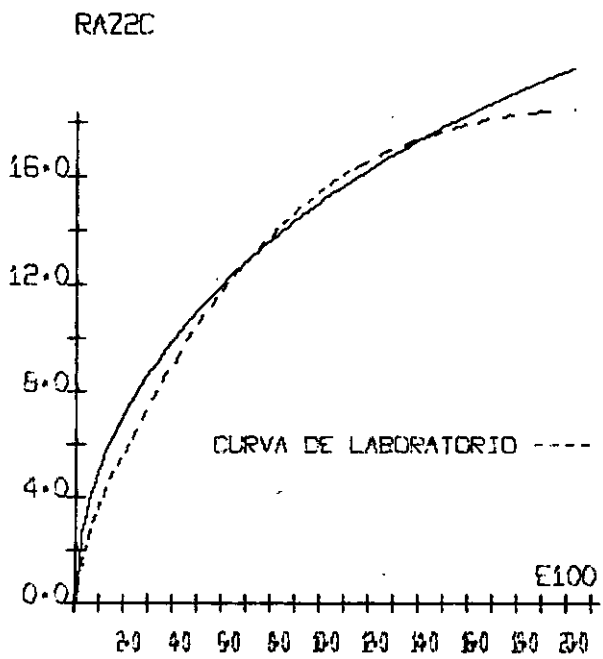
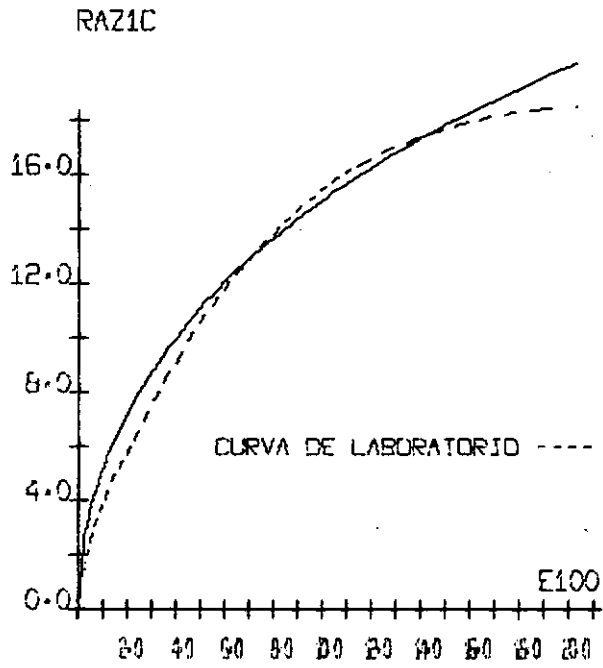
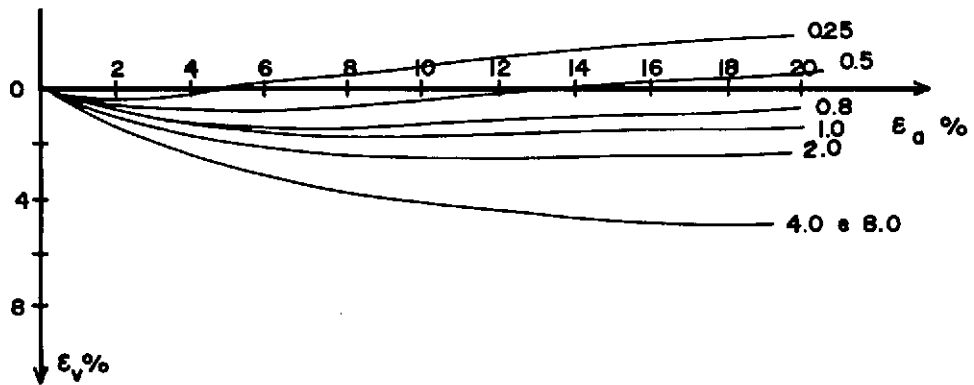
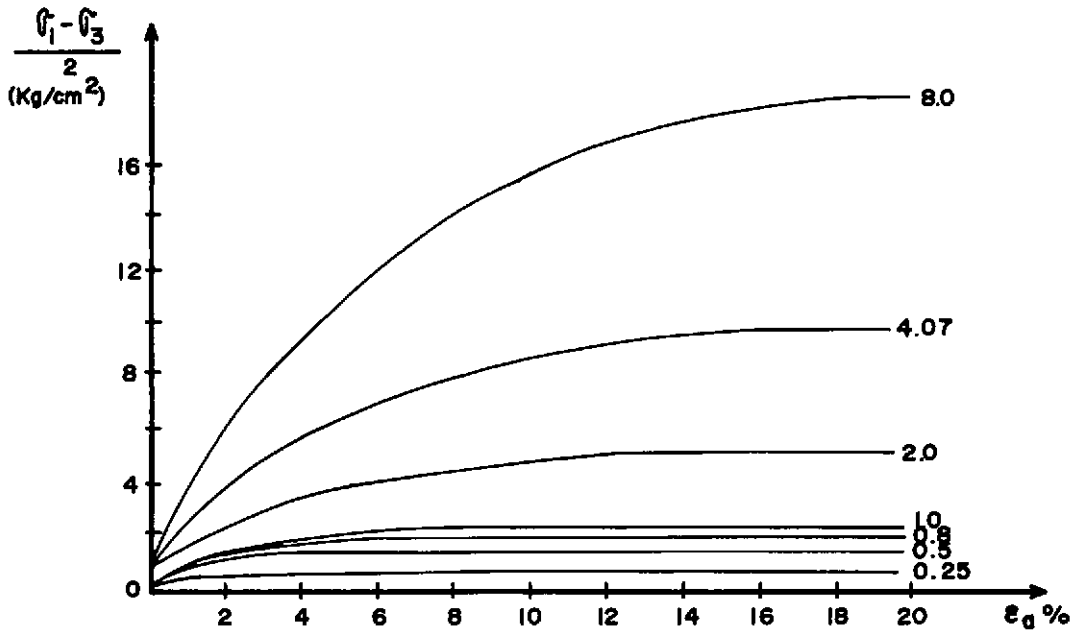


FIG. 28-1



Os números ao lado de cada curva são os valores das pressões confinantes (Kg/cm^2).

Fig. 29

interior da amostra saturada. Essas variações plotadas contra deformações axiais mostradas na Figura 29, estão de acordo com o exposto no item 3.1.2 para os ensaios não-drenados, ou seja, para pressões confinantes baixas, a tendência do solo a dilatare durante o processo do cisalhamento provoca o desenvolvimento de pressões neutras negativas, no caso do ensaio não-drenado; quando a drenagem é permitida ocorre um aumento de volume do corpo de prova e vice-versa para pressões altas.

3.2.3 - Gráficos Para Obtenção de Parâmetros Hiperbólicos

Nas Figuras 30 e 31, encontram-se os gráficos para obtenção dos parâmetros hiperbólicos K , n , G , F , os de Lade L e q , e os parâmetros de resistência ao cisalhamento c' e ϕ' . Para obtenção de c' e ϕ' , utilizou-se o diagrama $p' \times q$ de Lambe, usando-se o método dos mínimos quadrados para interpolação da reta entre os pontos, procedimento idêntico ao empregado em outros gráficos em que se fazia necessária uma interpolação linear. Os parâmetros R_f , d e m foram obtidos por média aritmética. Os gráficos e cálculos foram executados pelo programa automático LIN5 cuja listagem pode ser consultada no Apêndice V.

3.2.4 - Módulos E_{ur}

Foram feitos descarregamentos nos ensaios com os corpos de prova D3 e D4 na faixa de 20% de deformação axial, obtendo-se módulos de descarregamento-recarregamento duas vezes maior que o módulo inicial (Figuras 32 e 33). Usando-se o mesmo parâmetro n do carregamento primário obtém-se $K_{ur} \cong 300$.

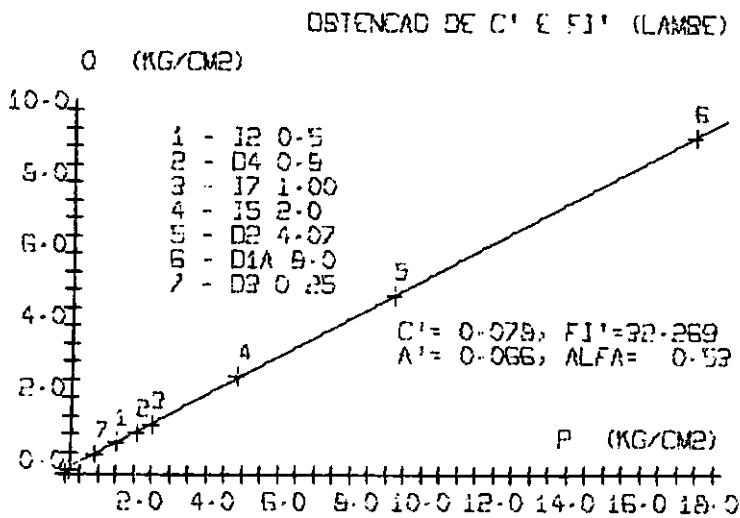
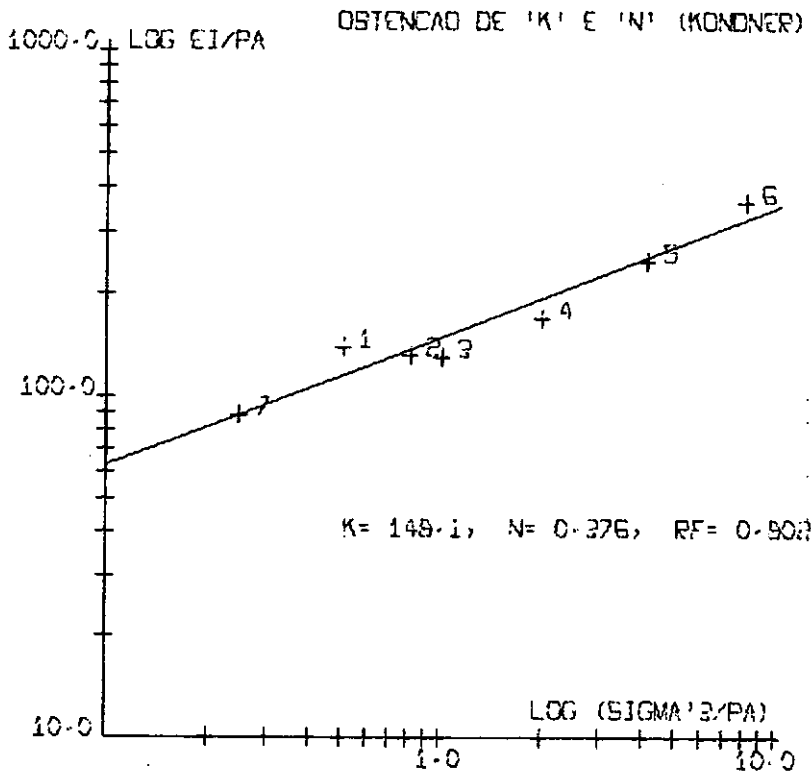


FIG. 30

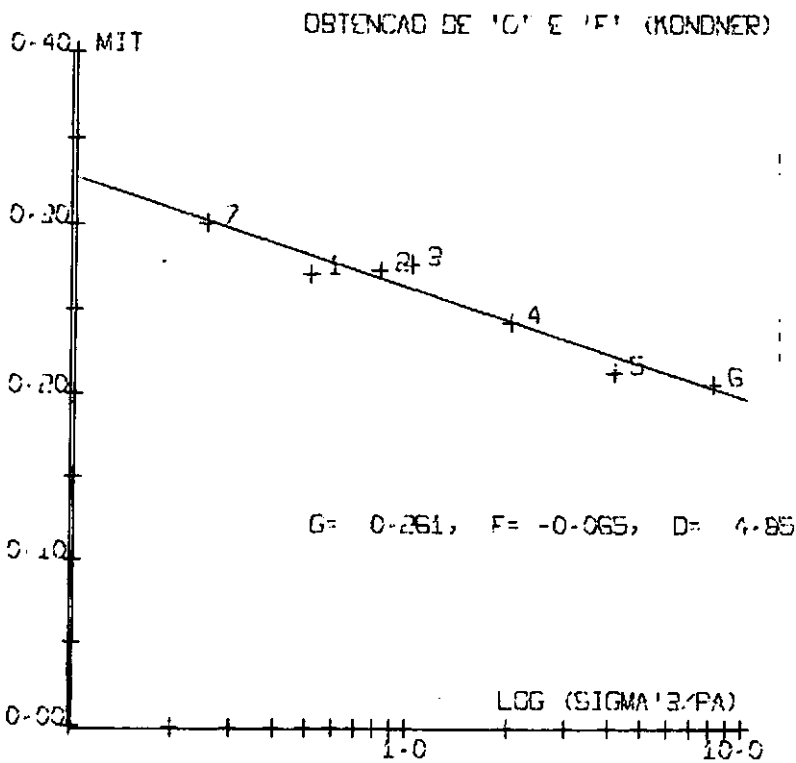
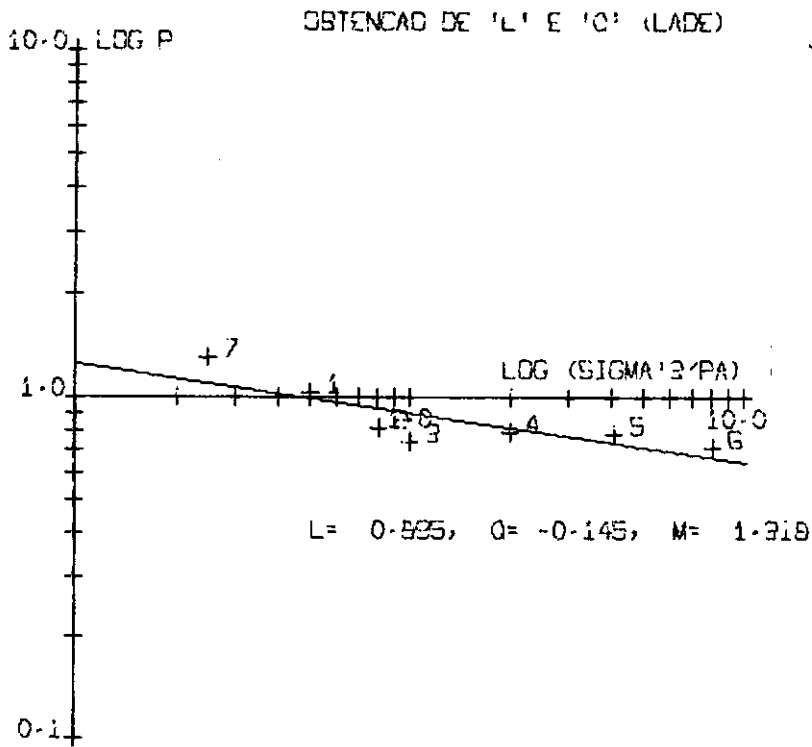


FIG. 31

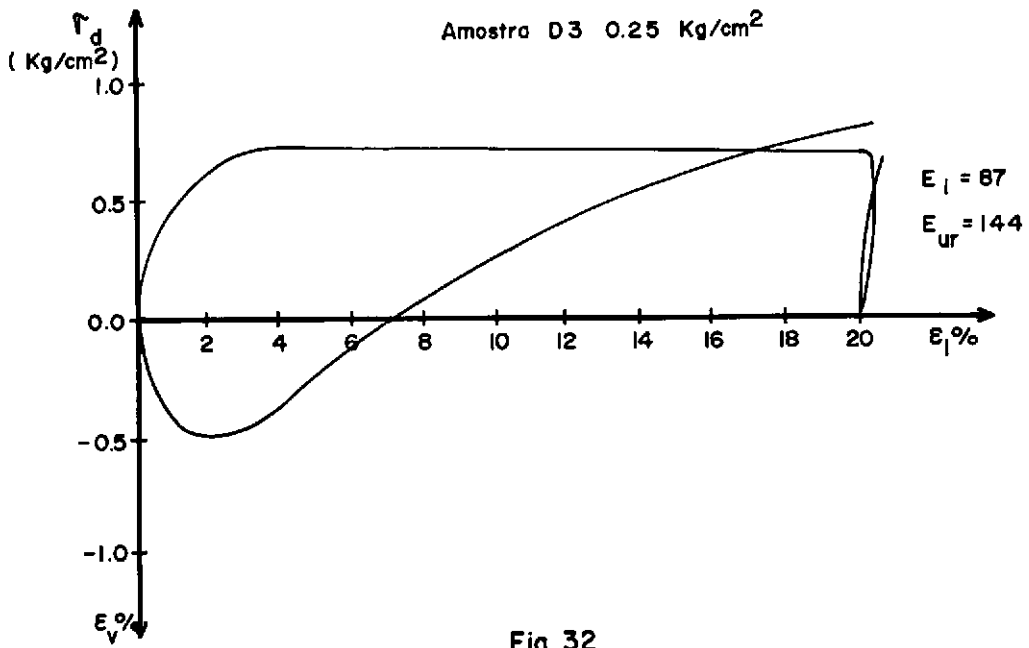


Fig. 32

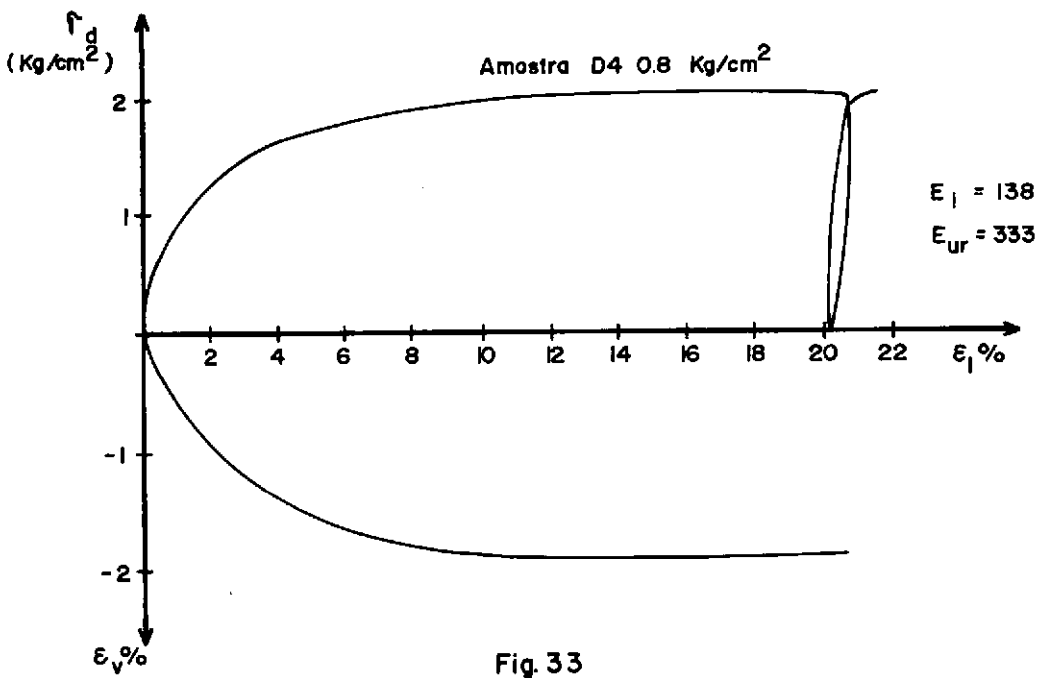


Fig. 33

ANÁLISE DOS RESULTADOS

4

4.1 - ENSAIOS NÃO-DRENADOS

Conforme foi visto, as curvas tensão-deformação não puderam ser representadas por hipérboles, mesmo quando se tentou concordar essas curvas em pontos correspondentes a 1 e 3% de deformação. Isso pode ser feito automaticamente com uma pequena adaptação no programa LIN3. Nesse caso, obtiveram-se parâmetros R_f bem maiores que 1 (Lacerda, Dias e Peixoto, 1974). Plotando-se os \bar{A}_f versus pressão confinante pelos dois critérios de rotura, obtem-se a Figura 23. Essa figura nos mostra serem os valores de \bar{A}_f menores para o caso das amostras horizontais. Não podemos afirmar com isso a existência de uma anisotropia, não somente devido aos poucos ensaios executados com amostras horizontais, mas também pela dispersão verificada quando se consideram todos os ensaios executados. Por exemplo, temos as en

voltórias totais e efetivas desenhadas na Figura 16, onde plotamos os resultados dos ensaios com amostras horizontais ao lado de valores obtidos com amostras verticais. Não seria, entretanto, de estranhar-se uma anisotropia no solo desse tipo, onde se tem grãos de quartzo e feldspato alongados e grande quantidade de partículas de mica. Um estudo feito por Oda (1972) relata a ocorrência de anisotropia em areias com formas de grãos que se afastam do tipo esférico.

Para os módulos E_i plotados versus pressão confinante, em escala logarítmica, verifica-se também um afastamento do comportamento linear, necessário à determinação do n , quando se consideram todas as amostras ensaiadas.

A solução empregada consistiu em escolherem-se as amostras que melhor se enquadraram no critério de Mohr-Coulomb, na faixa de pressões 0,5 - 3,5 Kg/cm², tendo sido estes portanto, os resultados apresentados para os ensaios não-drenados (Figura 24).

4.2 - ENSAIOS DRENADOS

As curvas tensão-deformação puderam ser representadas por hipérboles, havendo boa concordância entre os valores

teóricos e experimentais para deformações de até 5%. Nas pressões confinantes baixas foram obtidas curvas características de areia compacta, resultando em parâmetros R_f maiores e vice-versa para pressões confinantes altas.

A envoltória de Mohr-Coulomb contém todas as amostras ensaiadas, não tendo havido praticamente discordância do critério $\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \phi$. O mesmo não pode ser dito com relação às interpolações para obtenção dos parâmetros de variação de volume, pois os pontos correspondentes à pressão confinante de 1 Kg/cm^2 se afastaram notadamente da reta que seria ideal para interpolação entre as pressões altas e baixas usadas nos ensaios (Figura 31).

CONCLUSÕES E SUGESTÕES

5

5.1 - CONCLUSÕES

- 5.1.1 - A formulação hiperbólica representa muito bem o comportamento tensão-deformação, sob condição de carregamento primário e drenagem livre, em ensaios triaxiais, para o solo ensaiado.
- 5.1.2 - Para o caso dos ensaios não-drenados o solo não apresenta curvas tensão-deformação que possam bem ser representadas por hipérboles.
- 5.1.3 - Para o caso do coeficiente de Poisson tangente a formulação exponencial de Nobari representa melhor a forma da curva do que a hiperbólica de Duncan.

5.1.4 - Os módulos de elasticidade iniciais e K são cerca de sete vezes maiores para os ensaios com σ_3 decrescente, quando comparados com os ensaios em que σ_3 permanece constante e σ_1 cresce. O parâmetro R_f é menor no caso de σ_3 constante, sendo praticamente 1, no caso de σ_3 decrescente. Esses resultados foram semelhantes aos obtidos por Yudhbir e Varadarajan (1974) para uma argila normalmente adensada, sendo que os módulos iniciais e K diferiram em cerca de 5 vezes e R_f passou de 0,59 a 0,93. No caso do parâmetro n tivemos 0,49 para os ensaios com σ_3 constante e 0,55 para σ_3 decrescente, enquanto que no mesmo trabalho acima citado consta 0,897 e 0,475, respectivamente.

5.1.5 - As dispersões dos resultados de ensaios são sensivelmente maiores no caso desse solo natural, quando se compara com a obtenção do parâmetro com solos compactados em laboratório (Lacerda, Dias e Peixoto, ISEBramef, 1974).

5.2 - SUGESTÕES

- 5.2.1 - Utilizar blocos indeformados já moldados "in-situ" a diferentes ângulos de inclinação com o plano horizontal e estudar detalhadamente a anisotropia.

- 5.2.2 - Mediante a utilização dos programas de computador aqui apresentados fazer um resumo dos parâmetros encontrados nos ensaios triaxiais executados em diversos solos brasileiros. Os resultados serviriam para comparação do comportamento de solos parecidos, ensaiados em condições semelhantes, ou poderiam ser úteis na estimativa de alguns desses parâmetros, no caso de ter-se um número insuficiente de ensaios. Para isso os programas poderão ser estendidos de maneira a comparar os diversos parâmetros. Wong e Duncan (1974) apresentam resultados desse tipo para alguns solos pesquisados nos Estados Unidos.

BIBLIOGRAFIA

1. ALVARENGA, M.M.: Estrutura de Solos: Métodos de Observação. Tese de M.Sc., COPPE/UFRJ, 1974.
2. AMORIM, W.M.: Contribuição ao Estudo das Argilas Orgânicas de Pernambuco. Tese de M.Sc., COPPE/UFRJ, 1975.
3. BISHOP, A.W. e HENKEL, D.J.: The Measurement of Soil Properties in the Triaxial Test. Ed. Arnold, London, 1962.
4. BOWLES, J.E.: Engineering Properties of Soils and their Measurement. McGraw-Hill Book Co., New York, 1970.
5. CHANG, C. e DUNCAN, J.M.: Analysis of Soil Movement Around a Deep Excavation. ASCE, Geotechnical Engineering Division, September, 1970.
6. DIAS, P.H.: Tese de M.Sc., em preparação na COPPE/UFRJ.

7. GAUDU, R.D. e MAHÉ, A.M.: Ensaios Triaxiais. Programa de Computação Eletrônica, COPPE/UFRJ, Publicação nº 4.70, 1970.
8. JANBU, N.: Soil Compressibility as Determined by Oedometer and Triaxial Tests. Proc. European Conference on Soil Mechanics and Foundation, 1963, Weisbaden, Vol. 1, p. 19.
9. KONDNER, R.L.: Hyperbolic Stress Strain Response: Cohesive Soils. ASCE, Geotechnical Engineering Division, February, 1963.
10. KONDNER, R.L. e ZELASKO, J.S.: A Hyperbolic Stress Strain Formulation for Sands. II COPAMSEF, p. 290, 1963.
11. KULHAWY, F.H.; DUNCAN, J.M. e SEED, H.B.: Finite Element Analysis of Stresses and Movements in Embankments During Construction. Report nº TE69-4, Office of Research Services, University of California, Berkeley, California.
12. LACERDA, Dias e PEIXOTO: Estudo dos Parâmetros de Solos para Análise por Elementos Finitos. 1ª SEBRAMEF, p. 85, COPPE/UFRJ, 1974.
13. LADE, P.V.: The Stress-Strain and Strength Characteristics of Cohesionless Soils. Tese de Ph.D., University of California, Berkeley, 1972.

14. LAMBE, T.W.: Soil Testing for Engineers. John Wiley & Sons, New York, 1951.
15. LAMBE, T.W. e WHITMAN, R.V.: Soil Mechanics. Wiley International Edition, 1969.
16. NOBARI, E.S.: Effect of Reservoir Filling on Stresses and Movements in Earth and Rockfill Dams. Tese de Ph.D., University of California, Berkeley, 1971.
17. ODA, M.: Initial Fabrics and their relations to Mechanical Properties of Granular Material. Japanese Society of S.M.F.E., Vol. 12, nº 1, p. 17, March 1972.
18. RÉMY, J.P. e FUJII, J.: A Influência da Escavação das Lameas de Paredes Diafragma no Recalque das Estruturas Adjacentes. V Congresso Panamericano de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações, Vol. I, p. 425, Buenos Aires, 1975.
19. TAYLOR, D.W.: Fundamentals of Soil Mechanics. Wiley International Edition, 1948.
20. TODRES, H.A. e CLAUS, K.A.: Particle Size Analysis of Clay-Containing Soils. Fifth Regional Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Angola, August 1971.

21. TSUTSUMI, M.: Simulação de Escavação Escorada por Meio de Elementos Isoparamétricos. Tese de M.Sc., COPPE/UFRJ, 1975.
22. VESIC, A.S.: Bearing Capacity of Shallow Soundations. Foundation Engineering Handbook, Van Nostrand Reinhold, 1975.
23. WERNECK, M.L.G.: Contribuição ao Estudo de Relações Tensão-Deformação em Solos Residuais Compactados. Tese de M.Sc., COPPE/UFRJ, 1971.
24. WONG, K.S. e DUNCAN, J.M.: Hyperbolic Stress-Strain Parameters for Nonlinear Finite Element Analysis of Stresses and Movements in Soil Masses. Report TE-74-3, University of California.
25. YUDHBIR e VARADARAJAN, A.: Lateral Earth Pressure Analysis Using Relevant Soil Modulus. Japanese Society of S.M.F.E., Vol. 14, Nº 2, p. 89, 1974.

A.1

DESCRIÇÃO DA APARELHAGEM

Na execução dos ensaios com deformação controlada foram utilizadas prensas WYKEHAM FARRANCE e para os ensaios com tensão controlada usou-se bancadas RONALD TOP. Em ambos os casos, foi sempre utilizada uma célula triaxial WYKEHAM FARRANCE para amostras de até 2". A pressão hidrostática aplicada à amostra era regulada por meio de polos de mercúrio colocados a alturas variáveis, conforme o sistema WYKEHAM FARRANCE. As medidas de pressão neutra na amostra durante o ensaio, assim como a medição do parâmetro B durante a saturação, foram feitas com uma célula KYOWA com capacidade máxima de 12 Kg/cm². A força axial imposta à amostra nos ensaios com deformação controlada foi medida por meio de células de carga KYOWA com capacidades máxi

mas de 100, 500 e 1000 Kg. As leituras das células de carga e de pressão neutra foram feitas com aparelhos denominados "strain indicator", cujas constantes em Kg/div e Kg/cm²/div, respectivamente, eram obtidas, previamente, mediante calibrações. Havia disponibilidade de três marcas de "strain indicator"; BLH, KYOWA e VISHAY. Foi utilizado também um manômetro marca BROADHEATH que media a pressão devida aos potes de mercúrio. Este manômetro foi calibrado com alturas de mercúrio.

A.2

PROGRAMA LIN3

Cartões de Entrada:

1º Cartão: FORMAT (3 F10.8, 5 F10.4)

- 1º campo: Constante do anel ou da célula de carga
 (Kg/div);
- 2º campo: Constante do transdutor de pressão neutra
 (Kg/cm²/div);
- 3º campo: Constante da bureta (cm³/div);
- 4º campo: Altura inicial do corpo de prova (cm);
- 5º campo: Diâmetro inicial do corpo de prova (cm);
- 6º campo: Variação da bureta devida ao adensamento (div);
- 7º campo: Diminuição da altura devida ao adensamento (cm);
- 8º campo: Pressão de adensamento (Kg/cm²).

2º Cartão: FORMAT (18A4, F7.2, 11)

1º campo: Comentários (coluna 1 a 72)

2º campo: Contra-pressão (Kg/cm^2)

3º campo: Perfura-se o número 1 se os dados obedecerem
à ordem: leitura do defletômetro, leitura do
anel, leitura do transdutor de pressão neutra.
FORMAT (F10.5, 10X, 2F10.5).

Perfura-se qualquer outro número se os dados
forem perfurados na mesma ordem que a anterior
or, porém, utilizando-se todos os campos do
cartão. Perfurando-se o primeiro cartão de
dados, por exemplo, inicia-se o segundo carta
tão com a leitura do transdutor de pressão neutr
a.

FORMAT (8F10.5).

3º Cartão: FORMAT (F10.5)

Perfurando-se qualquer número diferente de zero ler-se-ã
os gráficos numa escala compatível com o tamanho do papel
exigido para impressão da tese. Colocando-se um cartão
em branco, todo o espaço disponível da folha do computad
dor será utilizado, obtendo-se os desenhos numa escala maior
or.

{Massa de dados - FORMAT (Ver 2º cartão)

Os últimos dados de um ensaio devem ser seguidos do valor 9000 perfurado no campo correspondente à leitura do defletômetro. Se fôr o último ensaio, ao cartão perfurado com 9000 deve seguir um cartão em branco.

Esse programa encontra-se gravado no disco 1E36, utilizado pelo computador IBM-1130 do Núcleo de Computação Eletrônica (NCE). O PLOTTER utiliza duas folhas por ensaio e um tempo de aproximadamente 10 minutos. Poderão ser utilizadas até 220 leituras de deformação axial.

*LIST ALL

*CNE WCRC INTEGERS

*IECS(2501READER,1403 PRINTER,PLOTTER,CARD)

C-- PRGRMA PARA MANIPULACAO DOS DADOS DO ENSAIO C-U

C-- ENSAIO DE SOLO - COPPE - 04.11.73

C-- GRUPO I* ABEL,EVALDO, NARDI, PEDRO, PEIXOTO

C-- H0 - ALTURA INICIAL DO CORPO DE PROVA (CM)

C-- D0 - DIAMETRO INICIAL DO CORPO DE PROVA

C-- KANEL - CONSTANTE DO ANEL DINAMOMETRICO

C-- KEUR1 - CONSTANTE DA BURETA 1 - (CM3/DIV)

C-- KEUR2 - CONSTANTE DA BURETA 2

C-- AV1 - VARIACAO DE VOLUME NO ADENSAMENTO

C-- E1 - DIMINUICAO DA ALTURA NO ADENSAMENTO

C-- ACCR1 - AREA CORRIGIDA APOS O ADENSAMENTO

C-- A0 - AREA INICIAL DO CORPO DE PROVA

C-- V0 - VOLUME INICIAL DA AMOSTRA

C-----
 REAL KANEL,KEUR1,KPRES,LSAMP(220),LRING(220),LPOR(220),
 *NAME(18),NAMEP(10,2)
 DIMENSION PU(220),P1(220),PEF1(220),PEF3(220),ABARR(220),
 *RATIC(220),TEST(14),DEFOR(220),SAMP(220),RING(220),
 *PCRE(220),MANA(14),PA(14),EKOND(220),P(220),Q(220),
 *PI(20),Q1(20)

C-----
 FEDI=400.0
 FEDI1=800.0
 FEDI2=1000.0
 FEDI3=40.0
 FEDI4=12.5
 FEDI5=5.5
 FEDI6=5.6
 FEDI7=5.48
 MARK=5
 LESEN=8
 JJ1=0
 MCS=1

1072 CONTINUE

C--*****

C LEITURA DO ENSAIO

C--*****

READ(LESEN,029)KANEL,KPRES,KBUR1,H0,D0,AV1,E1,PCONS

029 FORMAT(3F10.8,5F10.4)

IF(KANEL)1700,1701,1700

1700 READ(LESEN,1100)(NAME(I),I=1,18),U0,MARA

READ(LESEN,001)EDITH

IF(EDITH)2,3,2

2 FEDI=280.0

FEDI1=600.0

FEDI2=700.0

FEDI3=28.0


```

      FEDI4=8.70
      FEDI5=4.0
      FEDI6=3.55
      FEDI7=7.53
      3 CONTINUE
1100 FCRMAT(18A4,F7.2,I1)
      NAMEP(MCS,1)=NAME(1)
      NAMEP(MCS,2)=NAME(2)
C--- LPCRE - LEITURA DO TRANSDUTOR DE PRESSAO NEUTRA
C--- LSAMP - LEITURA DO DEFL. DA AMOSTRA
C--- LRING - LEITURA DO DEFLECTOMETRO DO ANEL
C--- KPRES CONSTANTE DO STRAIN GAGE (PRESSAO NEUTRA)
      IF(MARA-1)6000,6001,6000
6000 K=1
7001 N=3
      004 REAC(LESEN,001)(PU(I),I=1,8)
      001 FCRMAT(8F10.5)
      00 C12 I=1,8
      N=N+1
      IF(PL(I)-9000.0)C12,7000,012
      012 P1(N-3)=PU(I)
      I=I-1
      IF(N-27)004,7000,004
7000 00 060 II=4,N,3
      LSAMP(K)=P1(II-3)
      LRING(K)=P1(II-2)
      LPCRE(K)=P1(II-1)
      060 K=K+1
      IF(PU(I)-9000.0)7001,6006,7001
6006 K=K-2
      00 TC 6005
6001 00 6003 I=1,220
      REAC(LESEN,6002)LSAMP(I),LRING(I),LPCRE(I)
6002 FCRMAT(F10.5,10X,2F10.5)
      IF(LSAMP(I)-9000.0)6003,6004,6003
6003 CONTINUE
6004 K=I-1
6005 00 1061 I=1,K
      SAMP(I)=LSAMP(I)-LSAMP(1)
      RING(I)=LRING(I)-LRING(1)
      1061 PCRE(I)=LPORE(I)-LPORE(1)
C---*****
C--- F1 - FORCA TOTAL NA AMOSTRA
C--- PU - PRESSAO NEUTRA DURANTE O ENSAIO
C--- A2 - AREA CORRIGIDA DURANTE O ENSAIO
C--- PEF1 - PRESSAO EFETIVA AXIAL
C--- ABARR - COEF. DE PRESSAO NEUTRA
C--- H1 - ALTURA CORRIGIDA APOS O ADENSAMENTO
C-----
C      CALCULO DO ENSAIO

```

```

C-----
  AV1=AV1*KBUR1
  AO=3.14*CO**2./4.
  VO=AC*H0
  ACCR1=(AC*(1.-AV1/VO))/(1.-E1/H0)
  CC 006 I=1,K
  F1=RING(I)*KANEL
  PU(I)=PORE(I)*KPRES
  H1=H0-E1
  A2=ACOR1/(1.-SAMP(I)/(H1*10.0))
C--- P1 - PRESSAO DESVIO TOTAL NA AMOSTRA
  P1(I)=F1/A2
  PEF1(I)=P1(I)-PU(I)+PCONS
C--- PCONS - PRESSAO DE ADENSAMENTO (KG/CM2)
  PEF3(I)=PCONS-PU(I)
  DEFOR(I)=(SAMP(I)*0.1)/H1
  IF(P1(I))2099,2100,2099
2100 EKOND(I)=0.
  GC TC 2098
2099 EKOND(I)=DEFOR(I)/P1(I)
2098 P(I)=P1(I)/2.0
  Q(I)=(PEF1(I)+PEF3(I))/2.0
  RATIO(I)=PEF1(I)/PEF3(I)
  DEFOR(I)=DEFOR(I)*100.0
  IF(P1(I)-P1(1))027,028,027
  027 ABARR(I)=(PU(I)-PU(1))/(P1(I)-P1(1))
  GC TC 006
  028 WRITE(MARK,150)
  150 FORMAT(70X'DIV/ZERO')
  ABARR(I)=0.
  006 CONTINUE
  CC 1082 J=1,7
  JJ=J+7
  MANA(J)=1
  MANA(JJ)=1
  GC TC(1083,1084,1085,1086,1180,1087,1088),J
1083 CCNTC=P1(1)
  GC TC 1089
1084 CCNTC=RATIO(1)
  GC TC 1089
1085 CCNTC=ABARR(1)
  GC TC 1089
1086 CCNTC=PU(1)
  GC TC 1089
1180 CCNTC=EKOND(1)
  GC TC 1089
1087 CCNTC=PEF1(1)
  GC TC 1089
1088 CCNTC=PEF3(1)
1089 CCNTA=CCNTC

```

```

      CC 1080 I=1,K
      GC TC(1090,1091,1092,1093,1181,1094,1095),J
1090 PA(J)=P1(I)
      GC TC 1096
1091 PA(J)=RATIC(I)
      GC TC 1096
1092 PA(J)=ABARR(I)
      GC TC 1096
1093 PA(J)=PU(I)
      GC TC 1096
1181 PA(J)=EKOND(I)
      GC TC 1096
1094 PA(J)=PEF1(I)
      GC TC 1096
1095 PA(J)=PEF3(I)
1096 PA(JJ)=PA(J)
      IF(CCNTN-PA(JJ))3081,3080,3080
3080 CCNTN=PA(JJ)
      MANA(JJ)=I
3081 CCNTINUE
      IF(CCNTN-PA(J))1081,1080,1080
1081 CCNTC=PA(J)
      MANA(J)=I
1080 CCNTINUE
      PA(J)=CONTO
      PA(JJ)=CONTN
1082 CCNTINUE
      I=MANA(2)
      FI(MCS)=P(I)
      Q1(MCS)=Q(I)
      I=MANA(1)
      FI(MCS+10)=P(I)
      Q1(MCS+10)=Q(I)+PU(I)
      MCS=MCS+1
      CC 2601 I=1,K
      IF(DEFOR(I)-1.0)2601,2602,2602
2601 CCNTINUE
2602 IF((DEFOR(I)-1.0)-(1.0-DEFOR(I-1)))2603,2604,2604
2603 IINI=I
      GC TC 2605
2604 IINI=I-1
2605 CC 2606 I=1,K
      IF(DEFOR(I)-3.0)2606,2608,2608
2606 CCNTINUE
2608 IF((DEFOR(I)-3.0)-(3.0-DEFOR(I-1)))2607,2609,2609
2607 IFIP=I
      GC TC 2611
2609 IFIP=I-1
2611 CCNTINUE
      B=(EKOND(IFIM)-EKOND(IINI))/(DEFOR(IFIM)-DEFOR(IINI))*0.01

```

```

*)
A=EKCND(IINI)-B*(DEFOR(IINI)*0.01)
TAN=1./A
ULT=1./B
RF=PA(1)/ULT
EC 1200 I=1,7
IAC=I+7
LLL=MANA(IAC)
TEST(IAD)=DEFOR(LLL)
LL=MANA(I)
1200 TEST(I)=DEFOR(LL)
-----
C IMPRESSAO DOS RESULTADOS
-----
WRITE(MARK,030)
030 FORMAT('1',120('**'),/,1X,'**',65X,'**',40X,'***',9X,'**',/,
* * RESULTADOS DO TRIAXIAL C-L * *,36X,'**',40X,'***',9X,'**',
*/,* *,65X,'**',40X,'***',9X,'***',/,92('**'),15X,'**',9X,'***'
*,/, ' ',17X,'**',71X,'**',16X,'***',9X,'***')
WRITE(MARK,032)KANEL,KPRES,KBUR1,(NAME(I),I=1,18)
032 FORMAT(' * CARACTERISTICAS * CONSTANTE DO ANEL= ',F10.8,
*,KG/DIV)',33X,'**',16X,'***',9X,'***',/, ' * DO APARELHO',5X,
* * CCNSTATE DO TRANSDUTOR DE PRESSAO NEUTRA= ',F10.8,' (KG/
*,'/CM2/DIV)',5X,'**',16X,'***',9X,'***',/, ' ',17X,'* CONSTAN
*,'TE DA BURETA 1= ',F10.8,' (CM3)',31X,'**',16X,'***',9X,'***'
*,/, ' ',17X,'**',18A4,16X,'***',9X,'***')
WRITE(MARK,033)HC,DO
033 FORMAT(' **',17X,'**',71X,'**',16X,'***',9X,'**',/,1X,91('**'),1
*6X,13('**'),/, ' ',12X,'**',55X,'**',/, ' * DADOS PARA * ALTU',
*RA DO CORPO DE PROVA= ',F5.2,' (CM)',18X,'**',/, ' * O',5
*X,'* DIAMETRO ' ', ' ' ' ' ' ' = ',F5.3,' (CM)',18X,
* **')
WRITE(MARK,034)AV1,E1,PCONS,UC
034 FORMAT(' * ENSAIO * DIMINUICAO DO VOLUME NO ADENSAMEN',
*,TC= ',F5.1,' (CM)',7X,'**',/, ' ',12X,'* DIMINUICAO DA AL',
*ITURA NO ADENSAMENTO= ',F5.3,' (CM)',7X,'**',/, ' ',12X,
* * PRESSAO DE PRE-ADENSAMENTO= ',F3.1,' (KG/CM2)',14X,'**',/
*, ' ',12X,'* CONTRA-PRESSAO= ',F4.2,' (KG/CM2)',25X,'**',/
*, ' ',12X,'**',55X,'**',/,71('**'),/,34('-'),87('**'))
WRITE(MARK,038)
038 FORMAT(' I',31X,'I*',85X,'**',/, ' I DADOS OBTIDOS DO EN',
*,SAIC I',34X,'CALCULO DO ENSAIO',34X,'**',/, ' I',31X,
*,I',85X,'**',/,34('-'),87('**'),/, ' I',5X,'I',7X,2('I',8X),
*,I',8(8X,'**'),2(6X,'**'),/, ' I I I LSAMP I LRING I LPO',
*,RE I* DESV. * SIGM1** * SIGM3** * DELT.U * ABARRA * 1**'
*,'/2,' * E1 C/O * KONDN. * 1-3 * 1+3 *')
WRITE(MARK,8042)
8042 FORMAT(' I',5X,'I',7X,2('I',8X), 'I*',8(8X,'**'),2(6X,'**'),/,
*,34('-'),87('**'))

```

```

1182 CONTINUE
    SCAF1=0.01*INFER
    SCAF2=KNELT*C.01
    CALL SCALF(SCAF1,SCAF2,0.,0.)
    SCAF3=0.
    IF(PA(IV))1400,1401,1401
1400 KNELT=FEDI3/(PA(III)-PA(IV)+2)
    SCAF2=KNELT*C.1
    SCAF3=PA(IV)-1
    CALL SCALF(SCAF1,SCAF2,0.,SCAF3)
    IGR13=(-PA(IV)+1)*2
    CALL FGRID(3,0.0,0.0;0.5,IGR13)
    IGR12=IGR13/2
    FCHA3=-0.52/SCAF1
    MAN=C
    CC 1402 I=1,IGR13
    MAN=MAN-1
    AMAM=MAN
    CALL FCHAR(FCHA3,AMAM,C.08,0.09,C.)
1402 WRITE(7,692)AMAM
1401 CONTINUE
    IGR14=DEFOR(K)+1
    CALL FGRID(0,0.,0.,1.0,IGR14)
    MAN=0
    IGR14=IGR14/2
    FCHA1=-0.25/SCAF2
    FCHA7=0.2*SCAF1
    CC 080 I=1,IGR14
    MAN=MAN+2
    AMAM1=MAN-0.4
    AUCI=MAN*1.0
    CALL FCHAR(AMAM1,FCHA1,FCHA7,0.1,0.)
694 FORMAT(F4.1)
080 WRITE(7,694)AUCI
    IF(PA(III)-10.0)500,501,501
500 IGR12=(PA(III)+1)*2
    CALL FGRID(1,0.0;0.0;0.5,IGR12)
    MAN=1
    GO TO 509
501 IF(PA(III)-40.0)502,503,503
502 IGR12=(PA(III)+1)/2
    CALL FGRID(1,0.0,0.0,2.0,IGR12)
    MAN=4
    GO TO 509
503 IF(PA(III)-80.0)504,505,505
504 IGR12=(PA(III)+1)/4
    CALL FGRID(1,0.0;0.0,4.0,IGR12)
    MAN=8
    GO TO 509
505 IF(PA(III)-160.0)2111,2112,2112

```

```

      WRITE(MARK,039)(I,LSAMP(I),LRING(I),LPORE(I),P1(I),PEF1(I),
      *PEF3(I),PU(I),ABARR(I),RATIO(I),DEFOR(I),EKOND(I),P(I),Q(I)
      *,I=1,K)
039  FORMAT(' I',I4,' I',F6.2,' I',F7.1,' I',F7.1,' I*',F7.3,
      *',F7.3,' *',F7.3,' *',F7.3,' *',F7.3,' *',F7.3,' *',F7.3
      *',F7.4,' *',F5.2,' *',F5.2,' *')
      WRITE(MARK,8043)
8043  FORMAT(32(' '),89('*'),/,78('*'),/, ' * PARAMETROS',8X,'*',3
      *X,'MAXIMO',3X,'* DEFORMACAO ',3X,'MINIMO',3X,'* DEFOR',
      *MACAC ',/,1X,77('*'))
      WRITE(MARK,1097)(PA(J),TEST(J),PA(J+7),TEST(J+7),J=1,3)
1097  FORMAT(' * TENSAC DESVIO',5X,'*',F8.2,4X,'*',F10.2,4X,
      *',F8.2,4X,'*',F10.2,4X,'*',/, ' * SIGMA'' 1/SIGMA'' 3 *',F
      *8.2,4X,'*',F10.2,4X,'*',F8.2,4X,'*',F10.2,4X,'*',/, ' * A ',
      *BARRA',11X,'*',F8.2,4X,'*',F10.2,4X,'*',F8.2,4X,'*',F10.2,
      *4X,'*')
      WRITE(MARK,2097)(PA(J),TEST(J),PA(J+7),TEST(J+7),J=4,7)
2097  FORMAT(' * PRESSAO NEUTRA',4X,'*',F8.2,4X,'*',F10.2,4X,'*',
      *F8.2,4X,'*',F10.2,4X,'*',/, ' * PAR. KOND',1,8X,'*',F8.2,4X,
      *',F10.2,4X,'*',F8.2,4X,'*',F10.2,4X,'*',/, ' * SIGMA'' 1',
      *10X,'*',F8.2,4X,'*',F10.2,4X,'*',F8.2,4X,'*',F10.2,4X,'*',/
      *',F10.2,4X,'*',F8.2,4X,'*',F10.2,4X,'*',F8.2,4X,'*',/
      *',F10.2,4X,'*',/,121('*'))
      WRITE(MARK,2610)TAN,ULT,RF,IFIM,IINI
2610  FORMAT(' * M. TANGENTE= ',F10.4,6X,' SIG. LLT.= ',F6.3,6X,
      *',RF= ',F6.4,6X,' IFIM= ',I3,6X,' IINI= ',I3,21X,'*',/,
      *121('*'))
C      PLCTER
C-+- PLCTER C-U EM UMA SO FOLHA
C      -----
      CC 5002 I=1,K
      IF(EKOND(I)-2.C)506,506,508
508  EKOND(I)=2.0
      PA(5)=2.0
506  CONTINUE
      IF(ABARR(I)-2.0)5002,5002,5000
5000  ABARR(I)=2.0
      PA(3)=2.0
5002  EKOND(I)=100.C*EKOND(I)
      CC 2000 III=1,5
      IV=III+7
      INFER=FEI/DEFOR(K)
      INFER=11.67
      KNELT=FEI/(PA(III)+1)
      IF(III-5)1182,1183,1182
1182  INFER=FEI1/DEFOR(K)
      INFER=25.
      PA(III)=PA(III)*100.C
      PA(IV)=PA(IV)*100.0
      KNELT=FEI2/(PA(III)+1)

```

```

2111 IGR12=(PA(III)+1)/8  

      CALL FGRID(1,C.0,0.0,E.C,IGR12)  

      MANN=16  

      GC TC 509  

2112 IF(PA(III)-320.0)8000,8001,8001  

8600 IGR12=(PA(III)+1)/16  

      CALL FGRID(1,C.0;0.0,16.0,IGR12)  

      MANN=32  

509 CONTINUE  

      IF(III-1)4005,4006,4005  

4605 IF(III-5)4007,4006,4007  

4606 FCHA4=FEDI4/SCAF2  

      CALL FCHAR(0.,FCHA4,C.1,C.15,C.)  

      WRITE(7,143)  

143 FORMAT('CCPPE/UFRJ' )  

      FCHA5=FCHA4-(1.0/(SCAF2*4.0))  

      CALL FCHAR(0.,FCHA5,C.1,C.15,C.)  

      WRITE(7,2050)(NAME(I),I=1,17)  

2050 FORMAT(17A4)  

      FCHA7=FCHA4-(0.5/SCAF2)  

      CALL FCHAR(0.,FCHA7,0.08,0.15,0.)  

      WRITE(7,2060)H0,C0,AV1,E1,PCONS,UO  

2060 FORMAT(' H0=',F4.1,',',' D0=',F4.1,',',' AV1=',F4.1,',',  

*,E1=',F5.3,',',' PCONS=',F3.1,',',' CONTRA PRESSAC=',F4.2)  

      FCHA9=FCHA4-(0.75/SCAF2)  

      CALL FCHAR(0.,FCHA9,0.1,C.1,C.)  

      WRITE(7,4009)  

4009 FORMAT('ORIENTADOR - WILLY A. LACERDA')  

4607 CONTINUE  

      IGR12=IGR12/2  

      FCHA2=-0.52/SCAF1  

      MAN=MANN*(IGR12+1)  

      IGR12=IGR12+1  

      CC 083 I=1; IGR12  

      MAN=MAN-MANN  

      AMAM=MAN  

      CALL FCHAR(FCHA2,AMAM,C.C8,0.09,C.)  

      IF(III-5)530,531,530  

531 AMAM=AMAM*0.01  

      WRITE(7,532)AMAM  

      GC TC 083  

530 WRITE(7,692)AMAM  

083 CONTINUE  

692 FORMAT(F6.1)  

532 FORMAT(F6.3)  

      FCHA6=(PA(III)+1)+0.25/SCAF2  

      FCH1=DEFCHR(K)-C.42/SCAF1  

      FCH2=0.15/SCAF2  

      GC TC(1300,1301,1302,1303,1309),III  

1300 CONTINUE

```

```

      CALL FPLCT(-2,0.,0.)
      EC 089 I=1,K
089  CALL FPLCT(0,DEFOR(I),P1(I))
      AMAM=PA(III)/2.
      AUCI=DEFOR(K)/2.0
      CALL FCHAR(ALDI,AMAM,C.08,0.11,C.)
      WRITE(7,510)
510  FCRMAT('CURVA TEORICA - - - - - ')
      CALL FPLCT(-2,0.,0.)
      EC 2612 I=1,K
      P1C=(DEFOR(I)*C.C1)/(A+B*(DEFOR(I)*0.01))
      MAN=I/2
      AUCI=I/2.0-0.2
      IF(AUCI-MAN)2613,2613,2612
2613 CALL FPLCT(1,DEFOR(I),P1C)
      CALL FPLCT(-2,DEFOR(I),P1C)
2612 CALL FPLCT(0,DEFOR(I),P1C)
      AMAM=PA(III)+0.05/SCAF2
      KNELT=MANA(III)
      CALL FCHAR(DEFOR(KNELT),AMAM,C.C8,0.C9,0.)
      WRITE(7,520)PA(III)
520  FCRMAT('MAX=',F6.3)
      CALL FCHAR(0.,FCHA6,C.1,C.15,C.)
      WRITE(7,1305)
      EC TC 1304
1301 CONTINUE
      CALL FPLCT(-2,C.,C.)
      EC 093 I=1,K
093  CALL FPLCT(0,DEFOR(I),RATIO(I))
      CALL FCHAR(0.,FCHA6,C.1,C.15,C.)
      WRITE(7,1306)
      EC TC 1304
1302 CONTINUE
      CALL FPLCT(-2,C.,C.)
      EC 095 I=1,K
095  CALL FPLCT(0,DEFOR(I),ABARR(I))
      CALL FCHAR(0.,FCHA6,C.1,C.15,C.)
      WRITE(7,1307)
      EC TC 1304
1303 CONTINUE
      CALL FPLCT(-2,0.,0.)
      EC 085 I=1,K
085  CALL FPLCT(0,DEFOR(I),PU(I))
      CALL FCHAR(0.,FCHA6,C.1,0.15,C.)
      WRITE(7,1308)
      EC TC 1304
1309 CALL FPLCT(-2,0.,0.)
      EC 1310 I=1,K
1310 CALL FPLCT(0,DEFOR(I),EKOND(I))
      CALL FCHAR(0.,FCHA6,C.1,C.15,C.)

```



```

WRITE(7,1211)
CALL FPLGT(-2,DEFOR(IINI),EKOND(IINI))
CALL POINT(3)
CALL FPLGT(1,DEFOR(IINI),EKOND(IINI))
CALL FPLGT(-2,DEFOR(IFIM),EKOND(IFIM))
CALL POINT(3)
1304 CCNTINUE
CALL FCHAR(FCH1,FCH2,0.07,0.08,C.)
WRITE(7,519)
519 FCRMAT('DEFGR.')
1305 FCRMAT('TENSAC DESVIO')
1306 FCRMAT('SIGMA'' 1/SIGMA'' 3')
1307 FCRMAT('A BARRA')
1308 FCRMAT('ACRESCIMO DE U')
1311 FCRMAT('E100/T. DESVIO')
8601 GC TC(4000,4001,4002,4003,4004),III
4000 AMAN=0.
SCAF3=(HEDI5/SCAF2)+SCAF3
GC TC 4008
4001 AMAN=HEDI6/SCAF1
GC TC 4008
4002 AMAN=0.
SCAF3=SCAF3-(HEDI5/SCAF2)
GC TC 4008
4003 AMAN=HEDI7/SCAF1
GC TC 4008
4004 AMAN=11.08/SCAF1
4008 CCNTINUE
CALL FPLGT(0,AMAN,SCAF3)
2000 CCNTINUE
GC TC 1072
1701 CCNTINUE
MAN=1
MACCN=1
MCSS=MCS-1
4200 F10=0.
C10=0.
I1=0
FC=0.
CC=0.
IC 4201 I=MACCN,MCSS
II=I1+1
F10=F10+PI(I)
C10=C10+C1(I)
PQ=PC+PI(I)*Q1(I)
4201 CC=CC+C1(I)**2
C-----
C
C CALCULO DE *TAN ALFA= SIN FI*
C

```

```

C-----
      FI=(II*PQ-P10*Q10)/(II*QQ-Q10**2)
      CCESC=(P10-FI*Q10)/II
      GC TC (8020,8021),MAN
8020 CCELW=COESO
      FIELW=FI
8021 CCTLW=COESO
      FITLW=FI
C-----
C
C      CALCULO DE 'COS FI'
C
C-----
      AMAM=1.0-FI**2
      AMAM=SQRT(AMAM)
C-----
C
C      CALCULO DE 'TAN FI'
      AUDI=FI/AMAM
C
C-----
C
C      CALCULO DA COESAO= C=C*/COS FI
      CCESC=COESO/AMAM
C
C-----
      FI=ATAN(AUDI)
      FI=(180./3.1416)*FI
      GC TC (4203,4204),MAN
4203 WRITE(MARK,4205)COESO,FI
4205 FORMAT(///,21('*'),5X,'CRITERIO SIGMA'1/SIGMA'3 MAXIMO',
*5X,20('*'),/,/,20X,'COESAO=',2X,F8.3,5X,'KG/CM2',5X,'FI=',F8
*.3,2X,'GRAUS')
      MACCN=11
      MAN=MAN+1
      MCSS=MCSS+10
      CCEEF=COESO
      FIEF=FI
      GC TC 4200
4204 WRITE(MARK,4207)COESO,FI
4207 FORMAT(///,21('*'),5X,'CRITERIO SIGMA 1 - SIGMA 3 MAXIMO',
*5X,20('*'),/,/,20X,'COESAO=',2X,F8.3,5X,'KG/CM2',5X,'FI=',F8
*.3,2X,'GRAUS')
      COETC=COESO
      FITC=FI
      CALL EXIT
      ENC

```

A.3

PROGRAMA LIN1

O primeiro e o segundo cartões de entrada de dados são i dênticos aos do PROGRAMA LIN3.

3º Cartão: FORMAT (F10.5)

As convenções são idênticas as do programa LIN3, porém, ao se colocar um cartão em branco, obter-se-ã apenas uma pequena ampliação em relação ao formato A4, empregado nas teses. A não utilização de todo o campo disponível da folha do computador é devida à necessidade de terem-se es calas iguais nos eixos horizontais e verticais, para uma melhor comparação de ϕ e ϕ' .

Seguem-se a massa de dados e as mesmas considerações feitas para o programa LIN3.

Obtem-se c e ϕ utilizando-se o diagrama $p \times q$ de Lambe, fazendo-se $\text{tg } \alpha \text{ (ALFA)} = \text{sen } \phi \text{ (sen FI)}$ e $c = \frac{A}{\cos \phi}$. São impressos pelo PLOTTER os valores de c e A em Kg/cm^2 , ALFA em radianos e ϕ (FI) em graus.

Ao lado de cada ponto plotado no diagrama $p \times q$ há um número que é repetido na parte superior da figura, associando-o ao nome do corpo de prova e à pressão confinante utilizada no ensaio. Para identificação do corpo de prova, utilizam-se os oito primeiros caracteres do 2º cartão de entrada de dados. O programa pode computar ensaios de até 220 leituras de deformação axial e até 10 ensaios para o cálculo de c e ϕ .

*LIST ALL

*CANE WORD INTEGERS

*IGCS(2501READER,1403PRINTER,CARD,PLOTTER)

C-4- PROGRAMA PARA MANIPULACAO DOS DADOS DO ENSAIO C-U

C-4- ENSAIOS DE SOLO - COPPE - 04.11.73

C-4- GRUPO 1* ABEL,EVALDO, NARDI, PEDRO, PEIXOTO

C-4- H0 - ALTURA INICIAL DO CORPO DE PROVA (CM)

C-4- D0 - DIAMETRO INICIAL DO CORPO DE PROVA

C-4- KANEL - CONSTANTE DO ANEL DINAMOMETRICO

C-4- KBUR1 - CCNSTANTE DA BURETA 1 - (CM3/DIV)

C-4- KBUR2 - CCNSTANTE DA BURETA 2

C-4- AV1 - VARIACAO DE VOLUME NO ADENSAMENTO

C-4- E1 - DIMINUICAO DA ALTURA NO ADENSAMENTO

C-4- ACCR1 - AREA CORRIGIDA APOS O ADENSAMENTO

C-4- AG - AREA INICIAL DO CORPO DE PROVA

C-4- VG - VOLUME INICIAL DA AMOSTRA

C-4- -----
 REAL KANEL,KBUR1,KPRES,LSAMP(220),LRING(220),LPORE(220),
 *NAME(18),NAMEP(10,2)
 DIMENSION PU(220),P1(220),PEF1(220),PEF3(220),ABARR(220),
 *RATIC(220),TEST(14),DEFOR(220),SAMP(220),RING(220),
 *PCRE(220),MANA(14),PA(14),EKOND(220),P(220),Q(220),
 *PI(20),Q1(20)

C-4- -----
 FEDI=400.0
 FEDI1=800.0
 FEDI2=1000.0
 FEDI3=40.0
 FEDI4=12.5
 FEDI5=5.5
 FEDI6=5.6
 FEDI7=5.48
 MARK=5
 LESEN=8
 JJI=C
 MCS=1

1072 CONTINUE

C-4-*****

C LEITURA DO ENSAIO

C-4-*****

READ(LESEN,029)KANEL,KPRES,KBUR1,H0,D0,AV1,E1,PCONS

029 FORMAT(3F10.8,5F10.4)

IF(KANEL)1700,17G1,17CC

1700 READ(LESEN,1100)(NAME(I),I=1,18),UG,MARA

READ(LESEN,001)ECITH

IF(ECITH)2,3,2

2 FEDI=280.0

FEDI1=600.0

FEDI2=700.0

FEDI3=28.0

```

      FFC14=8.70
      FFC15=4.0
      FFC16=3.55
      FFC17=7.53
3 CONTINUE
1100 FCRMAT(18A4,F7.2,I1)
      NAMEP(MCS,1)=NAME(1)
      NAMEP(MCS,2)=NAME(2)
C-4- LFGRE - LEITURA DO TRANSDUTOR DE PRESSAO NEUTRA
C-4- LSAMP - LEITURA DO DEFL. DA AMOSTRA
C-4- LRING - LEITURA DO DEFLECTOMETRO DO ANEL
C-4- KPRES CONSTANTE DO STRAIN GAGE (PRESSAO NEUTRA)
      IF(MARA-1)6000,6001,6000
6000 K=1
7001 N=3
      004 READ(LESEN,001)(PU(I),I=1,8)
      001 FCRMAT(8F10.5)
          CC 012 I=1,8
          N=N+1
          IF(PU(I)-9000.0)012,7000,012
      012 P1(N-3)=PU(I)
          I=I-1
          IF(N-27)004,7000,004
7000 CC C60 II=4,N,3
      LSAMP(K)=P1(II-3)
      LRING(K)=P1(II-2)
      LFGRE(K)=P1(II-1)
      060 K=K+1
      IF(PU(I)-9000.0)7001,6006,7001
6006 K=K-2
      CC TC 6005
6001 CC 6003 I=1,220
      READ(LESEN,6002)LSAMP(I),LRING(I),LFGRE(I)
6002 FCRMAT(F10.5,10X,2F10.5)
      IF(LSAMP(I)-9000.0)6003,6004,6003
6003 CONTINUE
6004 K=I-1
6005 EC 1061 I=1,K
      SAMP(I)=LSAMP(I)-LSAMP(1)
      RING(I)=LRING(I)-LRING(1)
1061 FCRE(I)=LFGRE(I)-LFGRE(1)
C-4-*****
C-4- F1 - FORCA TOTAL NA AMOSTRA
C-4- PU - PRESSAO NEUTRA DURANTE O ENSAIO
C-4- A2 - AREA CORRIGIDA DURANTE O ENSAIO
C-4- PEF1 - PRESSAO EFETIVA AXIAL
C-4- ABARR - CCEF. DE PRESSAO NEUTRA
C-4- H1 - ALTURA CORRIGIDA APOS O ADENSAMENTO
C-4-----
C      CALCULO DO ENSAIO

```

```

C-4-----
      AV1=AV1*KBUR1
      AC=3.14*CO**2./4.
      VO=A0*H0
      ACCR1=(A0*(1.-AV1/VO))/((1.-E1/H0)
      CC 006 I=1,K
      F1=RING(I)*KANEL
      PU(I)=PORE(I)*KPRES
      F1=F1-C-E1
      A2=ACCR1/((1.-SAMP(I))/(H1*10.C))
C-4- P1 = PRESSAO DESVIO TOTAL NA AMOSTRA
      F1(I)=F1/A2
      PEF1(I)=P1(I)-PU(I)+PCONS
C-4- PCONS = PRESSAO DE ADENSAMENTO (KG/CM2)
      PEF3(I)=PCONS-PU(I)
      DEFOR(I)=(SAMP(I)*0.1)/H1
      IF(P1(I))2099,2100,2099
2100 EKEND(I)=0.
      GC TC 2098
2099 EKEND(I)=DEFOR(I)/P1(I)
2098 P(I)=P1(I)/2.0
      G(I)=(PEF1(I)+PEF3(I))/2.0
      RATIO(I)=PEF1(I)/PEF3(I)
      DEFOR(I)=DEFOR(I)*100.C
      IF(P1(I)-P1(1))027,028,027
027 ABARR(I)=(PU(I)-PU(1))/(P1(I)-P1(1))
      GC TC 006
028 WRITE(MARK,150)
150 FORMAT(70X,'DIV/ZERO')
      ABARR(I)=0.
006 CCNTINUE
      CC 1082 J=1,7
      JJ=J+7
      MANA(J)=1
      MANA(JJ)=1
      GC TC(1083,1084,1085,1086,1180,1087,1088),J
1083 CCNTC=P1(I)
      GC TC 1089
1084 CCNTC=RATIO(I)
      GC TC 1089
1085 CCNTC=ABARR(I)
      GC TC 1089
1086 CCNTC=PU(I)
      GC TC 1089
1180 CCNTC=EKEND(I)
      GC TC 1089
1087 CCNTC=PEF1(I)
      GC TC 1089
1088 CCNTC=PEF3(I)
1089 CCNTC=CONTO

```

```

      CC 1080 I=1,K
      CC TC(1090,1091,1092,1093,1181,1094,1095),J
1090 PA(J)=P1(I)
      GC TC 1096
1091 PA(J)=RATIO(I)
      GC TC 1096
1092 PA(J)=ABARR(I)
      GC TC 1096
1093 PA(J)=PU(I)
      GC TC 1096
1181 PA(J)=EKOND(I)
      GC TC 1096
1094 PA(J)=PEF1(I)
      GC TC 1096
1095 PA(J)=PEF3(I)
1096 PA(JJ)=PA(J)
      IF(CCNTN-PA(JJ))3081,3080,3080
3080 CCNTN=PA(JJ)
      MANA(JJ)=I
3081 CCNTINUE
      IF(CCNTN-PA(J))1081,1080,1080
1081 CCNTC=PA(J)
      MANA(J)=I
1080 CCNTINUE
      PA(J)=CONTO
      PA(JJ)=CONTN
1082 CCNTINUE
      I=MANA(2)
      PI(MCS)=P(I)
      Q1(MCS)=Q(I)
      I=MANA(1)
      PI(MCS+10)=P(I)
      Q1(MCS+10)=Q(I)+PU(I)
      MCS=MCS+1
      EC 2601 I=1,K
      IF(DEFOR(I)-1.0)2601,2602,2602
2601 CCNTINUE
2602 IF((DEFOR(I)-1.0)-(1.0-DEFOR(I-1)))2603,2604,2604
2603 IINI=I
      GC TC 2605
2604 IINI=I-1
2605 EC 2606 I=1,K
      IF(DEFOR(I)-3.0)2606,2608,2608
2606 CCNTINUE
2608 IF((DEFOR(I)-3.0)-(3.0-DEFOR(I-1)))2607,2609,2609
2607 IFIM=I
      GC TC 2611
2609 IFIM=I-1
2611 CCNTINUE
      B=(EKOND(IFIM)-EKOND(IINI))/((DEFOR(IFIM)-DEFOR(IINI))*0.01

```



```

*)
A=EKCND(IINI)-B*(DEFOR(IINI)*0.01)
TAN=1./A
ULT=1./B
RF=PA(1)/ULT
CC 1200 I=1,7
IAC=I+7
LLL=MANA(IAC)
TEST(IAD)=DEFOR(LLL)
LL=MANA(I)
1200 TEST(I)=DEFOR(LL)

```

IMPRESSAO DOS RESULTADOS

WRITE(MARK,030)

```

030 FORMAT('1',120('**'),/,1X,'**',65X,'**',40X,'***',9X,'**',/,
*/* RESULTADOS DO TRIAXIAL C-U *',36X,'**',40X,'***',9X,'**',
*/,'*',65X,'**',40X,'***',9X,'***',/,92('**'),15X,'*',9X,'***'
*,/, ' *',17X,'**',71X,'**',16X,'***',9X,'***')

```

WRITE(MARK,032)KANEL,KPRES,KBUR1,(NAME(I),I=1,18)

```

032 FORMAT(' * CARACTERISTICAS * CONSTANTE DO ANEL= ',F10.8,
*/* KG/DIV)',33X,'**',16X,'***',9X,'***',/, ' * DO APARELHO',5X,
*/* CCNSTATE DO TRANSDUTOR DE PRESSAO NEUTRA= ',F10.8,' (KG'
*, '/CM2/DIV)',5X,'**',16X,'***',9X,'***',/, ' *',17X,'* CCNSTAN'
*, 'TE CA BURETA 1= ',F10.8,' (CM3)',31X,'**',16X,'***',9X,'***'
*,/, ' *',17X,'**',18A4,16X,'***',9X,'***')

```

WRITE(MARK,033)HC,DO

```

033 FORMAT(' *',17X,'**',71X,'**',16X,'***',9X,'***',/,1X,91('**'),1
*6X,13('**'),/, ' *',12X,'**',55X,'**',/, ' * DADOS PARA * ALTU',
*/* RA DO CCRPO DE PROVA= ',F5.2,' (CM)',18X,'**',/, ' * O',5
*X,' * DIAMETRO '***' '***' '***' = ',F5.3,' (CM)',18X,
*/*)

```

WRITE(MARK,034)AV1,E1,PCONS,UO

```

034 FORMAT(' * ENSAIO * DIMINUICAO DO VOLUME NO ADENSAMEN',
*/* TC= ',F5.1,' (CM)',7X,'**',/, ' *',12X,'* DIMINUICAC DA AL',
*/* TURA NO ADENSAMENTO= ',F5.3,' (CM)',7X,'**',/, ' *',12X,
*/* PRESSAO DE PRE-ADENSAMENTO= ',F3.1,' (KG/CM2)',14X,'**',/
*, ' *',12X,'* CONTRA-PRESSAO= ',F4.2,' 7KG/CM2)',25X,'**',/
*, ' *',12X,'**',55X,'**',/,71('**'),/,34('-',),87('**'))

```

WRITE(MARK,038)

```

038 FORMAT(' I',31X,'I',85X,'**',/, ' I DADOS OBTIDOS DO EN',
*/* SAIC I',34X,'CALCULO DO ENSAIO',34X,'**',/, ' I',31X,
*/* I',85X,'**',/,34('-',),87('**'),/, ' I',5X,'I',7X,2('I',8X),
*/* I',8(8X,'**'),2(6X,'**'),/, ' I I I LSAMP I LRING I LPO',
*/* RE I* CESV. * SIGM1* * SIGM3* * DELT.U * ABARRA * 1'
*, '/3' * E1 O/O * KONDN. * 1-3 * 1+3 *')

```

WRITE(MARK,8042)

```

8042 FORMAT(' I',5X,'I',7X,2('I',6X), 'I',8(8X,'**'),2(6X,'**'),/,
*24('-',),87('**'))

```

```

      WRITE(MARK,039)(I,LSAMP(I),LRING(I),LPORE(I),P1(I),PEF1(I),
*PEF2(I),PU(I),ABARR(I),RATIO(I),DEFOR(I),EKCND(I),P(I),Q(I)
*,I=1,K)
039  FCRMAT(' I',I4,' I',F6.2,' I',F7.1,' I',F7.1,' I*',F7.3,
*! *,F7.3,* *,F7.3,* *,F7.3,' *,F7.3,' *,F7.3,' *,F7.3
*,' *,F7.4,' *,F5.2,' *,F5.2,' *)
      WRITE(MARK,8043)
8043 FCRMAT(32(' '),89('*'),/,78('*'),/, ' * PARAMETROS',8X,'*',3
*X,'MAXIMO',3X,'* DEFORMACAO ',3X,'MINIMO',3X,'* DEFOR',
*MACAC ',/,1X,77('*'))
      WRITE(MARK,1097)(PA(J),TEST(J),PA(J+7),TEST(J+7),J=1,3)
1097 FCRMAT(' * TENSAO DESVIO',5X,'*',F8.2,4X,'*',F10.2,4X,
*! *,F8.2,4X,* *,F10.2,4X,'*',/, ' * SIGMA'' 1/SIGMA'' 3 ',F
*8.2,4X,'*',F10.2,4X,'*',F8.2,4X,'*',F10.2,4X,'*',/, ' * A ',
*BARRA',11X,'*',F8.2,4X,'*',F10.2,4X,'*',F8.2,4X,'*',F10.2,
*4X,'*')
      WRITE(MARK,2097)(PA(J),TEST(J),PA(J+7),TEST(J+7),J=4,7)
2097 FCRMAT(' * PRESSAO NEUTRA',4X,'*',F8.2,4X,'*',F10.2,4X,'*',
*F8.2,4X,'*',F10.2,4X,'*',/, ' * PAR. KOND',8X,'*',F8.2,4X,
*! *,F10.2,4X,* *,F8.2,4X,* *,F10.2,4X,* *,/, ' * SIGMA'' 1',
*10X,'*',F8.2,4X,'*',F10.2,4X,'*',F8.2,4X,'*',F10.2,4X,'*',/
*! * SIGMA'' 1',10X,'*',F8.2,4X,'*',F10.2,4X,'*',F8.2,4X,'*'
*F10.2,4X,'*',/,121('*'))
      WRITE(MARK,2610)TAN,ULT,RF,IFIM,IINI
2610 FCRMAT(' * M. TANGENTE= ',F10.4,6X,' SIG. ULT.= ',F6.3,6X,
*! RF= ',F6.4,6X,' IFIM= ',I3,6X,' IINI= ',I3,21X,'*',/,
*121('*'))
C      PLCTTER
      GC TC 1072
1701 CCNTINUE
      MAN=1
      MACCN=1
      MCSS=MCSS-1
4200 F10=C.
      Q10=C.
      II=C
      PC=0.
      CC=0.
      EC 4201 I=MACCN,MCSS
      II=II+1
      F10=P10+PI(I)
      Q10=Q10+Q1(I)
      PC=PC+PI(I)*Q1(I)
4201 CC=CC+Q1(I)**2
C-----
C
C      CALCULO DE *TAN ALFA=SIN FI*
C
C-----
      FI=(II*PC-P10*Q10)/(II*QQ-Q10**2)

```

```

      CCESC=(P10-FI*Q10)/I1
      GC TC (8020,8021),MAN
8020  CCELW=COESO
      FIELW=FI
8021  CCTLW=COESO
      FITLW=FI
C-----
C
C      CALCULO DE 'COS FI'
C
C-----
      AMAM=1.0-FI**2
      AMAM=SQRT(AMAM)
C-----
C
C      CALCULO DE 'TAN FI'
      AUDI=FI/AMAM
C
C-----
C
C      CALCULO DA COESAO- C=C'/COS FI
      CCESC=COESO/AMAM
C
C-----
      FI=ATAN(AUDI)
      FI=(180./3.1416)*FI
      GC TC (4203,4204),MAN
4203  WRITE(MARK,4205)COESO,FI
4205  FORMAT(///,21('*'),5X,'CRITERIO SIGMA**1/SIGMA**3 MAXIMO',
*5X,20('*');//,20X,'COESAO=',2X,F8.3,5X,'KG/CM2',5X,'FI=',F8
*3,2X,'GRAUS')
      MACCN=11
      MAN=MAN+1
      MCSS=MCSS+10
      CCEE=CCESO
      FIEF=FI
      GC TC 4200
4204  WRITE(MARK,4207)COESO,FI
4207  FORMAT(///,21('*'),5X,'CRITERIO SIGMA 1 - SIGMA 3 MAXIMO',
*5X,20('*');//,20X,'COESAO=',2X,F8.3,5X,'KG/CM2',5X,'FI=',F8
*3,2X,'GRAUS')
      CCETC=COESO
      FITC=FI
C=====
C
C      INICIO DO PLOTTER PARA OBTENCAO DE 'C' E 'FI'
C
C=====
      TAIS=1600.0
      TAIS1=1000.0

```

```

      TAIS2=4.23
      TAIS3=9.5
      III=1
      IF(ECITH)8034,8035,8034
8035  TAIS=2200.0
      TAIS1=1300.0
      TAIS2=6.0
      TAIS3=14.0
8034  CONTINUE
      MCS=MCS-1
      MCSS=MCS
      MAN=1
      MACCN=1
      AUCI=PI(1)
      AMAM=Q1(1)
8013  CC 8002 I=MACCN,MCSS
      IF(PI(1)-AUDI)8003,8004,8004
8004  AUCI=PI(1)
      EC TC 8005
8003  CONTINUE
8005  IF(Q1(1)-AMAM)8002,8007,8007
8007  AMAM=Q1(1)
8002  CONTINUE
      MAX1=AMAM
      MAX2=AUDI
      INFER=TAIS/((MAX1+1)*2.54)
      KNELT=TAIS1/((MAX2+1)*2.54)
      GC TC (8040,8041),III
8041  INFER=SCAF4/((MAX1+1)*2.54)
8040  CONTINUE
      SCAF1=C.01*INFER
      SCAF2=C.01*KNELT
      IF(SCAF1-SCAF2)8036,8037,8037
8037  AUDI=(MAX2+1)*2.54*SCAF1*100.0
      IF(AUDI-TAIS1)8036,8038,8038
8038  SCAF1=SCAF2
      GC TC 8039
8036  SCAF2=SCAF1
8039  CALL SCALF(SCAF1,SCAF2,0.,0.)
      SCAF4=SCAF1*(MAX1+1)*2.54*100.0
      IGR14=(MAX1+1)*2
      CALL FGRID(0,0.,0.,0.5,IGR14)
      MAN=C
      IGR14=IGR14/2
      FCHA1=-0.25/SCAF2
      CC 8009 I=1,IGR14
      MAN=MAN+1
      AMAM=MAN-0.24/SCAF1
      AUDI=MAN*1.0
      CALL FCHAR(AMAM,FCHA1,C.08,C.09,C.1)

```

```

8009 WRITE(7,8010)AUDI
8010 FCRMAT(F4.1)
      IGR12=(MAX2+1)*2
      CALL FGRID(1,0.0,0.0,0.5,IGR12)
      MANN=1
      IGR12=IGR12/2
      FCHA2=-0.52/SCAF1
      MAN=MANN*(IGR12+1)
      IGR12=IGR12+1
      CC 8011 I=1,IGR12
      MAN=MAN-MANN
      AMAN=MAN
      CALL FCHAR(FCHA2,AMAM,C.08,C.09,C.)
8011 WRITE(7,8012)AMAM
8012 FCRMAT(F6.1)
      FCHA6=(MAX2+1)+0.25/SCAF2
      FCH1=MAX1-0.42/SCAF1
      FCH2=0.15/SCAF2
      JJ1=C
      CC 8014 I=MACON,MCSS
      CALL FPLCT(-2,Q1(I),PI(I))
      CALL PCINT(0)
      AUDI=Q1(I)-0.08/SCAF1
      AMAN=PI(I)+C.09/SCAF2
      CALL FCHAR(AUDI,AMAM,C.08,0.09,0.)
      JJ1=JJ1+1
8014 WRITE(7,8015)JJ1
8015 FCRMAT(I2)
      AUDI=MAX1+1-0.88/SCAF1
      AMAN=0.18/SCAF2
      CALL FCHAR(AUDI,AMAM,0.08,C.09,0.)
      WRITE(7,8008)
8008 FCRMAT('P (KG/CM2)')
      AUDI=0.09/SCAF1
      AMAN=MAX2+1-C.09/SCAF2
      CALL FCHAR(AUDI,AMAM,C.08,0.09,0.)
      WRITE(7,8006)
8006 FCRMAT('Q (KG/CM2)')
      CC TC(8016;8017),MAN1
8016 MACCN=11
      AMAN=MAX2+0.3
      AUDI=1.5/SCAF1
      CALL FCHAR(AUDI,AMAM,C.08,0.09,0.)
      WRITE(7,8029)COEF,COELW
8029 FCRMAT('C*=?',F6.3,4X,'A*=?',F6.3)
      CALL FPLCT(-2,0.,COELW)
      AUDI=FIELDW*(MAX1+1)+COELW
      AMAN=MAX1+1
      CALL FPLCT(0,AMAM,AUDI)
      AMAN=MAX2+0.3-0.18/SCAF2

```

```

      AUDI=1.5/SCAF1
      CALL FCHAR(AUDI, AMAM, 0.08, 0.09, 0.)
      WRITE(7, 8020) FIEF, FIELW
8030  FCRMAT('FI'=' ', F6.2, 3X, 'ALFA'=' ', F7.3)
      MCGN1=12
      AUDI=PI(11)
      AMAM=C1(11)
      MAN1=MAN1+1
      MCSS=MCSS+10
      AMAM=C.0
      SCAF3=TAIS2/SCAF2
      CALL FPLLOT(0, AMAM, SCAF3)
      III=III+1
      GO TO 8013
8017  CONTINUE
      CALL FPLLOT(-2, 0., COTLW)
      AUDI=FITLW*(MAX1+1)+COTLW
      AMAM=MAX1+1
      CALL FPLLOT(0, AMAM, AUDI)
      AUDI=1.5/SCAF1
      AMAM=MAX2+1-C.29/SCAF2
      CALL FCHAR(AUDI, AMAM, 0.08, 0.09, 0.)
      WRITE(7, 8023) COETO, COTLW
8023  FCRMAT('C'=' ', F6.3, 4X, 'A'=' ', F6.3)
      AMAM=AMAM-0.18/SCAF2
      CALL FCHAR(AUDI, AMAM, 0.08, 0.09, 0.)
      WRITE(7, 8024) FITO, FITLW
8024  FCRMAT('FI'=' ', F6.2, 3X, 'ALFA'=' ', F6.3)
      AMAM=TAIS3/(2.54*SCAF2)
      CALL FCHAR(0., AMAM, 0.09, 0.10, 0.)
      WRITE(7, 8031)
8031  FCRMAT('DIAGRAMA DE LAMBE PARA OBTENCAO DE 'C' E 'FI')
      AUDI=AMAM-0.7/SCAF2
      AMAM=4.5/SCAF1
      GO 8032 I=1, MCS
      CALL FCHAR(AMAM, AUDI, 0.08, 0.09, 0.)
      WRITE(7, 8033) I, (NAMEP(I, J), J=1, 2)
8033  FCRMAT(I2, ' - ', 2A4)
8032  AUDI=AUDI-0.13/SCAF2
C=====
C
C      FINAL DO PLCTTER PARA OBTENCAO DE 'C' E 'FI'
C
C=====
      CALL EXIT
      END

```

A.4

PROGRAMA UUPHCartões de Entrada de Dados:

1º Cartão: FORMAT (8 F10.5)

- 1º campo: Altura do corpo de prova após o adensamento
 (mm);
- 2º campo: Área do corpo de prova após o adensamento
 (cm²);
- 3º campo: Constante do anel ou célula de carga (Kg/div);
- 4º campo: Pressão de adensamento (Kg/cm²);
- 5º campo: Constante da bureta (cm³/div);
- 6º campo: Área do pistão da célula (cm²);
- 7º campo: Perfura-se 2000 quando houver medição da vari

ação de volume por fora do corpo de prova e a bureta tiver leituras crescentes para decrêscimos de volume do corpo de prova.

Perfura-se um número menor que 2000 quando se tem leituras crescentes da bureta para aumentos do corpo de prova.

Perfura-se um número maior que 2000 quando houver medição da variação de volume por dentro do corpo de prova.

8º campo: Controla a ordem em que se deve perfurar as leituras:

1. leitura da deformação axial;
2. leitura do anel ou célula de carga;
3. leitura da bureta.

Perfura-se um número negativo quando a leitura fôr na ordem 1,2,3 usando-se o FORMAT (F10.5, 10X, F10.5, F10.5).

É usado um cartão em branco quando a ordem fôr 1,2,3 e FORMAT (8F10.5) e perfura-se um número positivo quando a leitura obedecer ã ordem 1,3,2 e FORMAT (8F10.5).

2º Cartão: FORMAT (20A4) - Utilizado para comentários.

3º Cartão: FORMAT (2F10.5, A4, 6X, F10.5).

1º campo: Esse número indica a porcentagem de a ser utilizada na determinação do primeiro ponto, que fixa a hipérbole à curva experimental. O programa assume 0,70 no caso de se deixar em branco.

2º campo: Número com finalidade idêntica a do 1º campo, refere-se, porém, ao segundo ponto de fixação da hipérbole. O programa assume 0,95 quando se deixa em branco.

3º campo: Usado para definir a variação da bureta em relação à variação de volume do corpo de prova durante o cisalhamento.

Perfura-se a palavra ALA que equivale à condição do número 2000 para o 1º cartão, 7º campo. No caso do número ser menor que 2000 para o 1º cartão, 7º campo, corresponde aqui a deixar-se em branco.

4º campo: Deixando-se em branco, obtem-se os desenhos no formato utilizado nas teses. Perfurando-se um número diferente de zero obtem-se os gráficos numa escala máxima compatível com a

folha do computador.

{Massa de Dados - FORMAT de acordo com o 1º Cartão, 7º campo ou com o 3º Cartão, 3º campo.

Para se definir o último cartão de dados de um ensaio, coloca-se um cartão com o número -1,0 no primeiro campo, seguido de um cartão em branco, se for o último ensaio. O PLOTTER utiliza três folhas por ensaio e um tempo aproximado de 12 minutos. Pode ler até 100 cartões de dados.

Este programa foi utilizado, inicialmente, para cálculo dos ensaios não-drenados em corpos de prova não-saturados, obtidos em laboratório por compactação. Esses ensaios fizeram parte dos trabalhos de pesquisa de tese do Engenheiro Paulo Henrique Dias, o qual esquematizou os cálculos e gráficos, além de participar da programação em FORTRAN.

C --- CALCULO DO TRIAXIAL C-D

C-----
 REAL KBUR2, MARIA, MITAN(100), MI(100)
 DIMENSION DEFLE(100), ANEL(100), BURET(100), BURE(100),
 *CARGA(100), ACORR(100), SIGMA(100), PA(20), MANA(20), DATE(20),
 *E1(100), E13(100), EVOL(100), E100(100), E300(100), EVOLP(100),
 *E100L(100), E300L(100), RAZA0(100), RAZ1(100), RAZ2(100),
 *YCUNG(100)

C-----
 DATA DALVA /'ALA '/
 MARK=5
 PAUL=400.0
 PAUL1=5.5
 PAUL2=5.6
 PAUL3=5.48
 PAUL4=32.0
 PAUL5=0.1

C-----
 C LEITURA DO ENSAIO

C-----
 512 READ(8,022) HCORP, ACORP, CONEL, SIGM3, KBUR2, PLUNG, MARIA, CAROL
 022 FCRMAT(8F10.5)
 IF(HCORP)510,511,510
 510 READ(8,041)(DATE(I),I=1,20)
 041 FCRMAT(20A4)
 READ(8,2900)PINI,PFIM,ALA,EDITH
 2900 FORMAT(2F10.5,A4,6X,3F10.5)
 IF(EDITH)1203,1204,1203
 1203 PAUL=280.0
 PAUL1=4.0
 PAUL2=3.45
 PAUL3=7.63
 PAUL4=20.0
 PAUL5=0.08
 1204 CONTINUE
 N=0
 DO 110 I=1,100
 IF(CAROL)4081,221,220
 221 READ(8,1)DEFLE(I),ANEL(I),BURET(I)
 1 FCRMAT(8F10.5)
 GO TO 222
 220 READ(8,1)DEFLE(I),BURET(I),ANEL(I)
 GO TO 222
 4081 READ(8,4082)DEFLE(I),ANEL(I),BURET(I)
 4082 FORMAT(F10.5,10X,F10.5,F10.5)
 222 CONTINUE
 IF(DEFLE(I)+1.0)107,106,107
 107 N=N+1
 110 BURE(I)=BURET(I)

C CALCULO DO ENSAIO

```

106  VOLUM=ACORP*HICORP*0.1
      AUDI=BURET(1)
      CC 2 I=1,N,1
      A=3.1416*PLUNG**2/4.0
      VP=(DEFLE(I)-DEFLE(1))*A*0.1
      IF(MARIA-2000.0)4043,4044,428
4044  BURET(I)=VP+(BURET(I)-AUDI)*KBUR2
      GO TO 4045
C     USADO QUANDO AV DA BURETA FOR + E AV DO C. P. TAMBEM Q
4043  BURET(I)=VP-(BURET(I)-AUDI)*KBUR2
      GO TO 4045
      IF(CALVA-ALA)4083,4084,4083
C --- BURETA DECRESCER QUANDO O CORPO DE PROVA CRESCE
4084  BURET(I)=BURET(I)-AUDI
      GO TO 4045
C --- BURETA CRESCE QUANDO O CORPO DE PROVA CRESCE
4083  BURET(I)=AUDI-BURET(I)
4045  BURET(I)=0.
      EVOL(I)=BURET(I)/VOLUM
      EVOLP(I)=EVOL(I)*100.
      E1(I)=(DEFLE(I)-DEFLE(1))/HICORP
      IF(E1(I))504,505,504
505   ACORR(I)=ACORP
      E300(I)=0.
      E13(I)=0.
      E100L(I)=0.
      GO TO 506
504   ACORR(I)=ACORP*((1.-EVOL(I))/(100.-E1(I)*100.))*100.
      E300(I)=(E1(I)-EVOL(I))/2.
      E13(I)=E300(I)/E1(I)
      E100L(I)=ALOG(ABS(E1(I)*100.0))/ALOG(10.0)
506   CARGA(I)=(ANEL(I)-ANEL(1))*CONEL.
      E100(I)=E1(I)*100.
      SIGMA(I)=CARGA(I)/ACORR(I)
      IF(E300(I))333,334,333
334   E300L(I)=0.
      GO TO 335
333   E300L(I)=ALOG(ABS(E300(I)*100.0))/ALOG(10.0)
335   IF(E1(I))301,300,301
300   MI(I)=0.
      GO TO 302
301   MI(I)=E300(I)/E1(I)
302   IF(SIGMA(I))500,501,500
500   RAZAO(I)=E1(I)/SIGMA(I)
      RAZ1(I)=E1(I)/(SIGMA(I)**2)
      RAZ2(I)=SQRT(E1(I))/SIGMA(I)
      GO TO 2
501   RAZAO(I)=0.

```

```

      RAZ1(I)=0.
      RAZ2(I)=0.
2     CONTINUE
      CC 999 I=2,N
      YOUNG(I-1)=(SIGMA(I)-SIGMA(I-1))/(E1(I)-E1(I-1))
999   MITAN(I-1)=(E300(I)-E300(I-1))/(E1(I)-E1(I-1))
      MITAN(N)=MITAN(N-1)
      YOUNG(N)=YOUNG(N-1)
C
C     DETERMINACAO DOS MAXIMOS E MINIMOS
C
      CC 1082 J=1,10
      JJ=J+10
      MANA(J)=1
      MANA(JJ)=1
      GO TO (1083,1084,1085,1086,1087,1088,1089,1090,1091,1092),J
1083  CONTO=E300L(1)
      GO TO 1093
1084  CONTO=SIGMA(1)
      GO TO 1093
1085  CONTO=E300(1)
      GO TO 1093
1086  CONTO=E13(1)
      GO TO 1093
1087  CONTO=RAZ2(1)
      GO TO 1093
1088  CONTO=RAZAO(1)
      GO TO 1093
1089  CONTO=RAZ1(1)
      GO TO 1093
1090  CONTO=E100L(1)
      GO TO 1093
1091  CONTO=EVOLP(1)
      GO TO 1093
1092  CONTO=E100(1)
1093  CONTN=CONTO
      CC 1080 I=1,N
      GO TO(1094,1095,1096,1097,1098,1099,1100,1101,1102,1103),J
1094  PA(J)=E300L(I)
      GO TO 1104
1095  PA(J)=SIGMA(I)
      GO TO 1104
1096  PA(J)=E300(I)
      GO TO 1104
1097  PA(J)=E13(I)
      GO TO 1104
1098  PA(J)=RAZ2(I)
      GO TO 1104
1099  PA(J)=RAZAO(I)
      GO TO 1104

```

```

1100 PA(J)=RAZ1(I)
      GO TO 1104
1101 PA(J)=E100L(I)
      GO TO 1104
1102 PA(J)=EVOLP(I)
      GO TO 1104
1103 PA(J)=E100(I)
1104 PA(JJ)=PA(J)
      IF(CONTN-PA(JJ))3081,3080,3080
3080 CONTN=PA(JJ)
      MANA(JJ)=I
3081 CONTINUE
      IF(CCONTN-PA(J))1081,1080,1080
1081 CONTO=PA(J)
      MANA(J)=I
1080 CONTINUE
      PA(J)=CONTO
      PA(JJ)=CONTN
1082, CONTINUE

```

IMPRESSAO DOS RESULTADOS

```

WRITE(MARK,020)HRCORP,CONEL
020 FORMAT('1',120('*'),/,1X,120('*'),/,1X,***,116X,***,/,
*'*' RESULTADOS DO TRIAXIAL C-D',12X,53X,'PEIXOTO - COPP',
*'E/1973' **/,/,**',116X,***,/,1X,120('*'),/,1X,120('*')
*,,*,44X,*,73X,*,/,**',3X,'ALTURA DO CORPO DE PRO',
*'VA=',F8.3,'(MM)',4X,*'CONSTANTE DO ANEL=',F8.6,'(KG',
*'/DIV)',34X,*)
WRITE(MARK,021)ACORP,SIGM3,(DATE(I),I=1,20)
021 FORMAT(' * AREA DO CORPO DE PROVA=',F8.5,'(CM2)',5X,
*'*' SIGMA 3=',F5.2,'(KG/CM2)',47X,*,/,*,44X,*,73X
*,*,/,121('*'),/,*,20A4,35X,*,/,121('*'),/,*,32
*X,*,54X,*,/,*,8X,'DADOS DO ENSAIO',9X,*,18X,
*'*CALCULO DO ENSAIO',19X,*,/,*,32X,*,54X,*,/,1X,
*120('*'))
WRITE(MARK,031)
031 FORMAT(' * DEFLEXAO * AVEL * BURETA * A. CORR. * ',
*'CARGA * DE. REL. * SIG. DE. * E200/SIG * VAR. VO. *',19X
*,*,/,*,*(MM) * (DIV) * (CM2) * (KG) * ',
*'(O/O) * (KG/CM2) *',10X,*'(CM3) *',19X,*,/,
*121('*'))
WRITE(MARK,3)(DEFLE(I),ANEL(I),BURE(I),ACORR(I),CARGA(I),E1
*00(I),SIGMA(I),RAZAO(I),BURET(I),I=1,N)
3 FORMAT(' *',F9.4,' *',F9.2,' *',F9.2,' *',F9.4,' *',F9.4,
*' *',F9.5,' *',F9.5,' *',F9.4,' *',F9.4,' *',15X,*,I3,
*'*')
C DETERMINACAO DOS SIGMAS PERCENTUAIS *****
IF(PINI) 2901,2901,2902
2901 PINI=0.7

```

```

PFIM=0.95
2902 AUDI=PFIM*PA(2)
K=0
105 CC 97 I=1,N
IF (SIGMA(I)-AUDI)97,99,99
97 CONTINUE
I=I-1
99 IF(I-1) 101,100,101
101 IF((SIGMA(I)-AUDI)-(AUDI-SIGMA(I-1)))102,102,100
100 MANN=I-1
GO TO 98
102 MANN=I
98 K=K+1
GO TO(103,104),K
103 IFIM=MANN
AUDI=PINI*PA(2)
GO TO 105
104 IINI=MANN
C ***** CALCULO DO PARAMETRO A E B DE KONDNER*****
B=(RAZAO(IFIM)-RAZAO(IINI))/(E1(IFIM)-E1(IINI))
A=RAZAO(IINI)-B*E1(IINI)
TAN=1./A
ULT=1./B
RF=PA(2)/ULT
IF (CAROL)303,304,303
303 CONTINUE
WRITE(MARK,990)
990 FORMAT(10(/),121('*'),/, ' ',118X,'*',/, ' ',50X,
*'OUTROS PARAMETROS',51X,'*',/, ' ',118X,'*',/,121('*'),/,
*' ',118X,'*',/, ' * V. ALT.',3X,'E100',4X,'E100L',5X,
*'E300',4X,'E300L',6X,'E13',6X,'EVOL',7X,'MI',4X,'MITAN',7X,
*'YOUNG',5X,'RAZ1',5X,'RAZ2',4X,' * I *',/, ' ',118X,'*')
WRITE(MARK,991)(DEFLE(I),E100(I),E100L(I),E300(I),E300L(I),
'E13(I),EVOLP(I),MI(I),MITAN(I),YOUNG(I),RAZ1(I),RAZ2(I),I,
*I=1,N)
991 FORMAT(' ',F8.2,F8.3,4F9.5,F10.5,2F9.5,F12.5,2F9.5,4X,' ',
*I3,'*')
WRITE(MARK,1201)(PA(K),K=1,10)
1201 FORMAT(121('*'),/, ' ',12X,'*',11X,'*',6(9X,'*'),2(11X,'*')
*,9X,'*',/, ' * PARAMETROS * E300L * SIGMA * E300 ',
** E13 * RAZ2 * RAZAO * RAZ1 * E100L * E',
*'VGLP * E100 **',/, ' ',12X,'*',11X,'*',6(9X,'*'),2(11
*X,'*'),9X,'*',/,121('*'),/, ' ',11X,'MAXIMO',5X,'*',F10.5,' ',
*6(F8.4,'*'),2(F10.5,'*'),F8.4,'*',/,121('*'))
WRITE(MARK,1202)(MANA(K),K=1,10),(PA(K),K=11,20),(MANA(K),K
*=11,20)
1202 FORMAT(' * DEFORMACAO *',110,' ',6(18,'*'),2(110,'*'),18
*, ' ',/,121('*'),/, ' ',11X,'MINIMO',5X,'*',F10.5,' ',
*6(F8.4,'*'),2(F10.5,'*'),F8.4,'*',/,121('*'),/,
*' * DEFORMACAO *',110,' ',6(18,'*'),2(110,'*'),18,' ',

```

```

      */,121('*'))
304  CONTINUE
C    INICIO DO PLOTTER:
      PA(1)=1.0
      PA(11)=-2.15
      PA(2)=18.75
      PA(3)=0.0973
      PA(4)=0.75
      PA(5)=0.40
      PA(6)=0.15
      PA(7)=0.02
      PA(8)=1.34
      PA(18)=-2.03
      PA(9)=6.14
      PA(19)=-2.11
      PA(10)=20.0
C-----
C    INICIO DO PLOTTER
C-----
C    ,-----FIM DO PLOTTER-----
C-----
      B1=(RAZ1(IFIM)-RAZ1(IINI))/(E1(IFIM)-E1(IINI))
      A1=RAZ1(IINI)-B1*E1(IINI)
      TAN1=1/A1
      ULT1=1/B1
      RF1=PA(2)/ULT1
      B2=(RAZ2(IFIM)-RAZ2(IINI))/(E1(IFIM)-E1(IINI))
      A2=RAZ2(IINI)-B2*E1(IINI)
      TAN2=1/A2
      ULT2=1/B2
      RF2=PA(2)/ULT2
      WRITE(MARK,780)TAN,ULT,RF,A,B,IINI,IFIM,TAN1,ULT1,RF1,A1,B1
      *,IINI,IFIM,TAN2,ULT2,RF2,A2,B2,IINI,IFIM
780  FORMAT(/,6X,'MT',10X,'ULT',7X,'RF',11X,'A',12X,'B',
      *5X,'IINI',6X,'IFIM',/,5F11.5,I9,I9)
      CC 431 I=1,N
      RAZAO(I)=100.0*RAZAO(I)
      RAZ2(I)=100.0*RAZ2(I)
      RAZ1(I)=1000.0*RAZ1(I)
      IF(RAZ1(I)-200.0)431,431,004
004  RAZ1(I)=200.0
431  E300(I)=100.0*E300(I)
      PA(3)=100.0*PA(3)
      PA(5)=100.0*PA(5)
      PA(6)=100.0*PA(6)
      PA(7)=1000.0*PA(7)
      IF(PA(7)-200.0)006,006,005
005  PA(7)=200.0
006  DO 770 III=1,10
      CC 770 III=1,10

```



```

IV=III+10
PAIII=PA(III)
PAIV=PA(IV)
HORIZ=PA(10)
SCAF3=0.
SCAF4=0.
PFIM=0.95
PINI=0.70
GO TO(352,353,353,355,355,355,355,432,432,432),III
352 HORIZ=PA(8)+1.0
GC TO 355
353 IF(PA(19))310,311,311
310 IF(PA(III))314,314,313
313 IF(PA(III)+PA(19))314,315,315
314 PAIII=-PA(19)
GO TO 311
315 PAIII=PA(III)
GC TO 354
311 IF(PA(III))345,345,316
316 PAIII=PA(III)
GO TO 354
345 PAIII=0.
354 IF(PA(IV))346,347,347
346 IF(PA(9))348,348,349
349 IF(PA(9)+PA(IV))348,350,350
348 PAIV=PA(IV)
GC TO 355
350 PAIV=-PA(9)
GO TO 355
347 IF(PA(9))312,312,350
312 PAIV=0.
355 CONTINUE
GO TO 433
432 PAIII=PA(2)
PAIV=PA(12)
433 SCAF2=0.5
INFER=PAUL/HORIZ
SCAF1=0.01*INFER
WRITE(5,771) PAIII,PAIV
771 FORMAT(/,1X,'PAIII = ',F10.5,20X,'PAIV = ',F10.5)
IF(III-1)772,775,772
775 IF(PA(18))773,772,772
773 IF(PAIV)781,782,782
781 KNELT=PAUL/(PAIII-PAIV+2.0)
SCAF2=0.01*KNELT
SCAF3=PAIV-1.0
782 INFER=PAUL/(PA(8)-PA(18)+2.0)
SCAF1=0.01*INFER
SCAF4=PA(18)-1.0
CALL SCALF(SCAF1,SCAF2,SCAF4,SCAF3)

```

```

IGRI3=(PA(8)-PA(18)+2.0)*2
AUDI=IFIX(PA(8)+1.0)
CALL FGRID(2,AUDI,0.,0.5,IGRI3)
IGRI3=IGRI3/2
FCHA3=-0.25/SCAF2
MAN=PA(8)+2
IGRI3=IGRI3+1
CC 774 I=1,IGRI3
MAN=MAN-1
AMAM=MAN
AUDI=AMAM-0.32/SCAF1
CALL FCHAR(AUDI,FCHA3,0.08,0.1,0.)
774 WRITE(7,359)AMAM
CALL FPLOT(0,SCAF4,SCAF3)
772 CONTINUE
IF(PAIV)357,356,356
356 KNELT=PAUL/(PAIII+1.0)
SCAF2=0.01*KNELT
CALL SCALF(SCAF1,SCAF2,SCAF4,SCAF3)
GC TO 363
357 KNELT=PAUL/(PAIII-PAIV+2.0)
SCAF2=0.01*KNELT
SCAF3=PAIV-1.0
CALL SCALF(SCAF1,SCAF2,SCAF4,SCAF3)
IGRI3=(-PAIV+1)*2
CALL FGRID(3,0.,0.,0.5,IGRI3)
IGRI3=IGRI3/2
FCHA3=-0.52/SCAF1
MAN=0
CC 358 I=1,IGRI3
MAN=MAN-1
AMAM=MAN
CALL FCHAR(FCHA3,AMAM,0.08,0.1,0.)
358 WRITE(7,359)AMAM
359 FFORMAT(F6.1)
363 CONTINUE
IF(III-1)360,424,360
360 IGRI4=E100(N)+1
CALL FGRID(0,0.,0.,1.0,IGRI4)
MAN=0
IGRI4=IGRI4/2
FCHA1=-0.25/SCAF2
FCHA7=0.25*SCAF1
CC 361 I=1,IGRI4
MAN=MAN+2
AMAM=MAN
AMAM=AMAM-0.4
AUDI=MAN*1.0
CALL FCHAR(AMAM,FCHA1,FCHA7,0.1,0.)
361 WRITE(7,362)AUDI

```

```

362 FORMAT(F4.1)
GO TO 434
424 AUDI=PAUL4/(2.54*SCAF2)+SCAF3
AMAM=SCAF4-0.2/SCAF1
CALL FCHAR(AMAM,AUDI,PAUL5,0.12,0.0)
WRITE(7,435)(DATE(I),I=1,20)
435 FCRMAT(20A4)
434 CONTINUE
C
C      ESCOLHA DA ESCALA VERTICAL
C
IF(PAIII-1.0)1205,1206,1206
1205 IGR12=(PAIII*10.0+1)*2
1206 IF(PAIII-10.) 61,62,62
61 IGR12=(PAIII+1)*2
CALL FGRID(1,0.,0.,0.5,IGR12)
MANN=1
GO TO 69
62 IF(PAIII-40.) 63,64,64
63 IGR12=(PAIII+1)/2
CALL FGRID(1,0.,0.,2.0,IGR12)
MANN=4
GO TO 69
64 IF(PAIII-80.0) 65,66,66
65 IGR12=(PAIII+1)/4
CALL FGRID(1,0.,0.,4.0,IGR12)
MANN=8
GO TO 69
66 IF(PAIII-160.) 68,67,67
68 IGR12=(PAIII+1)/8
CALL FGRID(1,0.,0.,8.0,IGR12)
MANN=16
GO TO 69
67 IF(PAIII-320.)5830,441,441
5830 IGR12=(PAIII+1)/16
CALL FGRID(1,0.,0.,16.0,IGR12)
MANN=32
69 IGR12=IGR12/2
FCHA2=-0.52/SCAF1
MAN=MANN*(IGR12+1)
IGR12=IGR12+1
DO 70 I=1,IGR12
MAN=MAN-MANN
AUDI=MAN
CALL FCHAR(FCHA2,AUDI,0.08,0.1,0.0)
70 WRITE(7,359)AUDI
FCHA6=(PAIII+1)+0.25/SCAF2
AMAM1=0.1/SCAF2
AMAM=IFIX(E100(N)+1)-0.32/SCAF1
AUDI=(PAIV-1)-0.25/SCAF2

```

```

C
C      TRACADO DAS CURVAS
C
      GO TO (87,88,89,90,91,92,93,94,95,96),III
87  CALL FPLOT(-2,E100L(2),E300L(2))
    DO 75 I=2,N
75  CALL FPLOT(0,E100L(I),E300L(I))
    CALL FCHAR(0.,FCHA6,0.08,0.1,0.)
    WRITE(7,400)
400  FORMAT('LOG E300')
    AMAM=IFIX(PA(8)+1)-0.56/SCAF1
    CALL FCHAR(AMAM,AMAM1,0.08,0.1,0.)
    WRITE(7,71)
71  FORMAT('LOG E100')
    GO TO 425
88  CALL FPLOT(-2,0.,0.)
    DO 76 I=1,N
76  CALL FPLOT(0,E100(I),SIGMA(I))
    CALL FCHAR(0.,FCHA6,0.08,0.1,0.)
    WRITE(7,401)
401  FCRMAT ('SIG. DESVIO')
    CALL FPLOT(-2,0.,0.)
    DO 77 I=1,N
    EVOLP(I)=-EVOLP(I)
77  CALL FPLOT(0,E100(I),EVOLP(I))
    CALL FCHAR(0.,AUDI,0.08,0.1,0.)
    WRITE(7,426)
426  FORMAT('EVOLP')
    CALL FCHAR(AMAM,AMAM1,0.08,0.1,0.)
    WRITE(7,427)
427  FORMAT('E100')
    GO TO 425
89  CALL FPLOT(-2,0.,0.)
    DO 78 I=1,N
78  CALL FPLOT(0,E100(I),E300(I))
    CALL FCHAR(0.,FCHA6,0.08,0.1,0.)
    WRITE(7,402)
402  FORMAT('E300')
    CALL FPLOT(-2,0.,0.)
    DO 79 I=1,N
79  CALL FPLOT(0,E100(I),EVOLP(I))
    CALL FCHAR(0.,AUDI,0.08,0.1,0.)
    WRITE(7,426)
    CALL FCHAR(AMAM,AMAM1,0.08,0.1,0.)
    WRITE(7,427)
    GO TO 425
90  CALL FPLOT(-2,0.,0.)
    DO 80 I=1,N
80  CALL FPLOT(0,E100(I),E13(I))
    CALL FCHAR(0.,FCHA6,0.08,0.1,0.)

```

```

WRITE(7,403)
403 FORMAT('E31')
CALL FCHAR(AMAM,AMAM1,0.08,0.1,0.)
WRITE(7,427)
GO TO 425
91 CALL FPLOT(-2,0.,0.)
CC 81 I=1,N
81 CALL FPLOT(0,E100(I),RAZ2(I))
CALL FCHAR(0.,FCHA6,0.08,0.1,0.)
WRITE(7,404)
404 FCRMAT('RAZ2 X 100')
AUDI=PAUL4/(2.54*SCAF2)+SCAF3
FCHA2=SCAF4-0.2/SCAF1
CALL FCHAR(FCHA2,AUDI,PAUL5,0.12,0.0)
WRITE(7,435)(DATE(I),I=1,20)
CALL FPLOT(-2,E100(IINI),RAZ2(IINI))
CALL POINT(3)
CALL FPLOT(1,E100(IFIM),RAZ2(IFIM))
CALL FPLOT(2,E100(IFIM),RAZ2(IFIM))
CALL POINT(3)
CALL FCHAR(AMAM,AMAM1,0.08,0.1,0.)
WRITE(7,427)
GO TO 425
92 CALL FPLOT(-2,0.,0.)
CC 82 I=1,N
82 CALL FPLOT(0,E100(I),RAZAO(I))
CALL FCHAR(0.,FCHA6,0.08,0.1,0.)
WRITE(7,405)
405 FCRMAT('RAZAO X 100')
CALL FPLOT(-2,E100(IINI),RAZAO(IINI))
CALL POINT(3)
CALL FPLOT(1,E100(IFIM),RAZAO(IFIM))
CALL FPLOT(2,E100(IFIM),RAZAO(IFIM))
CALL POINT(3)
CALL FCHAR(AMAM,AMAM1,0.08,0.1,0.)
WRITE(7,427)
GO TO 425
93 CALL FPLOT(-2,0.,0.)
CC 83 I=1,N
83 CALL FPLOT(0,E100(I),RAZ1(I))
CALL FCHAR(0.,FCHA6,0.08,0.1,0.)
WRITE(7,406)
406 FORMAT('RAZ1 X 1000')
CALL FPLOT(-2,E100(IINI),RAZ1(IINI))
CALL POINT(3)
CALL FPLOT(1,E100(IFIM),RAZ1(IFIM))
CALL FPLOT(2,E100(IFIM),RAZ1(IFIM))
CALL POINT(3)
CALL FCHAR(AMAM,AMAM1,0.08,0.1,0.)
WRITE(7,427)

```

```

GO TO 425
94 CALL FPLOT(-2.,0.,0.)
DO 84 I=1,N
RAZC=E1(I)/(A+B*E1(I))
84 CALL FPLOT(0,E100(I),RAZC)
CALL FCHAR(0.,FCHA6,0.08,0.1,0.)
WRITE(7,407)
407 FCRMAT('RAZC')
GO TO 425
95 CALL FPLOT(-2,0.,0.)
DO 85 I=1,N
RAZ2C=SQRT(E1(I))/(A2+B2*E1(I))
85 CALL FPLOT(0,E100(I),RAZ2C)
CALL FCHAR(0.,FCHA6,0.08,0.1,0.)
WRITE(7,408)
408 FCRMAT('RAZ2C')
GO TO 425
96 CALL FPLOT(-2,0.,0.)
DO 86 I=1,N
RAZ1C=SQRT(E1(I)/(A1+B1*E1(I)))
86 CALL FPLOT(0,E100(I),RAZ1C)
CALL FCHAR(0.,FCHA6,0.08,0.1,0.)
WRITE(7,409)
409 FCRMAT('RAZ1C')
425 IF(III-8) 441,442,442
442 CALL FPLOT(-2,0.,0.)
DO 440 I=1,N
MAN=(I+0.1)/2
AUDI=I/2.0-0.2
IF(AUDI-MAN) 439,439,440
439 CALL FPLOT(1,E100(I),SIGMA(I))
CALL FPLOT(-2,E100(I),SIGMA(I))
440 CALL FPLOT(0,E100(I),SIGMA(I))
FCHA2=E100(N)/2.0-0.6/SCAF1
AUDI=0.8/SCAF2
CALL FCHAR(FCHA2,AUDI,0.08,0.08,C.)
WRITE(7,438)
438 FCRMAT('CURVA DE LABORATORIO ----')
CALL FCHAR(AMAM,AMAM1,0.08,0.1,0.)
WRITE(7,427)

C
C MUDANCA DE ORIGEM
441 GO TO(420,421,422,423,420,421,422,423,420,421),III
420 AMAM=SCAF4
SCAF3=(PAUL1/SCAF2)+SCAF3
GO TO 430
421 AMAM=PAUL2/SCAF1+SCAF4
GO TO 430
422 AMAM=SCAF4
SCAF3=SCAF3-(PAUL1/SCAF2)

```

```

      END
423  AMAM=PAUL3/SCAF1+SCAF4
430  IF(III-10) 436,437,437
437  AMAM=(PAUL2+PAUL3)/SCAF1+SCAF4
      SCAF3=SCAF3-(PAUL1/SCAF2)
436  CALL FPLOTT(0,AMAM,SCAF3)
770  CCNTINUE
C    -----FIM DO PLOTTER-----
      GO TO 512
511  CCNTINUE
      CALL EXIT
      END
// XEQ

```

A.5

PROGRAMA LIN5Cartões de Entrada de Dados:

3º Cartão:

4º campo: Deixando-se em branco, obtem-se os desenhos no formato utilizado nas teses. Perfurando-se um número positivo, os desenhos resultam ampliados numa escala máxima compatível com a folha do computador.

Todos os outros campos e cartões são idênticos ao do programa UUPH. O PLOTTER utiliza duas folhas de computador e um tempo de 10 minutos na execução dos desenhos. Cada

ensaio poderá ter até 100 cartões de dados e até 20 ensaios para determinação dos parâmetros hiperbólicos.

Alternativas como o uso de deformações axiais específicas para escolha dos pontos de fixação da hipérbole ou desenhos em outra escala poderão ser inseridas nesses programas. No caso dos programas LIN1 e LIN3, existe um programa para traçado dos caminhos de tensões efetivas, podendo ser obtido no Laboratório de Mecânica dos Solos da COPPE-UFRJ.

*LIST ALL

*ICCS(2501READER,1403 PRINTER,PLOTTER,CARD)

C-----

HED I 6=1.22

C-----

C-----

```
221 READ(8,1)DEFLE(I),ANEL(I),BURET(I)
```

```

1  FORMAT(8F10.5)
   GC TO 222
220  READ(8,1)DEFLE(I),BURET(I),ANEL(I)
222  CONTINUE
     IF(DEFLE(I)+1.0)107,106,107
107  N=N+1
110  BURE(I)=BURET(I)
C-----
C    CALCULO DO ENSAIO
C-----
106  VCLUM=ACCRP*HCORP*0.1
     AUDI=BURET(I)
     GC 2 I=1,N,1
     A=3.1416*PLUNG**2/4.0
     VP=(DEFLE(I)-DEFLE(1))*A*0.1
     IF(MARIA-2000.C)4043,4044,428
4044  BURET(I)=VP+(BURET(I)-AUDI      )*KBUR2
     GO TO 4045
C    USADC QUANDO AV DA BURETA FOR + E AV DO C. P. TAMBEM Q
4043  BURET(I)=VP-(BURET(I)-AUDI      )*KBUR2
     GO TO 4045
428  IF(DALVA-ALA)4083,4084,4083
C---  BURETA DECRESCCE QUANDO CORPO DE PROVA AUMENTA
4084  BURET(I)=BURET(I)-AUDI
     GO TO 4045
C---  BURETA CRESCE QUANDO CORPO DE PROVA AUMENTA
4083  BURET(I)=AUDI-BURET(I)
4045  BURET(I)=0.0
     EVCL(I)=BURET(I)/VOLUM
     EVCLP(I)=EVOL(I)*100.
     E1(I)=(DEFLE(I)-DEFLE(1))/HCORP
     IF(E1(I)) 504,505,504
505  ACCRR(I)=ACORP
     E100L(I)=0.
     GO TO 506
504  ACCRR(I)=ACORP*((1.-EVOL(I))/(100.-E1(I)*100.))*100.
     E100L(I)=ALOG(ABS(E1(I)*100.))
506  CARGA(I)=(ANEL(I)-ANEL(1))*CONEL
     E100(I)=E1(I)*100.
     SIGMA(I)=CARGA(I)/ACORR(I)
     CI(I)=SIGMA(I)/2.0
     PI(I)=(SIGMA(I)+2*SIGM3)/2.0
     E300(I)=(E1(I)-EVOL(I))/2.
     IF(E300(I))333,334,333
334  E13(I)=0.
     E300L(I)=0.
     GO TO 335
333  E13(I)=E300(I)/E1(I)
     E300L(I)=ALOG(ABS(E300(I)*100.))
335  IF(E1(I)) 301,300,301

```

```

300 MI(I)=0.
    GO TO 302
301 MI(I)=E300(I)/E1(I)
302 IF(SIGMA(I))500,501,500
500 RAZAO(I)=E1(I)/SIGMA(I)
    RAZ1(I)=E1(I)/(SIGMA(I)**2)
    RAZ2(I)=SQRT(E1(I))/SIGMA(I)
    GO TO 2
501 RAZAO(I)=0.
    RAZ1(I)=0.
    RAZ2(I)=0.
2 CCNTINUE
    DO 999 I=2,N
    YOUNG(I-1)=(SIGMA(I)-SIGMA(I-1))/(E1(I)-E1(I-1))
999 MITAN(I-1)=(E300(I)-E300(I-1))/(E1(I)-E1(I-1))
    MITAN(N)=MITAN(N-1)
    YOUNG(N)=YOUNG(N-1)

C
C DETERMINACAO DOS MAXIMOS E MINIMOS
C
    DO 1082 J=1,10
    JJ=J+10
    MANA(J)=1
    MANA(JJ)=1
    GO TO (1083,1084,1085,1086,1087,1088,1089,1090,1091,1092),J
1083 CONTC=E300L(1)
    GO TO 1093
1084 CONTC=SIGMA(1)
    GO TO 1093
1085 CONTC=E300(1)
    GO TO 1093
1086 CONTC=E13(1)
    GO TO 1093
1087 CONTC=RAZ2(1)
    GO TO 1093
1088 CONTC=RAZAO(1)
    GO TO 1093
1089 CONTC=RAZ1(1)
    GO TO 1093
1090 CONTC=E100L(1)
    GO TO 1093
1091 CONTC=EVOLP(1)
    GO TO 1093
1092 CONTC=E100(1)
1093 CONTN=CONTC
    DO 1080 I=1,N
    GO TO(1094,1095,1096,1097,1098,1099,1100,1101,1102,1103),J
1094 PA(J)=E300L(I)
    GO TO 1104
1095 PA(J)=SIGMA(I)

```

```

      GO TG 1104
1096  PA(J)=E300(I)
      GO TO 1104
      1097  PA(J)=E13(I)
      GO TG 1104
1098  PA(J)=RAZ2(I)
      GO TG 1104
1099  PA(J)=RAZAO(I)
      GO TG 1104
1100  PA(J)=RAZ1(I)
      GO TG 1104
1101  PA(J)=E100L(I)
      GO TG 1104
      1102  PA(J)=EVOLP(I)
      GO TG 1104
1103  PA(J)=E100(I)
1104  PA(JJ)=PA(J)
      IF (CONTN-PA(JJ)) 3081, 3080, 3080
3080  CONTN=PA(JJ)
      MANA(JJ)=I
3081  CONTINUE
      IF (CONTO-PA(J)) 1081, 1080, 1080
1081  CONTC=PA(J)
      MANA(J)=I
1080  CONTINUE
      PA(J)=CONTO
      PA(JJ)=CONTN
1082  CONTINUE
C
C      ARMAZENAMENTO DE P E Q CORRESPONDENTES A SIGMA MAXIMO
C
      I=MANA(2)
      MCS=MCS+1
      PII(MCS)=PI(I)
      QII(MCS)=QI(I)
C-----
C      IMPRESSAO DOS RESULTADOS
C-----
C      DETERMINACAO DOS SIGMAS PERCENTUAIS *****
      IF (PINI) 2901, 2901, 2902
2901  PINI=0.7
      PFIM=0.95
2902  AUDI=PFIM*PA(2)
      K=0
105   CO 97 I=1, N
      IF (SIGMA(I)-AUDI) 97, 99, 99
      97  CONTINUE
      I=I-1
99    IF (I-1) 101, 100, 101
101   IF ((SIGMA(I)-AUDI)-(AUDI-SIGMA(I-1))) 102, 102, 100

```

```

100 MANN=I-1
   GO TC 98
102 MANN=I
98  K=K+1
   GO TC(103,104),K
103 IFIM=MANN
   AUDI=PINI*PA(2)
   GO TC 105
104 IINI=MANN
C  ***** CALCULO DO PARAMETRO A E B DE KONDNER*****
   B=(RAZAO(IFIM)-RAZAO(IINI))/(E1(IFIM)-E1(IINI))
   A=RAZAO(IINI)-B*E1(IINI)
   TAN=1/A
   ULT=1/B
   RF=PA(2)/ULT
C
C  ARMAZENAMENTO DE VARIOS PARAMETROS
C
   TANN(MCS)=TAN
   RFF(MCS)=RF
   SIG3P(MCS)=SIGM3
   E70(MCS)=E100(IINI)
   E95(MCS)=E100(IFIM)
   D(MCS)=(E13(IFIM)-E13(IINI))/(E300(IFIM)-E300(IINI))
   MITAI(MCS)=E13(IFIM)-D(MCS)*E300(IFIM)
   AMAM=E300(IFIM)
   AMAM1=E300(IINI)
   AMAM=ALOG(AMAM)/ALOG(10.0)
   AMAM1=ALOG(AMAM1)/ALOG(10.0)
   AMAM=AMAM-AMAM1
   AMAM1=E1(IFIM)
   AMAM1=ALOG(AMAM1)/ALOG(10.0)
   AUDI=E1(IINI)
   AUDI=ALOG(AUDI)/ALOG(10.0)
   AMAM1=AMAM1-AUDI
   MLADE(MCS)=AMAM/AMAM1
   AMAM=E300(IFIM)
   AUDI=E1(IFIM)
   AMAM=ALOG(AMAM)/ALOG(10.0)-MLADE(MCS)*(ALOG(AUDI)/ALOG(10.0
*))
   PLADE(MCS)=10.0**AMAM
   WRITE(5,780)TAN,ULT,RF
780 FORMAT(/,4X,'MT',7X,'ULT',9X,'RF',/,3F10.5,/,3F10.5,/,
*3F10.5,2I10)
C  INICIO DO PLOTTER
C  -----
C  INICIO DO PLOTTER
C  -----
C  -----FIM DO PLOTTER-----
C
   GO TC 512

```

```

511 CONTINUE
C - C - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0
C - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0
C MAN=1
C
C--- INTERPOLACAO PARA OBTENCAO DE C,FI
C
P10=0.0
Q10=0.
II=0
PP=0.
PQ=0.
CC 4201 I=1,MCS
II=II+1
P10=P10+PII(I)
Q10=Q10+QII(I)
PQ=PQ+PII(I)*QII(I)
4201 PP=PP+PII(I)**2
ALFA=(II*PQ-P10*Q10)/(II*PP-P10**2)
TIAGO=(Q10-ALFA*P10)/II
C-----CALCULO DE *FI* E *C* EFETIVOS
AMAM=1.0-ALFA**2
AMAM=SQRT(AMAM)
AUDI=ALFA/AMAM
CCESO=TIAGO/AMAM
FI=ATAN(AUDI)
FI=(180.0/3.1416)*FI
WRITE(MARK,4203)COESO,FI
4203 FORMAT(/,21('*'),5X,'CRITERIO SIGMA''1/SIGMA''3 MAXIMO',
*5X,20('*'),/,20X,'COESAO=',2X,F8.3,5X,'KG/CM2',5X,'FI=',
*F8.3,2X,'GRAUS')
C
C--- INTERPOLACAO PARA OBTENCAO DE G,F,D
C
AMAM1=0.
P10=0.0
Q10=0.
II=0
PP=0.
PQ=0.
CC 4200 I=1,MCS
II=II+1
AMAM1=AMAM1+O(I)
AUDI=SIG3P(I)
P10=P10+ALOG(AUDI)/ALOG(10.0)
Q10=Q10+MITAI(I)
PQ=PQ+MITAI(I)*(ALOG(AUDI)/ALOG(10.0))
4200 PP=PP+(ALOG(AUDI)/ALOG(10.0))**2
F=(II*PQ-P10*Q10)/(II*PP-P10**2)

```

```
G=(Q10-F*P10)/II
D(21)=AMAM1/II
```

```
C
C--- INTERPOLACAO PARA OBTENCAO DE K,N,RF
C
```

```
PQ=0.
PP=0.
II=0
Q10=0.
P10=0.0
AMAM1=0.
CC 4222 I=1,MCS
II=II+1
AMAM1=AMAM1+RFF(I)
AMAM=TANN(I)
Q10=Q10+ALOG(AMAM)/ALOG(10.0)
AUDI=SIG3P(I)
P10=P10+ALOG(AUDI)/ALOG(10.0)
PQ=PQ+(ALOG(AMAM)/ALOG(10.0))*(ALOG(AUDI)/ALOG(10.0))
4222 PP=PP+(ALOG(AUDI)/ALOG(10.0))**2
ALFAN=(II*PQ-P10*Q10)/(II*PP-P10**2)
COESK=(Q10-ALFAN*P10)/II
CCESK=10.0**COESK
RFF(21)=AMAM1/II
```

```
C
C--- FORMULACAO DO LADE PARA MI-TANGENTE
C
```

```
PQ=0.
PP=0.
II=0
Q10=0.
P10=0.
AMAM1=0.
CC 4240 I=1,MCS
II=II+1
AMAM1=AMAM1+MLADE(I)
AMAM=PLADE(I)
Q10=Q10+ALOG(AMAM)/ALOG(10.0)
AUDI=SIG3P(I)
P10=P10+ALOG(AUDI)/ALOG(10.0)
PQ=PQ+(ALOG(AMAM)/ALOG(10.0))*(ALOG(AUDI)/ALOG(10.0))
4240 PP=PP+(ALOG(AUDI)/ALOG(10.0))**2
MLADE(21)=AMAM1/II
ALFAQ=(II*PQ-P10*Q10)/(II*PP-P10**2)
CCESL=(Q10-ALFAQ*P10)/II
COESL=10.0**COESL
WRITE(MARK,4223)
```

```
4223 FCRMAT('1',5(/),12X,12(' '), ' RESUMO DOS PARAMETROS HIPER'
*, 'BOLICOS ',11(' '), ///,12X, 'OBTENCAO DE 'C' E 'FI'
*, 'DE MOHR-COULOMB', ///,12X, 'AMOSTRAS',13X, 'P',9X, 'Q',//)
```



```

CC 4224 I=1,MCS
4224 WRITE(MARK,4225)(DATEP(I,J),J=1,2),PII(I),QII(I)
4225 FORMAT(12X,2A4,5(' '),F10.3,5(' '),F10.3,5(' '),/)
      WRITE(MARK,4226)TIAGO,ALFA,COESO,FI
4226 FCRMAT(12X,65(' '),/,28X,'A=',F8.4,5X,'ALFA=',F8.3,/,28X,
*'C=',F8.4,5X,'FI  =',F8.3,///,12X,'OBTENCAO DE  'K','N'
*,' E  'RF' DE KONDNER',///,12X,'AMOSTRAS',12X,'MI',11X,
*'SIGMA 3',11X,'RF',//)
      CO 4227 I=1,MCS
4227 WRITE(MARK,4228)(DATEP(I,J),J=1,2),TANN(I),SIG3P(I),RFF(I)
4228 FORMAT(12X,2A4,5(' '),F10.3,5(' '),F10.3,5(' '),F10.3,
*5(' '),/)
      WRITE(MARK,4229)COESK,ALFAN,RFF(21)
4229 FORMAT(/,12X,65(' '),/,28X,'K=',F8.4,5X,'N=',F8.4,5X,'RF=',
*F8.4,/,',1',5(/),12X,12(' '),', RESUMO DOS PARAMETROS HIPER'
*,',BOLICOS ',11(' '), ///,12X,'OBTENCAO DE  'G','F' E  '
*,',D' DE KONDNER',///,12X,'AMOSTRAS',11X,'MIT',11X,
*'SIGMA3',10X,'D(I)',//)
      CO 4230 I=1,MCS
4230 WRITE(MARK,4231)(DATEP(I,J),J=1,2),MITAI(I),SIG3P(I),D(I)
4231 FORMAT(12X,2A4,5(' '),F10.3,5(' '),F10.3,5(' '),F10.3
*,5(' '),/)
      WRITE(MARK,4232)G,F,D(21)
4232 FCRMAT(12X,65(' '),/,28X,'G=',F8.4,5X,'F=',F8.4,5X,'D=',
*F8.4,///,12X,'OBTENCAO DE  'M','L' E  'Q' DE LADE',///,
*12X,'AMOSTRAS',12X,'P',12X,'SIGMA 3',9X,'M(I)',//)
      CC 4241 I=1,MCS
4241 WRITE(MARK,4242)(DATEP(I,J),J=1,2),PLADE(I),SIG3P(I),
*MLADE(I)
4242 FORMAT(12X,2A4,5(' '),F10.3,5(' '),F10.3,5(' '),F10.3,
*5(' '),/)
      WRITE(MARK,4243)COESL,ALFAQ,MLADE(21)
4243 FCRMAT(12X,65(' '),/,28X,'L=',F8.4,5X,'Q=',F8.4,5X,'M=',
*F8.4)
C      - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0
C
C      - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0
C----LINS----LINS----LINS----LINS----LINS----LINS----LINS----LINS
C
C      INICIO DO PLOTTER PARA OBTENCAO DE C' E FI'
C
C----LINS----LINS----LINS----LINS----LINS----LINS----LINS----LINS
      AUCI=PII(1)
      AMAM=QII(1)
      CO 4204 I=1,MCS
      IF(PII(I)-AUDI)4206,4205,4205
4205 AUCI=PII(I)
4206 IF(QII(I)-AMAM)4204,4208,4208
4208 AMAM=QII(I)
4204 CONTINUE

```

```

MAX1=AUDI
MAX2=AMAM
INFER=HEDI/((MAX1+1)*2.54)
KNELT=HECI1/((MAX2+1)*2.54)
SCAF1=0.01*INFER
SCAF2=0.01*KNELT
SCAF2=SCAF1
CALL SCALF(SCAF1,SCAF2,0.,0.)
IGRI4=(MAX1+1)*2
CALL FGRID(0,0.,0.,0.5,IGRI4)
MAN=0
IGRI4=IGRI4/4
FCHA1=-0.2/SCAF2
DO 4209 I=1,IGRI4
MAN=MAN+2
AMAM=MAN-0.2/SCAF1
AUDI=MAN*1
CALL FCHAR(AMAM,FCHA1,0.08,0.09,0.)
4209 WRITE(7,4210)AUDI
4210 FCRMAT(F4.1)
IGRI2=(MAX2+1)*2
CALL FGRID(1,0.0,0.0,0.5,IGRI2)
MANN=2
IGRI2=IGRI2/4
FCHA2=-0.52/SCAF1
MAN=MANN*(IGRI2+1)
IGRI2=IGRI2+1
DO 4211 I=1,IGRI2
MAN=MAN-MANN
AMAM=MAN
CALL FCHAR(FCHA2,AMAM,0.08,0.09,C.)
4211 WRITE(7,4212)AMAM
4212 FORMAT(F6.1)
JJ1=0
DO 4214 I=1,MCS
CALL FPLOT(-2,PII(I),QII(I))
CALL POINT(0)
AUDI=PII(I)
AMAM=QII(I)+0.09/SCAF2
CALL FCHAR(AUDI,AMAM,0.07,0.08,C.0)
JJ1=JJ1+1
4214 WRITE(7,4215)JJ1
4215 FORMAT(I1)
AUDI=MAX1+1-0.88/SCAF1
AMAM=0.12/SCAF2
CALL FCHAR(AUDI,AMAM,0.08,0.09,0.)
WRITE(7,4216)
4216 FCRMAT(*P (KG/CM2)*)
AUDI=0.01/SCAF1
AMAM=MAX2+1+0.2/SCAF2

```

```

      CALL FCHAR(AUDI,AMAM,0.08,0.09,0.)
      WRITE(7,4217)
4217  FORMAT('Q (KG/CM2)')
      AMAM=MAX2+1-HEDI6/SCAF2
      AUDI=1.7/SCAF1
      CALL FCHAR(AUDI,AMAM,0.08,0.09,0.)
      WRITE(7,4218)COESO,FI
4218  FORMAT('C'=' ',F6.3,' ',FI'=' ',F6.3)
      AMAM=AMAM-0.13/SCAF2
      CALL FCHAR(AUDI,AMAM,0.08,0.09,0.)
      WRITE(7,4233)TIAGO,ALFA
4233  FORMAT('A'=' ',F6.3,' ',ALFA=' ',F6.2)
      CALL FPLOT(-2,0.,TIAGO)
      AUDI=ALFA*(MAX1+1)+TIAGO
      AMAM=MAX1+1
      CALL FPLOT(0,AMAM,AUDI)
      AMAM=MAX2+1+0.4/SCAF2
      AUDI=1.2/SCAF1
      CALL FCHAR(AUDI,AMAM,0.08,0.09,0.)
      WRITE(7,4219)
4219  FORMAT('OBTENCAO DE C' ' E FI' ' (LAMBE)')
      AUDI=MAX2+1-HEDI4/SCAF2
      AMAM=HEDI5/SCAF1
      DO 4220 I=1,MCS
      CALL FCHAR(AMAM,AUDI,0.08,0.09,0.)
      WRITE(7,4221)I,(DATEP(I,J),J=1,2)
4221  FORMAT(I2,' - ',2A4)
4220  AUDI=AUDI-0.13/SCAF2
      AMAM=0.0
      SCAF3=HEDI2/SCAF2
      CALL FPLOT(0,AMAM,SCAF3)
C--  DETERMINACAO DOS MAXIMOS E MINIMOS
      AMAM2=MITAI(1)
      AMAM=TANN(1)
      AMAM1=SIG3P(1)
      AUDI=PLADE(1)
      DO 4244 I=1,MCS
      IF(TANN(I)-AMAM)4246,4245,4245
4245  AMAM=TANN(I)
4246  IF(SIG3P(I)-AMAM1)4248,4247,4247
4247  AMAM1=SIG3P(I)
4248  IF(PLADE(I)-AUDI)4250,4249,4249
4249  AUDI=PLADE(I)
4250  IF(MITAI(I)-AMAM2)4244,4251,4251
4251  AMAM2=MITAI(I)
4244  CONTINUE
      MAX1=ALOG(AMAM1)/ALOG(10.0)+1.0
      MAX2=ALOG(AMAM)/ALOG(10.0)+1.0
      MAX3=AMAM2*10.0+1.0
      MAX4=ALOG(AUDI)/ALOG(10.0)+1.0

```

```

AUDI=PLADE(1)
CC 4252 I=1,MCS
IF(PLADE(I)-AUDI)4255,4252,4252
4255 AUDI=PLADE(I)
4252 CONTINUE
MIN4=ALOG(AUDI)/ALOG(10.0)-1.0
C-- DETERMINACAO DAS ESCALAS
SCAF3=0.
INFER=MAX1+1
KNELT=MAX2
CC 4260 III=1,3
INFER=HEDI/(INFER*2.54)
KNELT=HEDI1/(KNELT*2.54)
SCAF1=0.01*INFER
SCAF2=0.01*KNELT
CALL SCALF(SCAF1,SCAF2,-1.0,SCAF3)
AMAM=MAX1
CALL FPLOT(-2,-1.0,0.)
CALL FPLOT(0,AMAM,0.)
AMAM=MAX2
AMAM1=-1.0
CALL FPLOT(1,AMAM1,AMAM)
CALL FPLOT(2,AMAM1,0.)
C-- TRACADO DOS PONTOS NO EIXO DOS X
AMAM2=-0.15/SCAF2
AUDI=0.1
MAN=MAX1+1
CC 4256 I=1,MAN
DO 4257 II=2,10
AMAM=II*AUDI
AMAM1=ALOG(AMAM)/ALOG(10.0)
CALL FPLOT(1,AMAM1,0.)
CALL FPLOT(2,AMAM1,0.)
4257 CALL POINT(0)
AMAM=I-1
AMAM1=AMAM1-0.52/SCAF1
CALL FCHAR(AMAM1,AMAM2,0.08,0.09,0.)
AMAM=10.0**AMAM+0.01
WRITE(7,4258)AMAM
4258 FORMAT(F8.1)
4256 AUDI=10.0*AUDI
AMAM=MAX1-1.28/SCAF1
AMAM1=0.1/SCAF2
CALL FCHAR(AMAM,AMAM1,0.08,0.09,0.)
WRITE(7,4253)
4253 FORMAT('LOG (SIGMA**3',*/PA)')
C-- TRACADO DOS PONTOS NO EIXO DOS Y
FAL=0.0
AUDI=1.0
MAN=MAX2

```

```

      IF(TESE)4287,4254,4287
4287 IF(III-2)4285,4271,4254
4285 CALL FPLLOT(0,-1.0,0.)
      CALL SCALF(SCAF1,SCAF1,-1.0,1.0)
      SCAF2=SCAF1
      MAN=MAX2-1
      AUDI=10.0
      FAL=1.0
4254 AMAM2=-1.0-0.70/SCAF1
      CC 4262 I=1,MAN
      CC 4263 II=2,10
      AMAP=II*AUDI
      AMAM1=ALOG(AMAM)/ALOG(10.0)
      CALL FPLLOT(1,-1.0,AMAM1)
      CALL FPLLOT(2,-1.0,AMAM1)
4263 CALL POINT(0)
      AMAM=I+FAL-1
      CALL FCHAR(AMAM2,AMAM,0.08,0.09,0.)
      AMAM=10.0**AMAM+0.01
      WRITE(7,4258)AMAM
4262 AUDI=10.0*AUDI
      AMAM=I+FAL-1
      CALL FCHAR(AMAM2,AMAM,0.08,0.09,0.0)
      AMAM=10.0**AMAM+0.01
      WRITE(7,4258)AMAM
      IF(III-1)4259,4259,4261
4259 DO 4265 I=1,MCS
      AUDI=SIG3P(I)
      AUDI=ALOG(AUDI)/ALOG(10.0)
      AMAM=TANN(I)
      AMAM=ALOG(AMAM)/ALOG(10.0)
      CALL FPLLOT(-2,AUDI,AMAM)
      CALL POINT(0)
      CALL FCHAR(AUDI,AMAM,0.08,0.09,0.)
4265 WRITE(7,4275)I
4275 FCRMAT(I2)
      AUDI=-0.3
      AMAM=MAX2-2.5/SCAF2
      CALL FCHAR(AUDI,AMAM,0.08,0.09,0.)
      WRITE(7,4276)COESK,ALFAN,RFF(21)
4276 FORMAT('K=',F6.1,', N=',F6.3,', RF=',F6.3)
      AMAM=ALOG(COESK)/ALOG(10.0)-ALFAN
      CALL FPLLOT(-2,-1.0,AMAM)
      AMAM=ALFAN*(MAX1+1)+AMAM
      AMAM1=MAX1
      CALL FPLLOT(0,AMAM1,AMAM)
      CALL FPLLOT(1,AMAM1,AMAM)
      AMAM=MAX2+0.1/SCAF2
      AMAM1=-1.0+1.2/SCAF1
      CALL FCHAR(AMAM1,AMAM,0.08,0.09,C.)

```

```

WRITE(7,4272)
4272 FORMAT('OBTENCAO DE **K** E **N** (KONDNER)')
      AMAM=MAX2
      AMAMI=-1.0+0.1/SCAF1
      CALL FCHAR(AMAM1,AMAM,0.08,0.09,0.)
      WRITE(7,4282)
4282 FORMAT('LOG EI/PA')
C -----
      IF(TESE)4288,4289,4288
4288 CALL FPLOT(0,-1.0,1.0)
      CALL SCALF(SCAF1,SCAF1,-1.0,0.)
4289 CONTINUE
      AMAM=FEDI3/SCAF2
      AMAM1=11.08/SCAF1-1.0
      CALL FPLOT(0,AMAM1,AMAM)
      KNELT=MAX3
      INFER=MAX1+1
      MAX2=MAX3
      GO TO 4260
4261 CONTINUE
      AMAM=MIN3
      CALL FPLOT(-2,-1.0,0.)
      CALL FPLOT(0,-1.0,AMAM)
      AMAM2=-1.0-0.70/SCAF1
      MAX2=MIN3*(-1.0)
      AUDI=10.0
      CC 4266 I=1,MAX2
      CC 4267 II=1,10
      AMAM=II/AUDI
      AMAM1=ALOG(AMAM)/ALOG(10.0)
      CALL FPLOT(1,-1.0,AMAM1)
      CALL FPLOT(2,-1.0,AMAM1)
4267 CALL POINT(0)
      AMAM=I-2
      CALL FCHAR(AMAM2,AMAM,0.08,0.09,0.)
      AMAM=10.0**AMAM+0.001
      WRITE(7,4258)AMAM
4266 AUDI=10.0*AUDI
      IF(III-2)4264,4264,4269
4264 AMAM=ALOG(G)/ALOG(10.0)
4271 MAN=MAX3*2
      CALL FGRID(1,-1.0,0.,0.5,MAN)
      AMAM=-0.52/SCAF1-1.0
      MAN1=-1
      MAN=MAN/2
      MAN=MAN+1
      CC 4279 I=1,MAN
      MAN1=MAN1+1
      AMAM1=MAN1
      AMAM2=AMAM1*0.1

```

```

CALL FCHAR(AMAM,AMAM1,0.08,0.09,C.)
4279 WRITE(7,4280)AMAM2
4280 FORMAT(F6.2)
      AMAM=(G-F)*10.0
      CALL FPLOT(-2,-1.0,AMAM)
      AMAM=F*(MAX1+1)*10.0+AMAM
      AMAM1=MAX1
      CALL FPLOT(0,AMAM1,AMAM)
      CALL FPLOT(1,AMAM1,AMAM)
      DO 4268 I=1,MCS
      AUDI=SIG3P(I)
      AUDI=ALOG(AUDI)/ALOG(10.0)
      AMAM=MITAI(I)*10.C
      CALL FPLOT(-2,AUDI,AMAM)
      CALL POINT(0)
      CALL FCHAR(AUDI,AMAM,0.08,0.09,0.)
4268 WRITE(7,4275)I
      AUDI=-0.3
      AMAM=MAX2-2.5/SCAF2
      CALL FCHAR(AUDI,AMAM,0.08,0.09,0.)
      WRITE(7,4277)G,F,D(21)
4277 FORMAT('G=',F7.3,', F=',F7.3,', D=',F6.2)
      AMAM=MAX2+0.1/SCAF2
      AMAM1=-1.0+1.2/SCAF1
      CALL FCHAR(AMAM1,AMAM,0.08,0.09,0.)
      WRITE(7,4273)
4273 FORMAT('OBTENCAO DE 'G' E 'F' (KONDNER)')
      AMAM=MAX2
      AMAM1=-1.0+0.1/SCAF1
      CALL FCHAR(AMAM1,AMAM,0.08,0.09,C.)
      WRITE(7,4281)
4281 FORMAT('MIT')
      AMAM=FEDI2/SCAF2
      AMAM1=-1.
      CALL FPLOT(0,AMAM1,AMAM)
      KNELT=MAX4-MIN4
      MAX2=MAX4
      SCAF3=MIN4
      MIN3=MIN4
      INFER=MAX1+1
      GO TO 4260
4269 AMAM=ALOG(COESL)/ALOG(10.0)-ALFAQ
      CALL FPLOT(-2,-1.0,AMAM)
      AMAM=ALFAQ*(MAX1+1)+AMAM
      AMAM1=MAX1
      CALL FPLOT(0,AMAM1,AMAM)
      CALL FPLOT(1,AMAM1,AMAM)
      DO 4270 I=1,MCS
      AUDI=SIG3P(I)
      AUDI=ALOG(AUDI)/ALOG(10.0)

```

```

AMAM=PLADE(I)
AMAM=ALOG(AMAM)/ALOG(10.0)
CALL FPLOT(-2,AUDI,AMAM)
CALL POINT(0)
CALL FCHAR(AUDI,AMAM,0.08,0.09,0.)
4270 WRITE(7,4275)I
AMAM=MAX2-2.5/SCAF2
AUDI=-0.3
CALL FCHAR(AUDI,AMAM,0.08,0.09,0.)
WRITE(7,4278)COESL,ALFAQ,MLADE(21)
4278 FORMAT('L=',F7.3,', Q=',F7.3,', M=',F7.3)
AMAM=MAX2+0.1/SCAF2
AMAM1=-1.0+1.2/SCAF1
CALL FCHAR(AMAM1,AMAM,0.08,0.09,0.)
WRITE(7,4274)
4274 FORMAT('OBTENCAO DE ''L'' E ''Q'' (LADE)')
AMAM=MAX2
AMAM1=-1.0+0.1/SCAF1
CALL FCHAR(AMAM1,AMAM,0.08,0.09,0.)
WRITE(7,4286)
4286 FORMAT('LOG P')
4260 CONTINUE
AMAM=HEDI3/SCAF2+SCAF3
AMAM1=11.08/SCAF1-1.0
CALL FPLOT(0,AMAM1,AMAM)
C-----LINS-----LINS-----LINS-----LINS-----LINS-----LINS-----LINS-----LINS
C
C      FIM DO PLOTTER PARA OBTENCAO DE C' E FI'
C
C-----LINS-----LINS-----LINS-----LINS-----LINS-----LINS-----LINS-----LINS
CALL EXIT
END

```

// *

SIMBOLOGIA

\bar{A} , A BARRA	coeficiente de pressão neutra = $\Delta\mu/\Delta\sigma_1$
c	coesão do solo.
E_{ur}	módulo de elasticidade correspondente ao descarregamento-recarregamento.
E_i , EI	módulo de elasticidade inicial.
ϵ , ϵ_a , ϵ_1 , E100, DEFOR	deformação específica axial do corpo de prova.
ϵ_r , ϵ_3 , E300	deformação específica na direção de σ_3
E31	coeficiente de Poisson.
ϕ	ângulo de atrito do solo.
G, F, d	parâmetros hiperbólicos de variação de volume.

K, n	parâmetros que caracterizam a variação do E_i com σ_3
K_{ur}, n	parâmetros que caracterizam a variação de E_{ur} com σ_3
L, q, m	parâmetros correspondentes à formulação de NOBARI.
ν_i, ν_t	coeficiente de Poisson inicial e tangente.
P_a, PA	pressão atmosférica.
P	semi-soma das tensões principais.
Q	semi-diferença das tensões principais.
R_f	coeficiente que correlaciona σ_{ult} com $\sigma_{d_{max}}$
σ_1	tensão principal maior
σ_3	tensão principal menor
σ_{ult}	tensão desvio tomada na curva teórica para $\epsilon = \infty$
$\sigma_d, \sigma_{d_{max}}$	tensão desvio; tensão desvio máxima do ensaio.