

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

LABORATÓRIO DE SOLOS II

SUPERVISOR: CÍCERO CIRO DE A. BRAGA

ALUNO: JORAN CORREA COSTA

PERÍODO: 17/08/78 a 20/01/79



Biblioteca Setorial do CDSA. Outubro de 2021.

Sumé - PB

AGRADECIMENTOS

Aos professores Cícero Giro de Albuquerque Braga e Canrobert G., pela confiança e oportunidade que me concederam para a realização deste estágio, como também pela orientação sincera e segura durante a execução do mesmo.

Aos funcionários e laboratoristas do laboratório de Solos II, pela grande colaboração que os mesmos me deram durante o período de estágio.

Ao colega e amigo Luiz Paulo, pelo companheirismo e ajuda, especialmente durante este estágio.

Ao colega e amigo João Falcão, pela colaboração que me deu fazendo algumas das fotografias que aqui seguem, ajudando assim, a melhor apresentação deste trabalho.

A datilógrafa, pelo cuidado na boa apresentação do trabalho e pelo serviço prestado.

## A P R E S E N T A Ç Ã O

O presente relatório, é objeto do requisito para obtenção dos créditos correspondentes ao estágio realizado pelo aluno JORAN CORREA COSTA e supervisionado pelo professor CÍCERO CIRO DE ALBUQUERQUE BRAGA.

Este trabalho apresenta uma descrição do equipamento utilizado para ensaios triaxiais, instalado no laboratório de solos II, no Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba sede de Campina Grande.

Apresenta também os acessórios que foram utilizados nas Teses dos professores Cícero Ciro e Canrobert G. e ainda uma descrição sucinta da técnica de ensaios e processo utilizado no cálculo dos parâmetros.

O trabalho está ilustrado com várias fotografias e com um conjunto típico de resultados de ensaios relacionando as características de um solo latéritico da jazida de Nova Floresta - Pb para diferentes teores de aglutinantes, Cal ou Cimento.

Ilmo. Sr. Coordenador do Curso de Engenharia Civil do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande - Pb.

JORAN CORREA COSTA, aluno regularmente matriculado no Curso de Engenharia Civil deste Centro, sob o nº de inscrição 7411113-1, com estágio supervisionado no laboratório de solos II, do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, com sede em Campina Grande, solicita que Vossa Senhoria se digne apreciar o seu relatório anexo, em duas vias, bem como o parecer do professor orientador deste estágio Cícero Giro de Albuquerque Braga, sobre o referido, solicita também que o mesmo seja encaminhado a quem de direito, para a atribuição do devido conceito e que se for o caso, seja feita a contagem dos créditos correspondentes.

Nestes Termos

Pede Deferimento

Campina Grande, 04 de fevereiro de 1979

Joran Correa Costa

LISTA DE SÍMBOLOS UTILIZADOS

	<u>UNIDADE</u>
$\sigma_1$ - Tensão principal maior .....	Kg/cm <sup>2</sup>
$\sigma_3$ - Tensão principal menor .....	Kg/cm <sup>2</sup>
$A$ - Pressão neutra .....	Kg/cm <sup>2</sup>
$\gamma_s$ - Peso específico aparente seco .....	g/cm <sup>3</sup>
$h$ - Teor de Umidade .....	%
$\epsilon$ - Deformação axial .....	%
$c$ - Parâmetro coesão em tensões totais ....	Kg/cm <sup>2</sup>
$\phi$ - Ângulo de atrito em tensões totais ....	°(grau)

## ÍNDICE

AGRADECIMENTOS. ....	pg i
APRESENTAÇÃO... ..	ii
REQUERIMENTO... ..	iii
LISTA DE SÍMBOLOS UTILIZADOS.....	iv
GENERALIDADES.....	1
ENSAIO - objetivo e aparelhagem .....	2
MÉTODO E EXECUÇÃO DE ENSAIO .....	3
PREPARAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA.....	5
PERMEABILIDADE .....	6
PERMEÂMETRO .....	10
DESCRIÇÃO DOS CÁLCULOS .....	19
CALIBRAÇÃO .....	20
RESULTADOS DE ENSAÍOS .....	25

## 1 - GENERALIDADES

A correta determinação da RESISTÊNCIA ao cisalhamento dos solos é um dos problemas mais complexos da mecânica dos solos é um dos problemas mais complexos da mecânica dos solos.

O assunto é controvertido e, por isso, ainda em fase de estudos e pesquisas, como se verifica pelos trabalhos que frequentemente são publicados, visando esclarecer um ou outro aspecto da questão, até que, no futuro, se apresente de finitivamente, teórica e praticamente.

Segundo a equação de Coulomb:  $\tau = c + \sigma \tan \phi$ , a resistência ao cisalhamento de um solo se compõe basicamente, de duas componentes: a "Coesão" e o "Atrito" entre as partículas.

A determinação destes parâmetros, ou seja, a determinação da resistência ao cisalhamento de um solo é, usualmente, determinada no Laboratório por um dos seguintes ensaios:

Cisalhamento direto  
Compressão triaxial  
Compressão simples

O ensaio de Compressão triaxial, por ser teoricamente o mais perfeito é atualmente o mais usado.

Idealmente, o teste triaxial deve-se permitir o controle independente de três tensões principais.

O tipo de teste triaxial mais comumente usado em trabalho de pesquisa e em testes de rotina é o teste de compressão cilíndrico.

Neste teste, a amostra cilíndrica é lacerada numa membrana de borracha impermeável e inclusa numa célula, na qual pode ser sujeita à uma pressão fluida. Uma força aplicada axialmente através da ação de um pistão hidráulico agindo no topo, é usado para controlar a tensão vertical. Sob estas condições, a tensão axial é a tensão principal maior  $\sigma_1$ .

As tensões principais menor e intermediária ( $\sigma_2$  e  $\sigma_3$ , respectivamente) são ambas iguais à pressão na célula.

Conexões nas extremidades da amostra permitem tanto a drenagem d'água e ar dos vazios no solo, ou alternativamente, a medida da pressão efetiva sob condições de não drenagem.

Os testes são classificados de acordo com as condições de drenagem obtida durante cada estágio:

1.1. Testes não-drenado - Nenhuma drenagem, e assim nenhuma dissipação da pressão efetiva é permitida durante a a -



pliação da tensão confinante. Nenhuma drenagem é permitida durante a aplicação da tensão desviatória.

- 1.2. Testes consolidados não drenados - A drenagem é permitida durante a aplicação da tensão de confinamento; logo a amostra é completamente consolidada sob esta pressão.

Nenhuma drenagem é permitida durante a aplicação da tensão desviatória.

- 1.3. Testes drenados - A drenagem é permitida durante todo o teste, logo a consolidação completa ocorre sob a tensão de confinamento e nenhuma pressão efetiva em excesso é notada durante a aplicação da tensão desviatória.

- 1.4. Ensaio consolidado não-drenado - Estes ensaios foram realizados com corpos de prova compactados e submetidos a saturação.

Utilizaram-se as pressões confinantes de 1,0 Kg/cm<sup>2</sup>, 2,0 Kg/cm<sup>2</sup> e 3,0 Kg/cm<sup>2</sup>, aplicadas usando o aparelho de Bishop. O equipamento usado na realização dos ensaios foi de E.L.E. (Engineering Laboratory Equipment), constando de aparelho e célula triaxial devidamente preparada para medições de pressões neutras, a fim de serem obtidas as características de resistência em tensões efetivas.

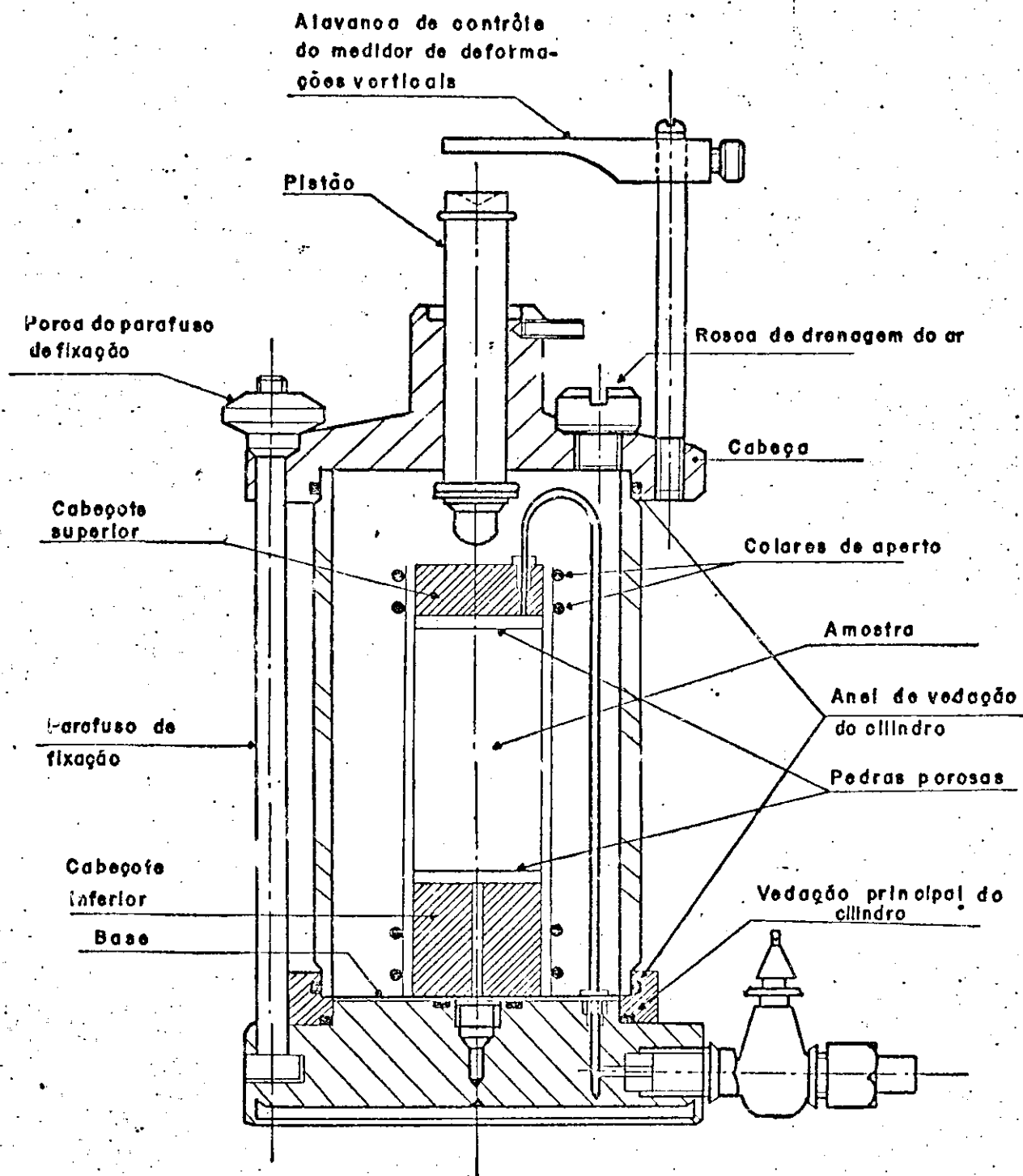
## 2 - OBJETIVO DO ENSAIO

A finalidade deste ensaio é a determinação dos parâmetros: Coesão (c) e ângulo de atrito ( $\phi$ ).

## 3 - APARELHAGEM

- Estufa a 60°
- Balança com precisão de 0,01 g. e capacidade de 5000 g.
- Colher ou espátula
- Moldes com acessórios
- Misturador elétrico
- Capelas de alumínio
- Prensa para compactação dos corpos de prova
- Bomba de vácuo e disseccador de vidro
- Ferneometro ou câmara úmida
- Macaco hidráulico ( p/ retirada dos moldes )
- Membrana de borracha
- Câmara triaxial

- 3.1. Detalhes da célula triaxial - A forma do teste triaxial mais comumente usado em testes de rotina e em trabalho de pesquisa é o teste de compressão cilíndrico, e é para este teste que a célula triaxial usual é primariamente designada. Também pode ser usada para o estudo de troca de volume e características de pressão confinante; e com modificações menores, pode ser usado para testes de extensão axial.



ESQUEMA DA CÉLULA TRIAXIAL

Figura 1

A célula consiste de três componentes principais: 1) a base, a qual forma o pedestal no qual a amostra repousa e incorpora as várias conexões de pressão; 2) o cilindro removível e a capa superior, o qual cerca a amostra e facilita a aplicação da pressão fluida; 3) e a força do pistão hidráulico, o qual aplica a tensão desviatória a amostra. ( Ver Fig. 1 ).

- 3.2. Detalhes do aparelho para controlar a pressão na célula - Nos três tipos mais comuns de teste de compressão triaxial, a pressão na célula é constante em todo decorrer de cada estágio do teste. A duração de rotina de teste de compressão não-drenado é aproximadamente 10 minutos, se as medidas de pressão efetiva não requeridas. Já no nosso caso, como as medidas de pressão efetiva são requeridas, a duração total do teste pode ser de 1 a 8 horas dependendo do tipo de solo e da exatidão necessária.

A manutenção, com exatidão suficiente de uma pressão constante no decorrer de longos períodos apresenta dificuldade considerável, e um número de métodos diferentes tem sido experimentados. Os autores têm experimentado com vários dos métodos principais em uso no presente, e nenhum deles provou ser satisfatório para trabalho de exatidão. O controle de mercúrio de compensação própria tem sido desenvolvido. Embora relativamente caro, é um método simples e digno de confiança.

#### 4 - MÉTODOS E EXECUÇÃO DE ENSAIO

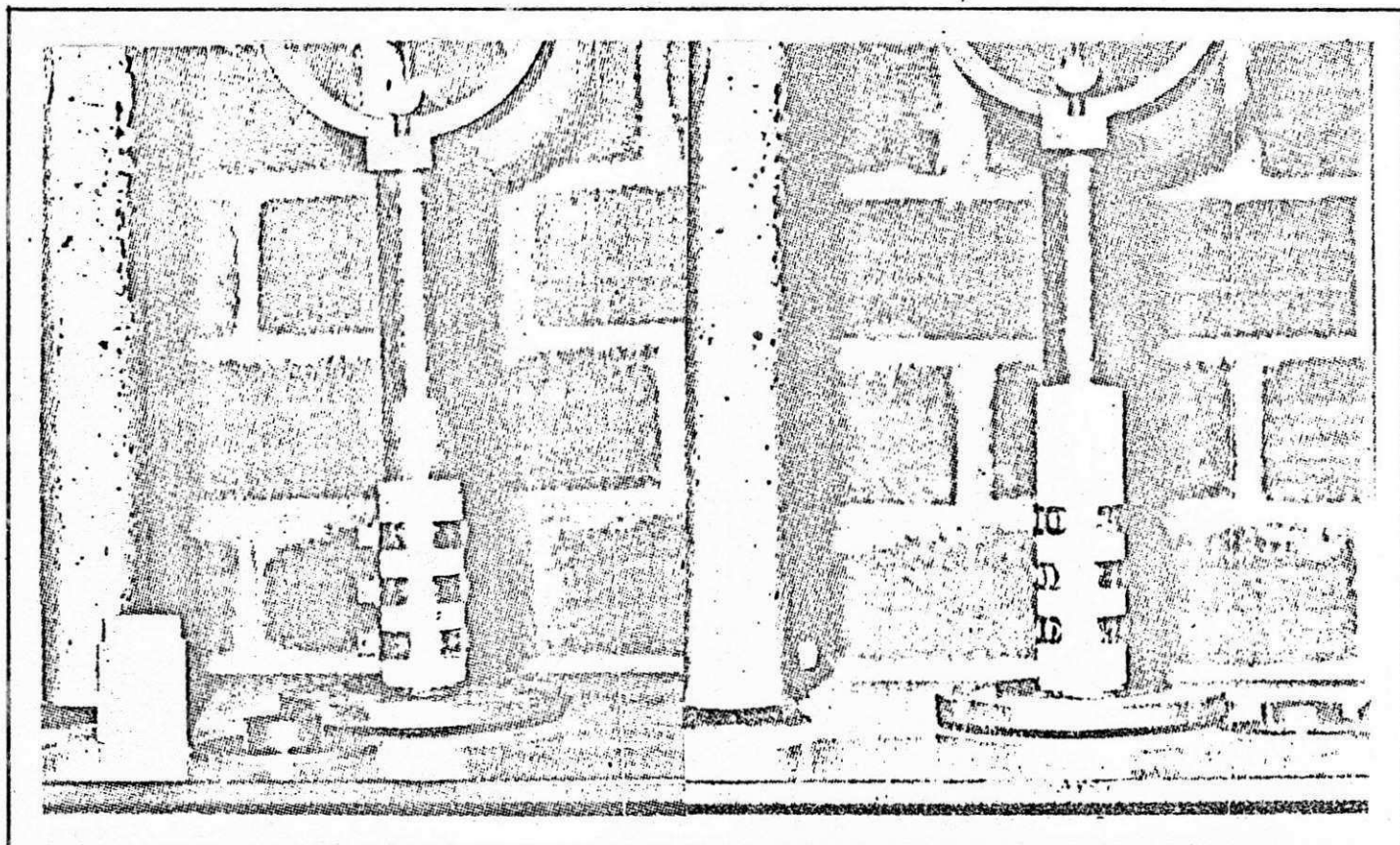
O ensaio foi realizado nas seguintes etapas:

- 4.1. Peneiramento - O material a ser ensaiado, encontrava-se estocado no depósito do Laboratório de Solos II, foi retirado através de uma bandeja e levado para se processar o peneiramento. Toma-se uma fração do solo e passa na peneira nº 10 ou seja a peneira cuja as malhas é 2,0 mm.
- 4.2. Secagem - Depois de passar na peneira nº 10, o material foi colocado em bacias e levado a estufa, a qual era conservada a uma temperatura máxima constante de 60°C. Este material devia ficar na estufa por mais de 48 horas para que ficasse a uma mesma temperatura sem nenhuma umidade.
- 4.3. MOLDAGEM DOS CORPOS DE PROVA,
- Os moldes foram preparados da seguinte forma:
  - a) Em cada molde se coloca 3 abraçadeiras com o fim de evitar a expansão na compactação do corpo de prova.
  - b) Pesa-se os moldes - (Cilindro principal e as três

abraçadeiras).

- c) Coloca-se nas extremidades do molde dois cilindros complementares um de 65 mm de comprimento e o outro de 20 mm. de comprimento.

A extremidade com o cilindro complementar menor é colocada sobre a base guia para o início da compactação que é conduzida em dois estágios.



1º ESTÁGIO

2º ESTÁGIO

FIGURA - 02

MOLDAGE DOS CORPOS DE PROVA

## PROCEDIMENTO PARA PREPARAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

- a) Pesagem de 1000 g. de material à 60°C
- b) Leva-se ao misturador, adicionando-se as quantidades apropriadas de água e homogenizando em tempo determinado.
- c) Deste material tira-se o peso desejado para a moldagem, levando-se o restante para a estufa com o fim de se verificar a umidade.
- d) Nos intervalos de operações foi tomada precaução, quanto a perda de umidade, colocando-se um pano úmido sobre a amostra de solo ou mesmo sobre os moldes, enquanto esperam pela computação.

4.4. Compactação dos corpos de prova - Os corpos de prova foram compactados estaticamente aplicando-se cargas sobre o solo por meio de prensa hidráulica, na qual foi adaptado um pistão de 40,3 mm de diâmetro. Quando a altura da coluna de solo dentro do molde era de 82,5 mm, o que era controlado pela penetração do pistão, a prensa era parada e o pistão retirado. O cilindro complementar superior (maior) era removido do molde e o cilindro principal contendo o solo era invertido, passando a apoiar-se sobre a base de ferro com saliência cilíndrica de 43 mm de diâmetro e recebendo carga do pistão pela outra extremidade, até que o comprimento do corpo de prova ficasse reduzido a 76,2 mm. Neste estágio a prensa era novamente desligada, porém deixando-se o solo suportar a carga por mais um minuto. A inversão era feita para evitar a formação de gradiente da compactação ao longo do corpo de prova. (Ver Fig. 2). Após serem retirados da prensa, os corpos de prova eram pesados (cilindro principal com 3 braçadeiras e o solo compactado), e recebiam em ambas as extremidades um disco de papel de filtro de 42 mm e um disco de fibra com toda a sua superfície perfurada, funcionando este conjunto como uma pedra porosa. Adaptava-se então ao molde, em ambas as extremidades, uma conexão tipo redução, que servia para evitar a expansão do corpo prova quando da saturação, e para prender o molde ao conjunto. ( Ver fig. 3 ).

FIGURA - 03

MOLDE PREPARADO PARA A SATURAÇÃO

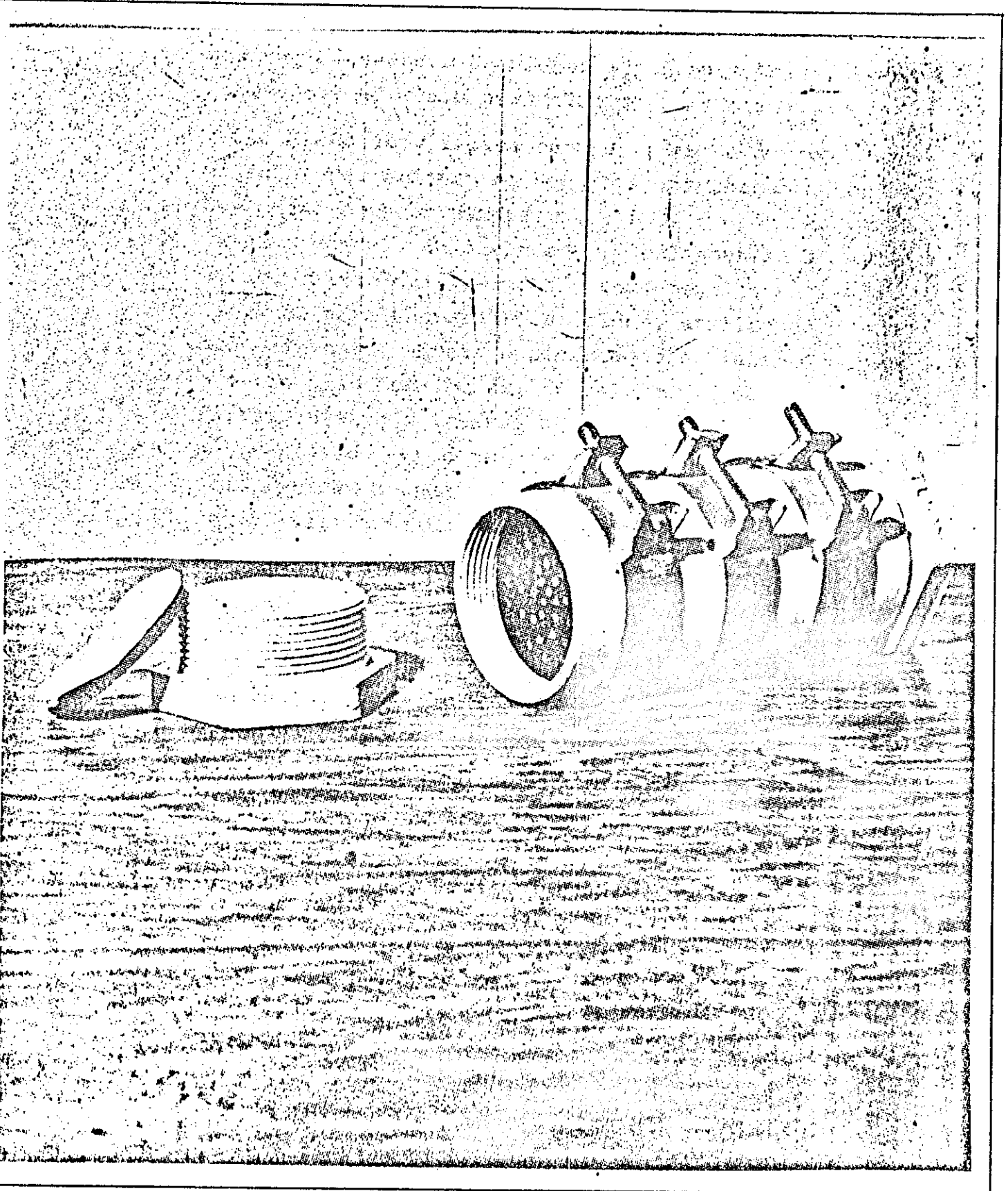


FIGURA - 03

DETALHE DO MOLDE

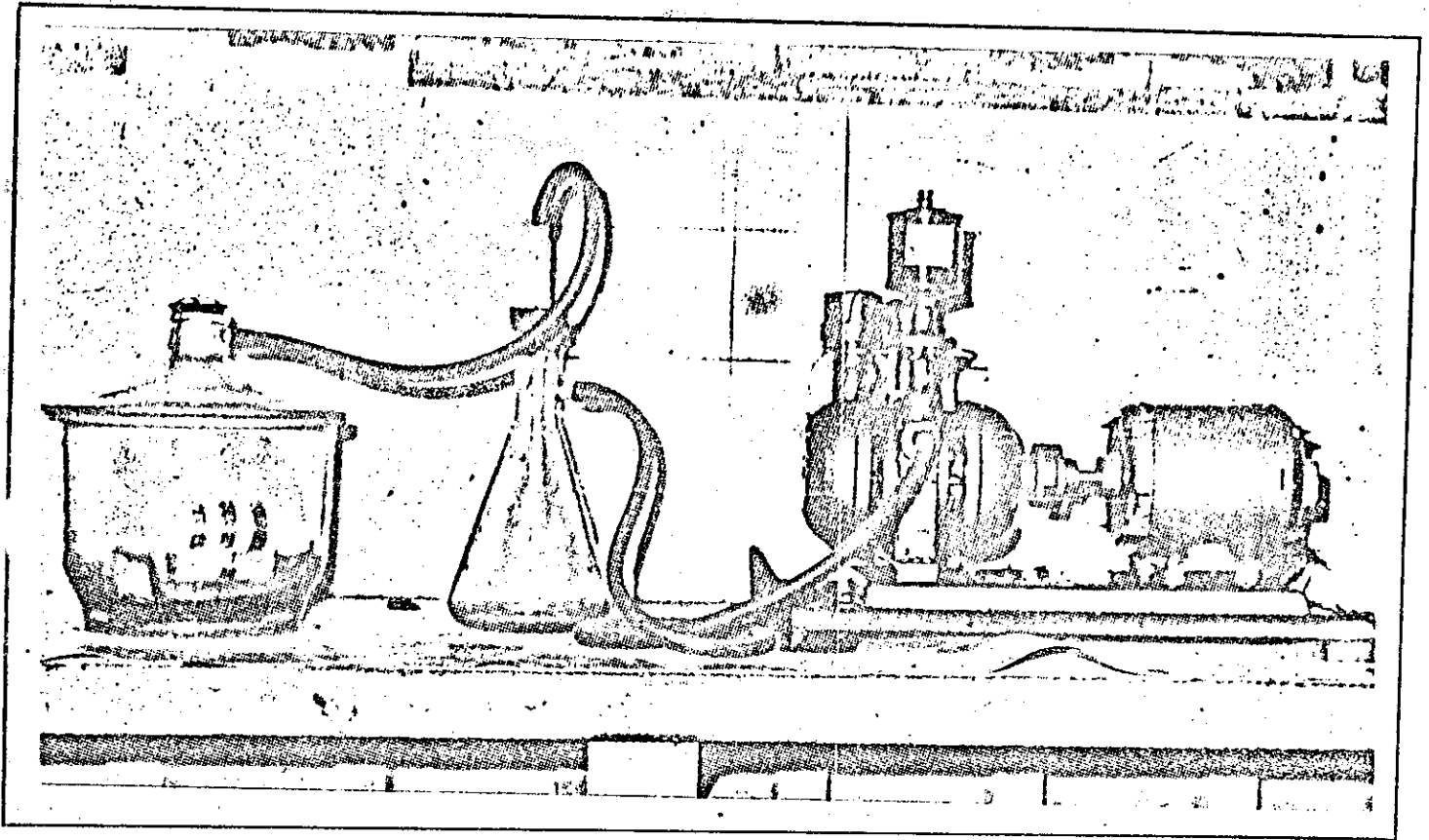
- 4.5. Saturação dos corpos de prova - Após a moldagem, os corpos de prova devidamente preparados, eram colocados num dissecador de vidro, e, durante duas horas, submetidos ao vácuo produzido por uma bomba.

Isto servia para retirar o ar de dentro do corpo de prova, criando no seu interior uma pressão menor que a pressão atmosférica. Após duas horas, fechava-se a válvula do dissecador, desligava-se a bomba e, introduzia-se água no dissecador, em quantidade suficiente para submergir os moldes, utilizando o vácuo ali existente. Então, o dissecador era aberto durante o período de duas horas, de tal forma que o conjunto ficava sujeito à pressão atmosférica. Como a pressão nos vazios do corpo de prova, era menor que a pressão atmosférica, a água penetrava no seu interior, promovendo assim a saturação desejada. (Ver Figs 4).

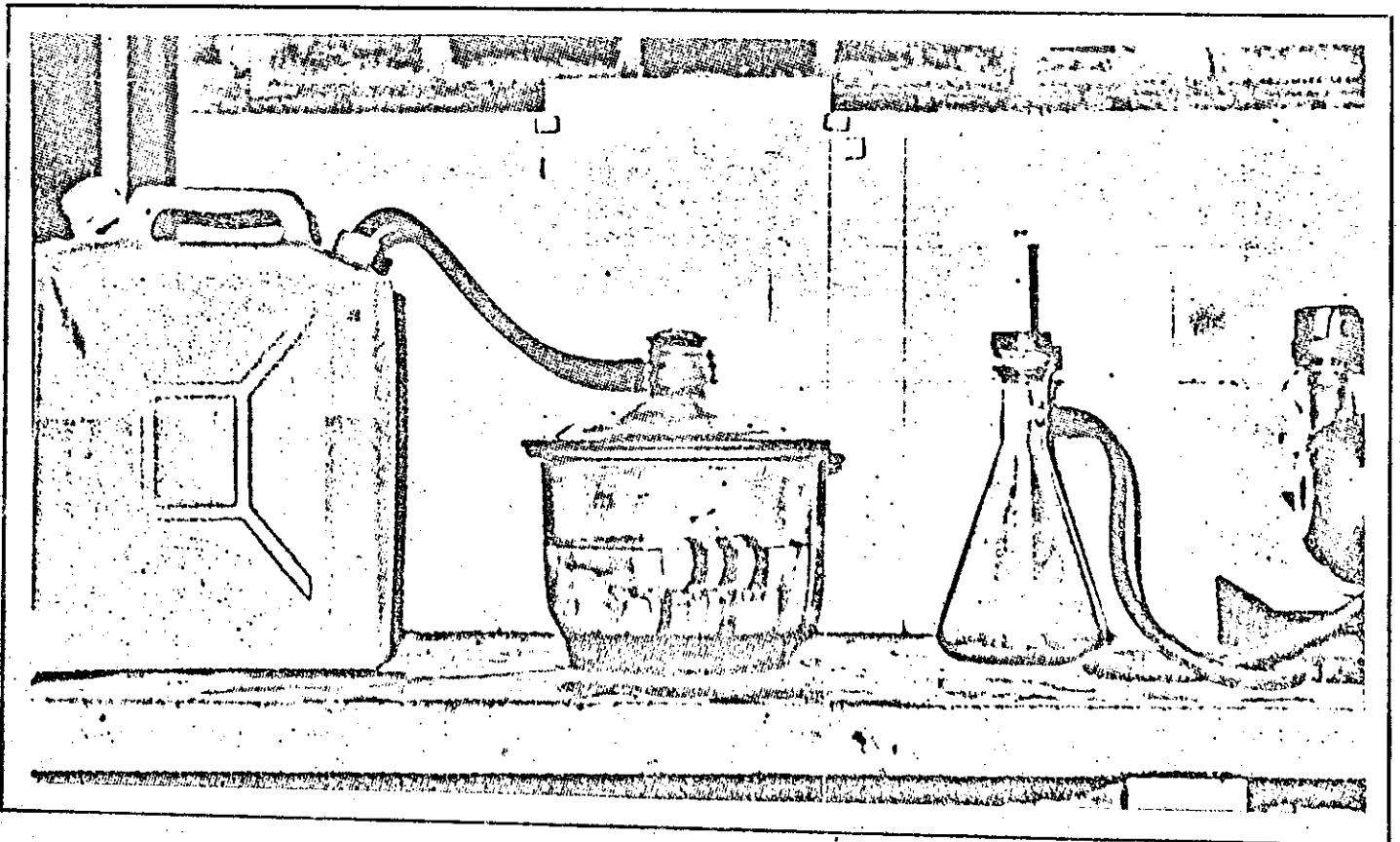
FIGURA - 04 (fl. posterior)

CORPOS DE PROVA SENDO SATURADOS





VÁCUO PRODUZIDO POR UMA BOMBA



SATURAÇÃO SOB DIFERENÇA DE PRESSÃO

4.6 - Ruptura - A ruptura desenvolveu-se nas seguintes etapas.

- a) Após ter sido saturado à vácuo com água destilada, o corpo de prova é levado para a percolação ou para a câmara úmida.
- b) Passados os dias determinados de percolação o corpo é retirado do molde através de um macaco hidráulico e levado ao aparelho triaxial, sendo colocado sobre uma pedra porosa saturada que se encontra sobre o cabeçote inferior.
- c) Coloca-se sobre a amostra um cabeçote superior, e em seguida envolve-se o conjunto com uma membrana de borracha ajustando-a através de anéis de vedação.
- d) O conjunto com a amostra é colocado dentro da célula triaxial de tal maneira que o pistão fique em contato com o cabeçote superior sem produzir deformação no corpo de prova. Ajustou-se hermeticamente a célula à base, enchendo-a com água que serve para transmitir a pressão confinante à amostra, no decorrer do ensaio.
- e) Foram então zerados os extensômetros, os quais são destinados à medir as deformações do anel e as deformações verticais da amostra;
- f) Os corpos de prova foram submetidos a uma tensão confinante de 1,6; 2,0; 3,0 kg/cm<sup>2</sup> para cada teor de cimento ou cal de determinado número de dias de percolação.

## 5 - PERMEABILIDADE

Denomina-se permeabilidade a propriedade dos solos que indica a maior ou menor facilidade que os solos oferecem à passagem da água através dos seus vazios.

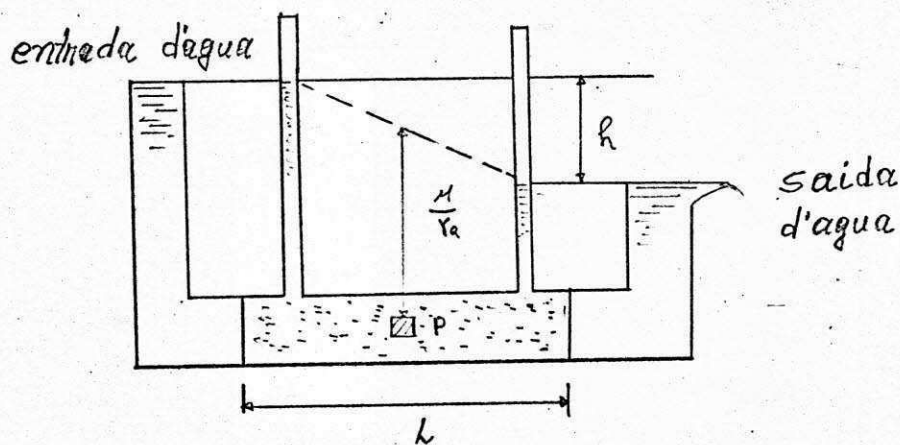
No aparelho esquematizado abaixo a vazão d'água  $Q$  que percola através do solo é dada pela lei de Darcy

$$Q = KiA$$

Onde:  $K$  = constante para cada corpo de prova denominada "COEFICIENTE DE PERMEABILIDADE"

$i$  = gradiente hidráulico, definido como sendo a relação entre a perda de carga  $h$  e a distância de percolação d'água  $L$  onde ocorreu a perda  $h$ . ( $i = \frac{h}{L}$ )

$A$  = Área de seção transversal do corpo de prova



## 5.1 PERMEÂMETROS

Permeâmetros são aparelhos utilizados para medir no laboratório os coeficientes de permeabilidade dos solos. Existem dois tipos de permeâmetros:

- CARGA CONSTANTE
- CARGA VARIÁVEL

Em nosso ensaio utilizamos o permeâmetro de carga constante. (figura 05)

A pressão era mantida através de um tubo de oxigênio e fazíamos as medidas de percolação pela água retida em vasos de vidro colocados abaixo das amostras conforme a figura,

Da lei de Darcy tem-se:

$$\frac{a}{A} = V = K i$$

Onde  $V$  é denominada velocidade de descarga. Logo, o coeficiente de permeabilidade tem dimensões de uma velocidade (cm/seg.)

Não se confundindo porém com a velocidade de percolação  $V_p$ , que seria a velocidade d'água através dos poros dos solos. Pela lei da continuidade temos:

$$V \cdot A = V_p \cdot A_v \quad (A_v = \text{área de vazios})$$

logo temos:  $V_p = \frac{A}{A_v} \cdot V$

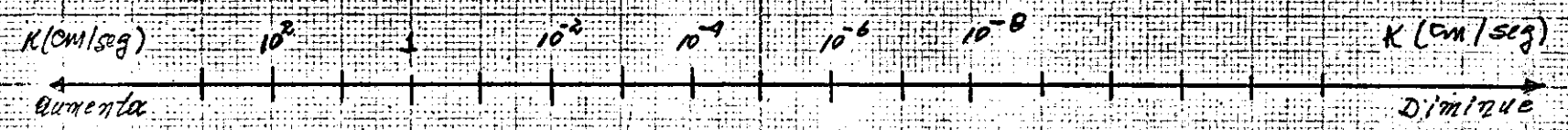
Sendo  $n$  a porosidade do solo ( $V_v = nV$ ) admite-se que:  $A_v \sim n^{2/3} A$

$$\text{logo } V_p = \frac{V}{n^{2/3}}$$

Tal velocidade de percolação  $V_p$ , porém deve variar imensamente a cada  $dx$  de distância ao longo do caminho de fluxo.

A seguir damos uma escala aproximada dos coeficientes de permeabilidade dos solos.

Escala de coeficientes  
de permeabilidade



Pedregulho

Ancias  
puras

Ancias finas  
sitiosas e  
Angulosas, sites  
angulosas

Angilas

FIGURA - 05

PERMEAMETRO

PERMEAMETRO - aparelho utilizado para fazer com que a água percole à amostra sob pressão constante.

- utilizamos uma pressão aproximadamente de 5,5 Kg/cm<sup>2</sup>.

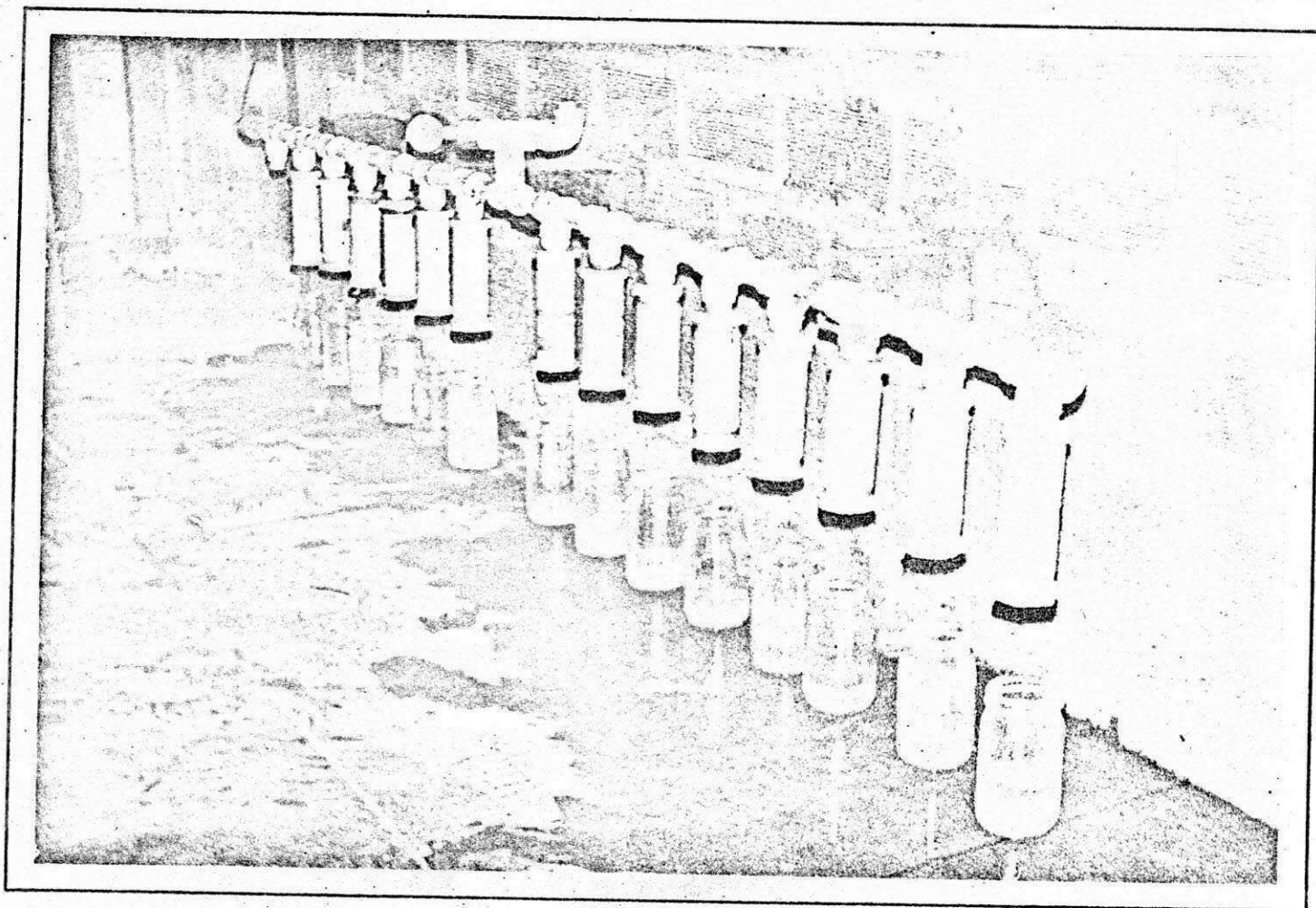
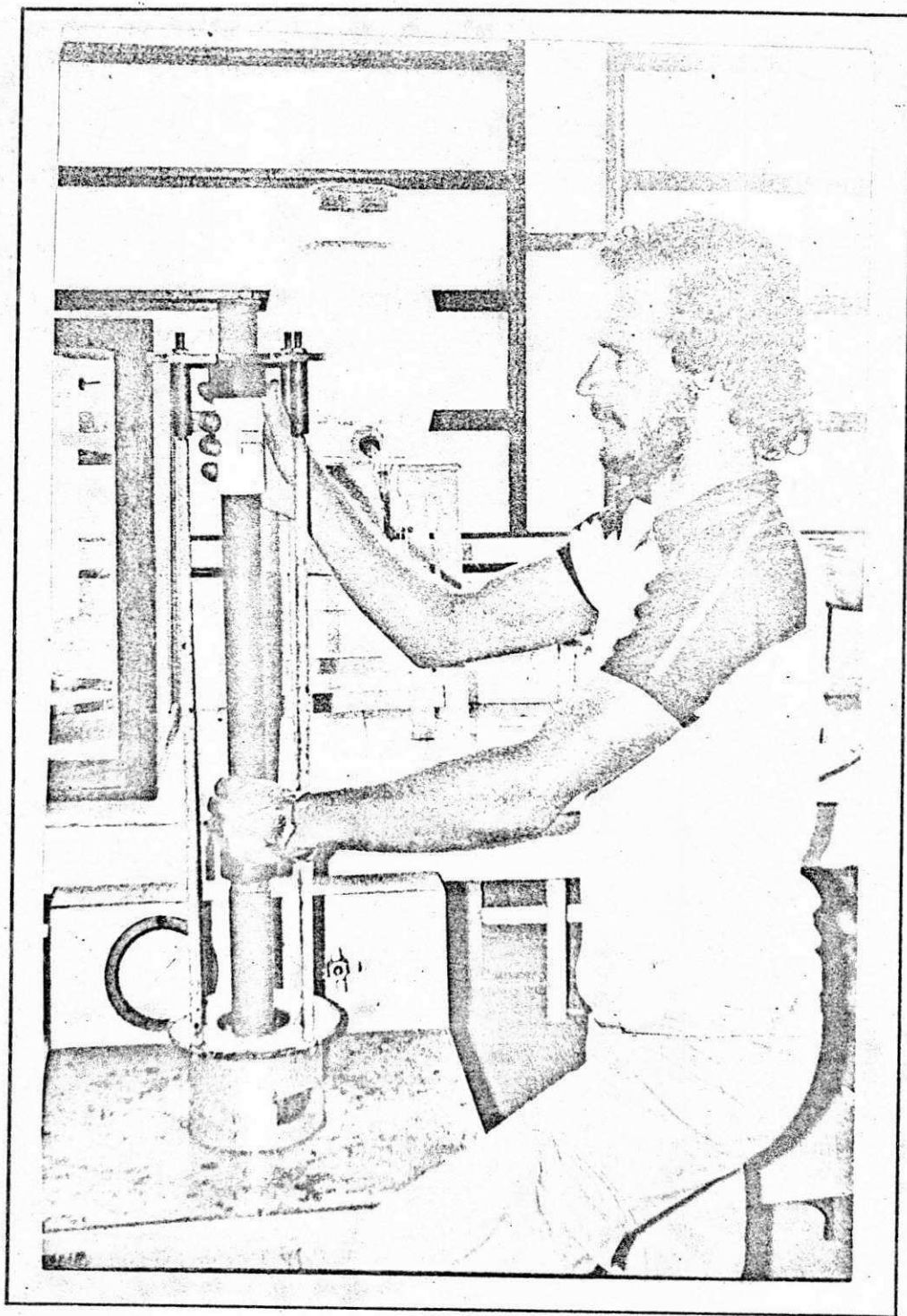


FIGURA 06

RETIRADA DO MOLDE

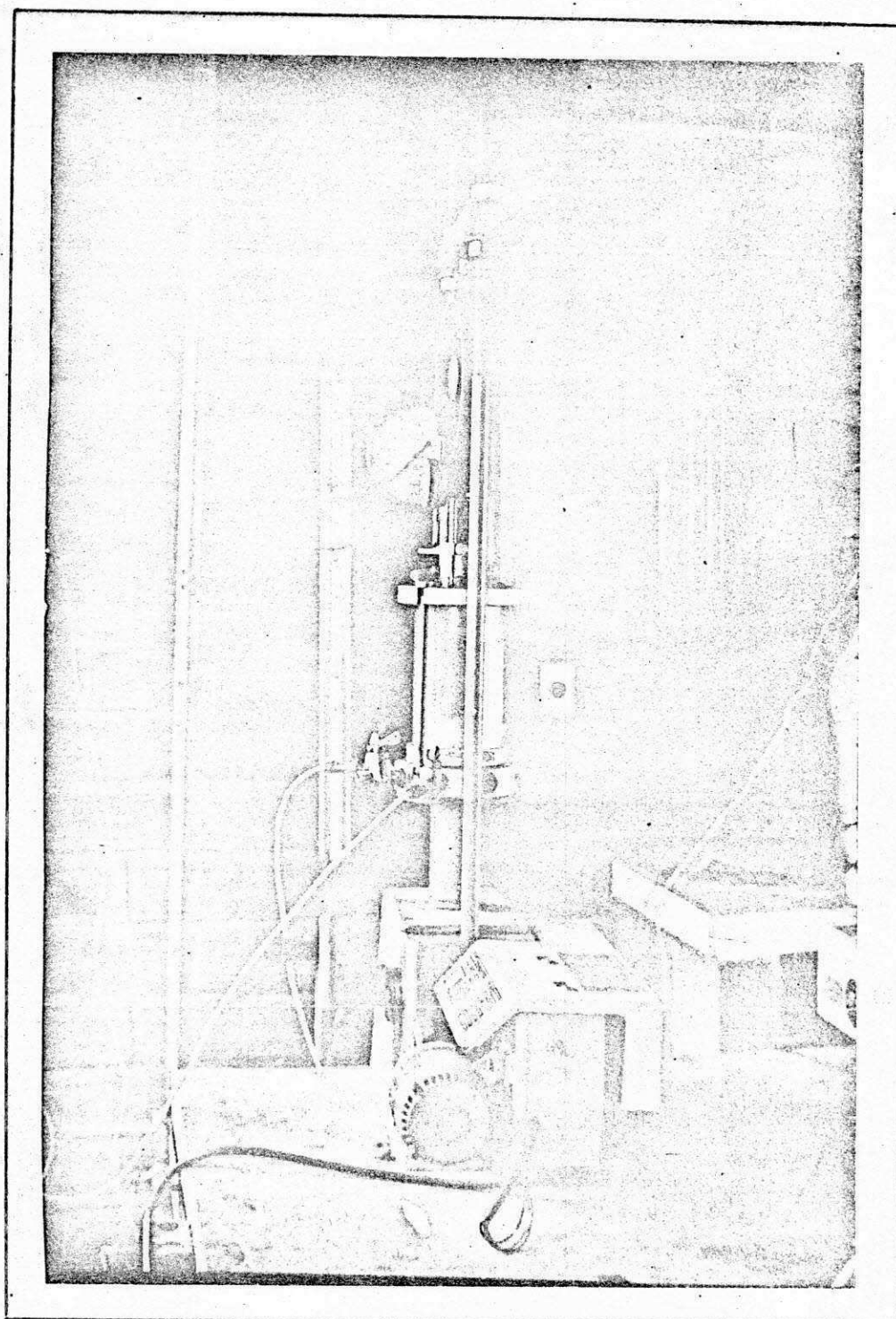




Macaco Hidráulico - utilizado para a retirada do corpo de prova de dentro do molde.

FIGURA - 07

APARELHO - TRIAXIAL



Instrumentação completa para o Ensaio Triaxial

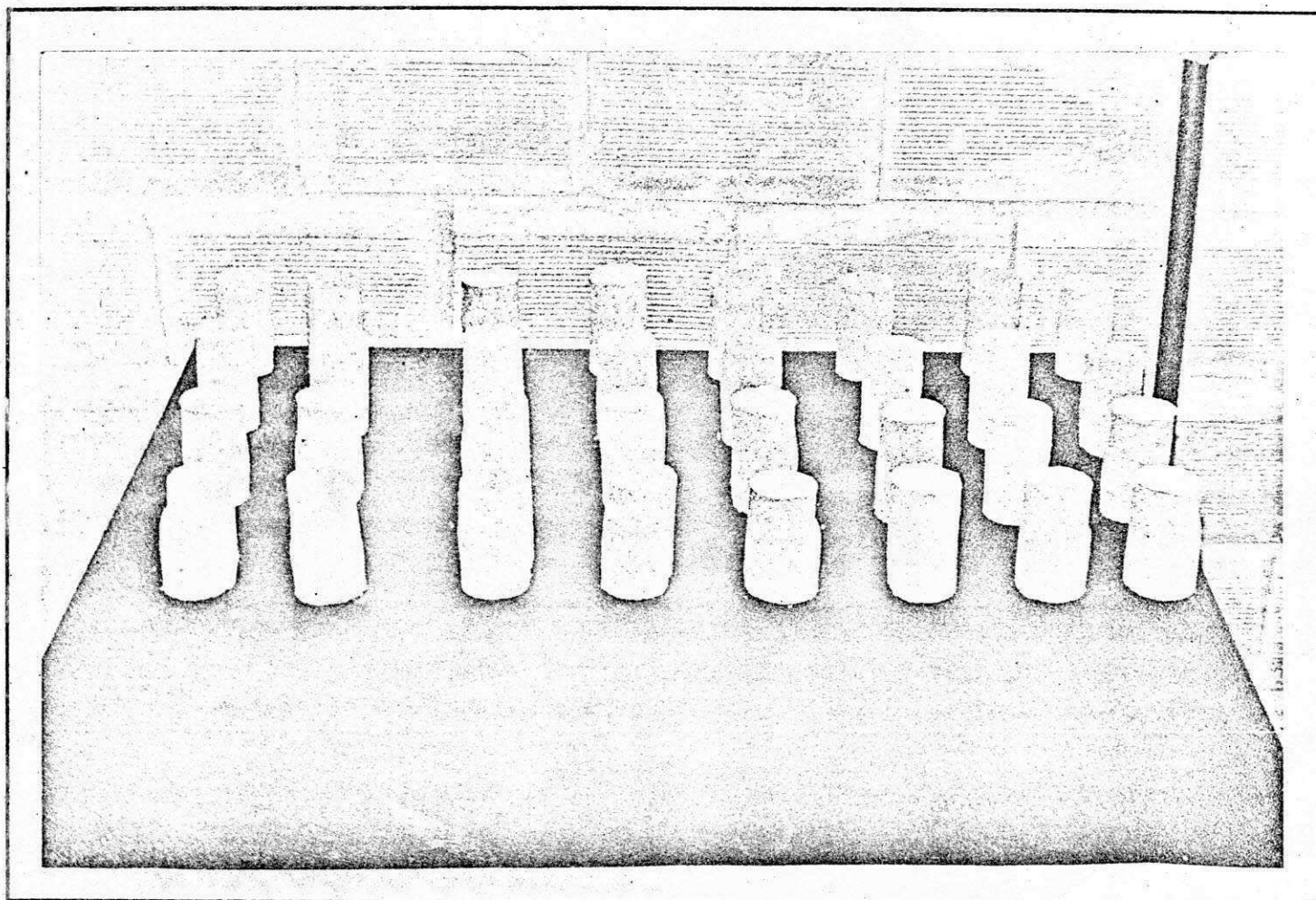
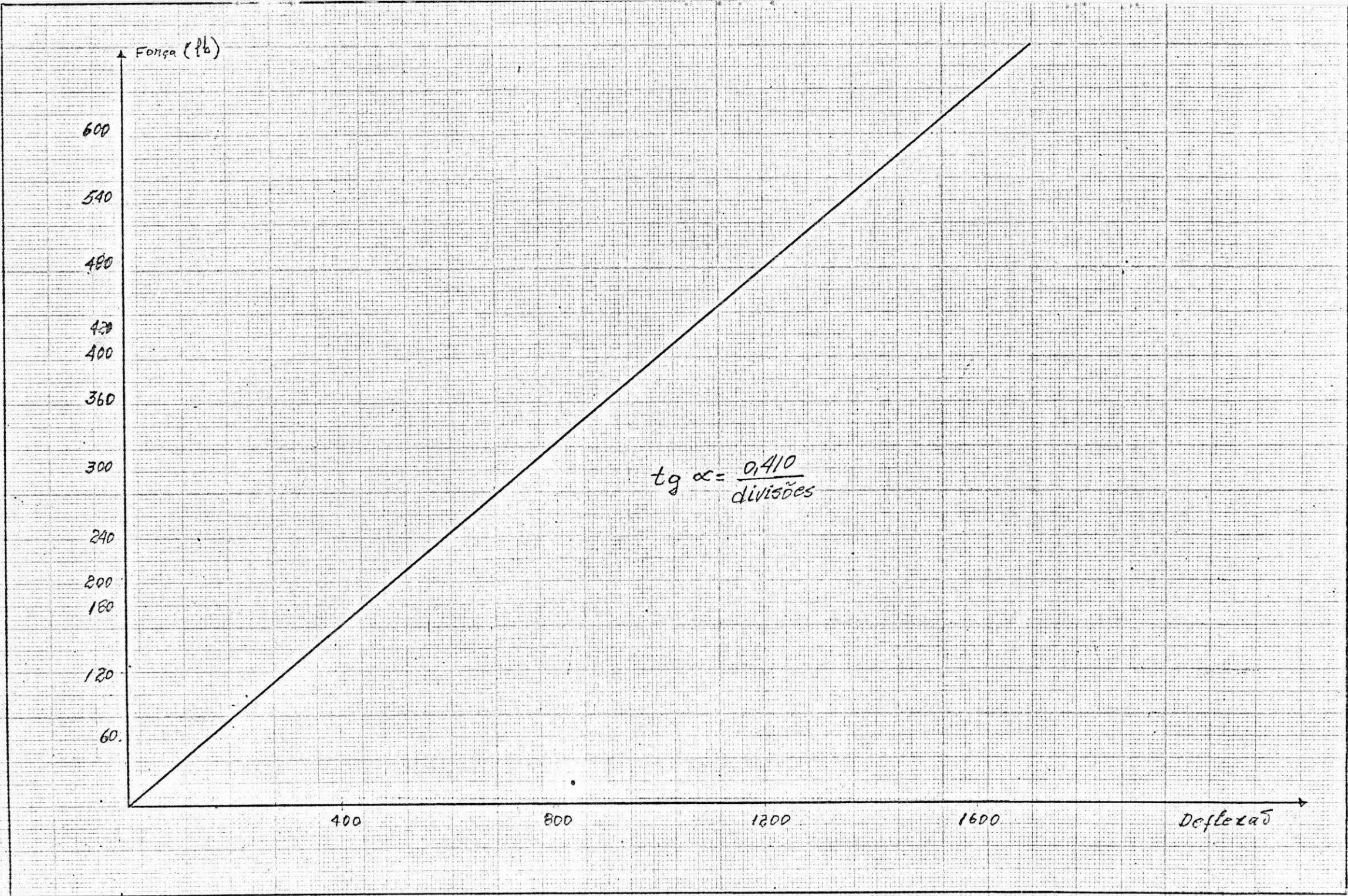


FIGURA DE CORPOS DE PROVA APÓS O ENSAIO

GRÁFICO 01

CONSTANTE DO ANEL



Fôrça (lb)

600  
540  
480  
420  
400  
360  
300  
240  
200  
180  
120  
60

400 800 1200 1600

Deflexão

$$\text{tg } \alpha = \frac{0,410}{\text{divisões}}$$

## 6. PRESCRIÇÃO DOS CÁLCULOS

- 6.1. - Constante do anel - A constante do anel é determinada baseada na tabela 1 fornecida pelo Engineering Laboratory Equipment Limited, no ato de venda do equipamento.

A tabela nos dá os valores das forças aplicadas e suas respectivas deflexões provocadas. De posse destes valores, construímos o gráfico 2 para a força em libras e as deflexões em divisões.

Tiramos o valor da tangente que nos dá a constante do anel. Seu valor é 0,410 lb/divisões.

O número de séries do anel é 118-3-533. A temperatura de calibração foi 19°C.

A máxima deflexão foi 1465,1 divisões e a força máxima igual a 600 lbf, isto é, 270 Kgf. ( Ver tabela 1 ).

- 6.2. - Cálculo da área corrigida - Se A é a área da secção transversal do corpo de prova, então:

$$V_1 - V_3 = \frac{F}{A}$$

Se  $(A_0, H_0, V_0)$  forem as condições iniciais da secção transversal, altura e volume do corpo de prova e nenhum certo instante  $t_i$  tivermos  $(A_i, H_i, V_i)$ , e como  $V_0 = V_i$  temos:

TABELA 1  
CALIBRAÇÃO ( E. L. E. )

FORÇA lbf	DEFLEXÃO (DIVISÕES)
0	0
60	145,8
120	287,6
180	433,6
240	576,7
300	724,7
360	869,1
420	1019,3
480	1165,8
540	1315,4
600	1465,1

FORÇA Kgf	DEFLEXÃO (DIVISÕES)
0	0
30	160,4
60	318,2
90	478,1
120	637,9
150	799,5
180	962,0
210	1124,8
240	1287,7
270	1453,9

Calibração do Engineering Laboratory Equipment Ltda  
Nº da Série do Anel: 118-3-533  
Data: Abril de 1972  
Temperatura de Calibração: 19°C  
Máxima Deflexão: 1465,1 Divisões  
Força Máxima: 600 lbf - 270 Kgf



$$A_i H_i = A_0 H_0 \quad A_i = A_0 \frac{H_0}{H_i}$$

Em cada instante,  $H_i = H_0 - \Delta H_i$

$$e \quad A_i = \frac{H_0}{H_0 - \Delta H_i} A_0$$

$$A_i = \frac{1}{1 - \frac{\Delta H_i}{H_0}} A_0$$

Mas  $\frac{\Delta H_i}{H_0} = \epsilon_i$  é a deformação específica do corpo de prova.

$$A_i = \frac{A_0}{1 - \epsilon_i} = (A_0)_i \text{ é a área corrigida do corpo de prova.}$$

Exemplo: Se num determinado ensaio, a área inicial é 1,977 e desejamos o valor da área corrigida para uma deformação de 3% teremos:

$$A_i = \frac{1,977}{1-0,03} = 2,038$$

### 6.3. Cálculos das tabelas de tensões

#### a) Cálculo da tensão desviatória ( $\sigma_1 - \sigma_3$ )

As deformações do anel são lidas no extensometro que fica acima da célula triaxial.

Calcula-se a força:  $F_1 - F_3 =$  deformação anel  $\times$  constante do anel.

A tensão desviatória ( $\sigma_1 - \sigma_3$ ) é a razão entre a força ( $F_1 - F_3$ ) e área corrigida.

$$\sigma_1 - \sigma_3 = \frac{F_1 - F_3}{\text{Área}}$$

#### b) Cálculo da pressão neutra

As leituras  $H_1$  e  $H_2$  eram feitas nas colunas de mercúrio adaptadas ao aparelho para controlar a pressão neutra na célula.

O cálculo da pressão neutra ( $H$ ), é feito subtraindo  $H_2$  de  $H_1$  e dividindo por 100% ou seja;

$$H = \frac{H_2 - H_1}{100}$$

c) Cálculo de  $\sigma_1' - \sigma_3'$

O valor de  $\sigma_1' - \sigma_3'$  era obtido pela subtração H de  $\sigma_1 - \sigma_3$ , a partir da deformação 0,500%.

#### 6.4. Cálculo das tabelas de moldagem

a) Peso específico úmido  $\gamma$

O peso do solo úmido foi obtido subtraindo molde e solo úmido depois de compactado da tara do molde. Calcula-se o peso específico úmido, dividindo o peso do solo úmido pelo volume do solo depois da compactação, que é igual à 97,155 cm<sup>3</sup>.

b) Peso da água

Tomava-se uma fração de solo colocava-se em uma cápsula (tara da cápsula); depois pesava cápsula e solo úmido, levava o conjunto a estufa que trabalhava à 60°C, deixava passar mais de 24 horas para que o solo ficasse totalmente seco; depois deste período retira o conjunto e pesa, daí obtém-se o peso da cápsula e solo seco.

O peso da fração de solo úmido era obtido subtraindo-se cápsula e solo úmido da tara da cápsula.

Subtraindo-se cápsula e solo seco da tara da cápsula obtinha o peso do solo seco.

Solo úmido menos solo seco dava o peso da água.

c) Unidade de moldagem

Dividindo-se o peso de água pelo peso do solo seco e multiplicando-se por 100 era obtida a unidade de moldagem.

d) Peso específico seco  $\gamma_s$ .

Era dado pela seguinte fórmula:

$$\gamma_s = \frac{\gamma}{1 + h}; \text{ onde } \gamma - \text{ peso específico úmido.}$$

h - unidade de moldagem (sem ser porcentagem).

### 6.5. Cálculo da coesão e do ângulo de atrito

Todos os cálculos efetuados que dependiam dos valores das tabelas que se seguem, foram tomados para uma deformação de 3%.

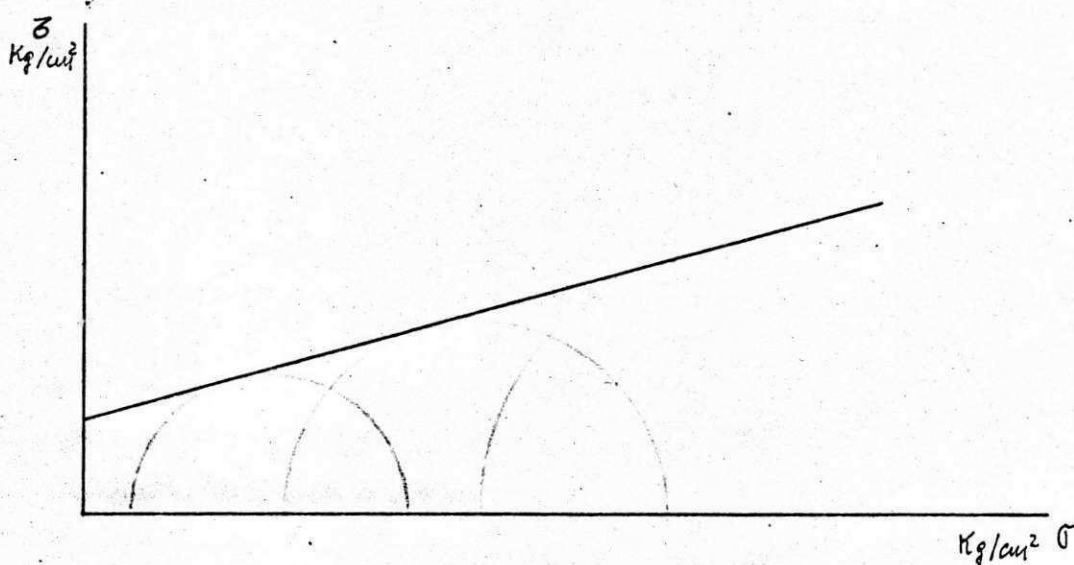
Sendo o ensaio realizado com  $\sigma_3$  constante conhecido, achamos os valores de  $\sigma_1$ , da seguinte forma: temos na tabela os valores de  $\sigma_1 - \sigma_3$ . Então, com  $\sigma_3$  constante achamos o  $\sigma_1$ .

Exemplo: Para uma deformação de 3%, e um 1,0 Kgf/cm temos que o valor de  $\sigma_1 - \sigma_3$  é 2,170. Logo, o  $\sigma_1$  será:

$$\sigma_1 = 1,0 + 2,170 = 3,170$$

O mesmo método é o da coluna de medidas de pressões neutras.

De posse dos valores de  $\sigma_1$  e  $\sigma_3$  traçamos os gráficos x e desenhamos os três círculos de Mohr correspondentes a cada unidade.



A tangente aos círculos nos fornece o ângulo referente ao ensaio.

O valor da ordenada indicada acima (C) nos dá a coesão.

A seguir, tomamos os valores da coluna H, que é a diferença de pressão neutra, e a partir do centro de cada círculo de Mohr plotamos o seu valor para a esquerda e traçamos um novo círculo que fará parte de outro conjunto de três círculos e nos dará uma nova tangente e uma nova coesão.

Este é o método utilizado em laboratório para a determinação destes parâmetros.

Há um método mais sofisticado, que consiste de 3 programas previamente elaborados que contêm os círculos de Mohr. De posse destes programas e dos valores de  $\sigma_1$  e  $\sigma_3$ , através de mecanismos numa máquina canola 167 -P achamos os valores de  $\phi$  e C correspondentes a cada pressão confinante para cada unidade.

Este método acima descrito também foi por nós executado e os valores encontrados estão satisfatórios, pois as características de cisalhamento do solo se identificaram em ambos os métodos.

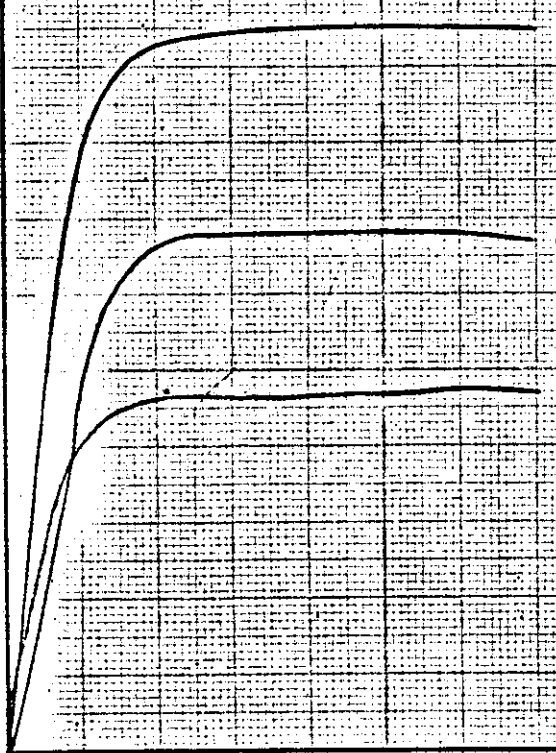
TABELAS E GRÁFICOS REFERENTE A CINCO ENSAIOS

COMO EXEMPLO DO QUE FOI NOSSO TRABALHO.

AMOSTRA	CC - 14	CC - 17	EE - 30
TEOR DE CIMENTO	0%	0%	0%
DIAS DE PERCOL.	14	14	14
3 (Km/cm <sup>2</sup> )	1	2	3

- G R Á F I C O S -

$\sigma_1 - \sigma_3$   
(kg/cm<sup>2</sup>)



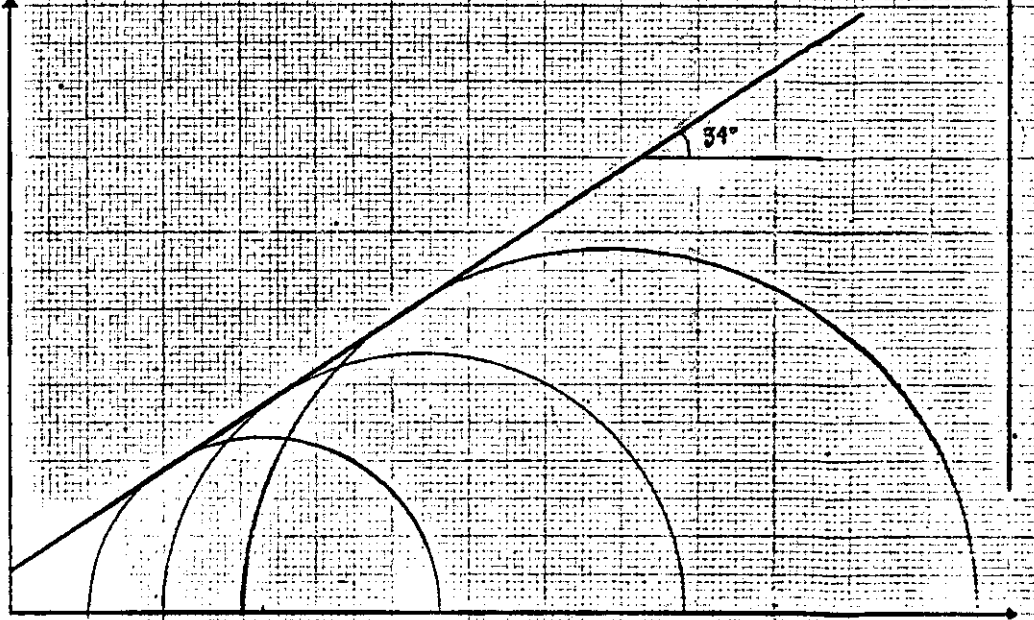
$\sigma_3 = 3.0 \text{ kg/cm}^2$

$\sigma_3 = 2.0 \text{ kg/cm}^2$

$\sigma_3 = 1.0 \text{ kg/cm}^2$

$\epsilon$  (%)

$\sigma$   
(kg/cm<sup>2</sup>)



$34^\circ$

$\sigma_3$

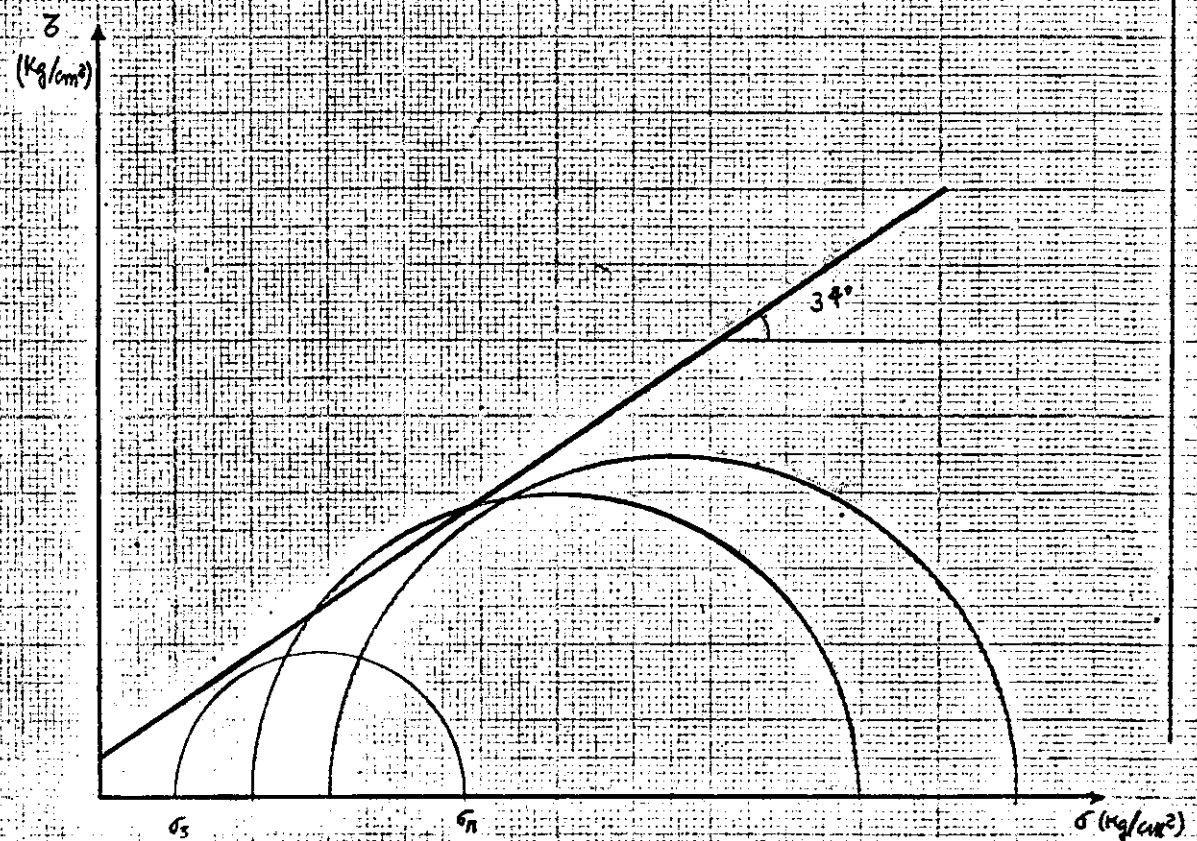
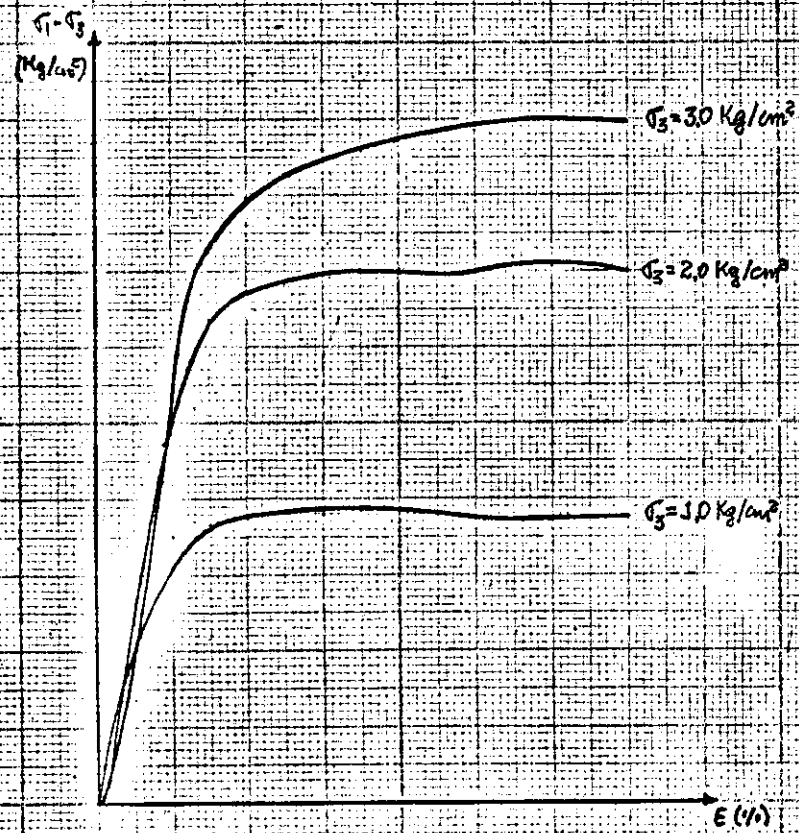
$\sigma_1$

$\sigma$  (kg/cm<sup>2</sup>)

AMOSTRA	CC - 27	EE - 15	CC - 11
TEOR DE CIMENTO	0%	0%	0%
DIAS DE PERCOL.	7	7	7
$3 \text{ ( km/cm}^2 \text{ )}$	1	2	3

- GRÁFICOS -

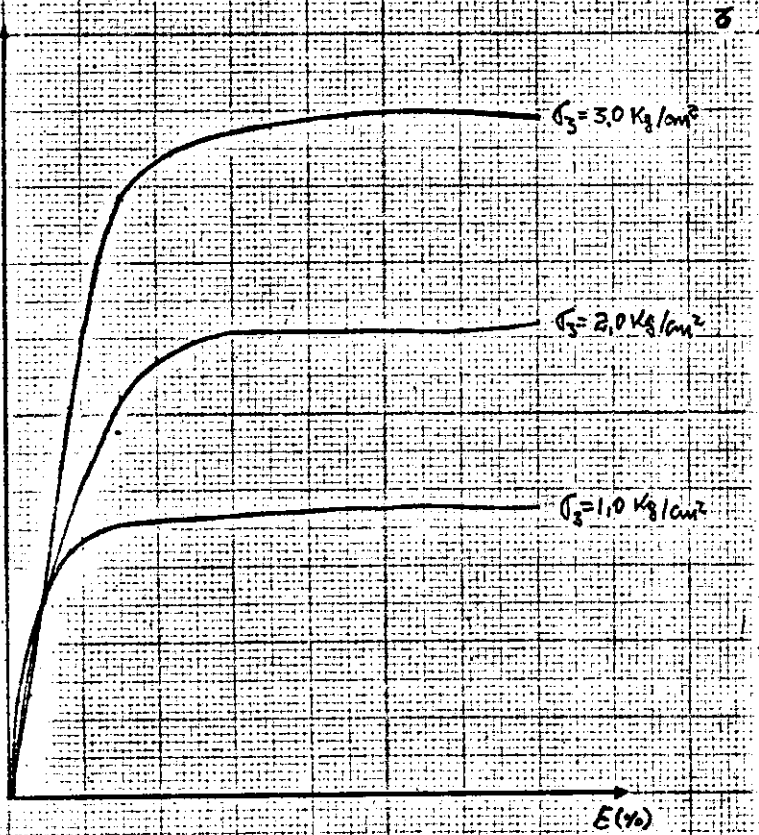




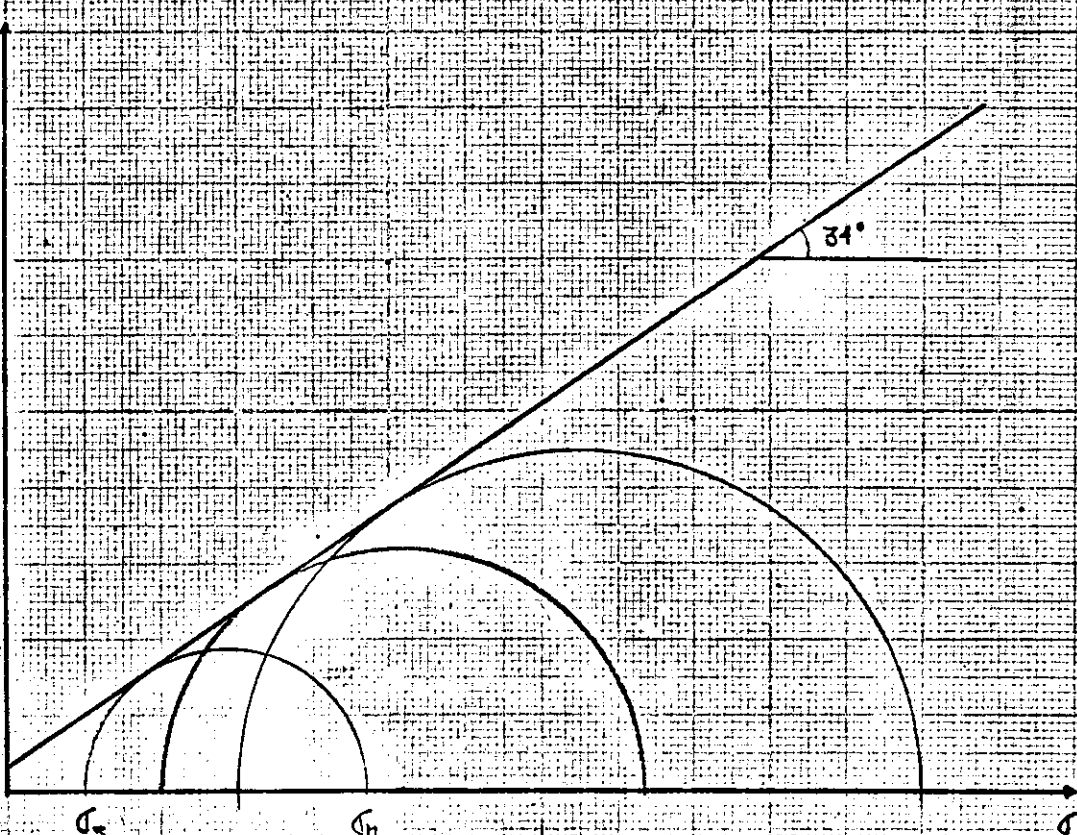
AMOSTRAS	CC - 16	CC - 24	CC - 32
TEOR DE CIMENTO	0%	0%	0%
DIAS DE PERCOL.	3	3	3
$\sigma_3$ ( Kg/cm <sup>2</sup> )	1	2	3

- GRÁFICOS -

$\sigma - \sigma_3$   
( $\text{kg/cm}^2$ )



$\delta$



AMOSTRAS	CC - 15	CC - 13	CC - 01
TEOR DE CIMENTO	0%	0%	0%
DIAS DE PERCOL.	0	0	0
3 ( Kg/cm <sup>2</sup> )	1	2	3

- GRÁFICOS -

$\sigma_1 - \sigma_3$   
(kg/cm<sup>2</sup>)

$\bar{\sigma}$   
(kg/cm<sup>2</sup>)

$\sigma_3 = 3,0 \text{ kg/cm}^2$

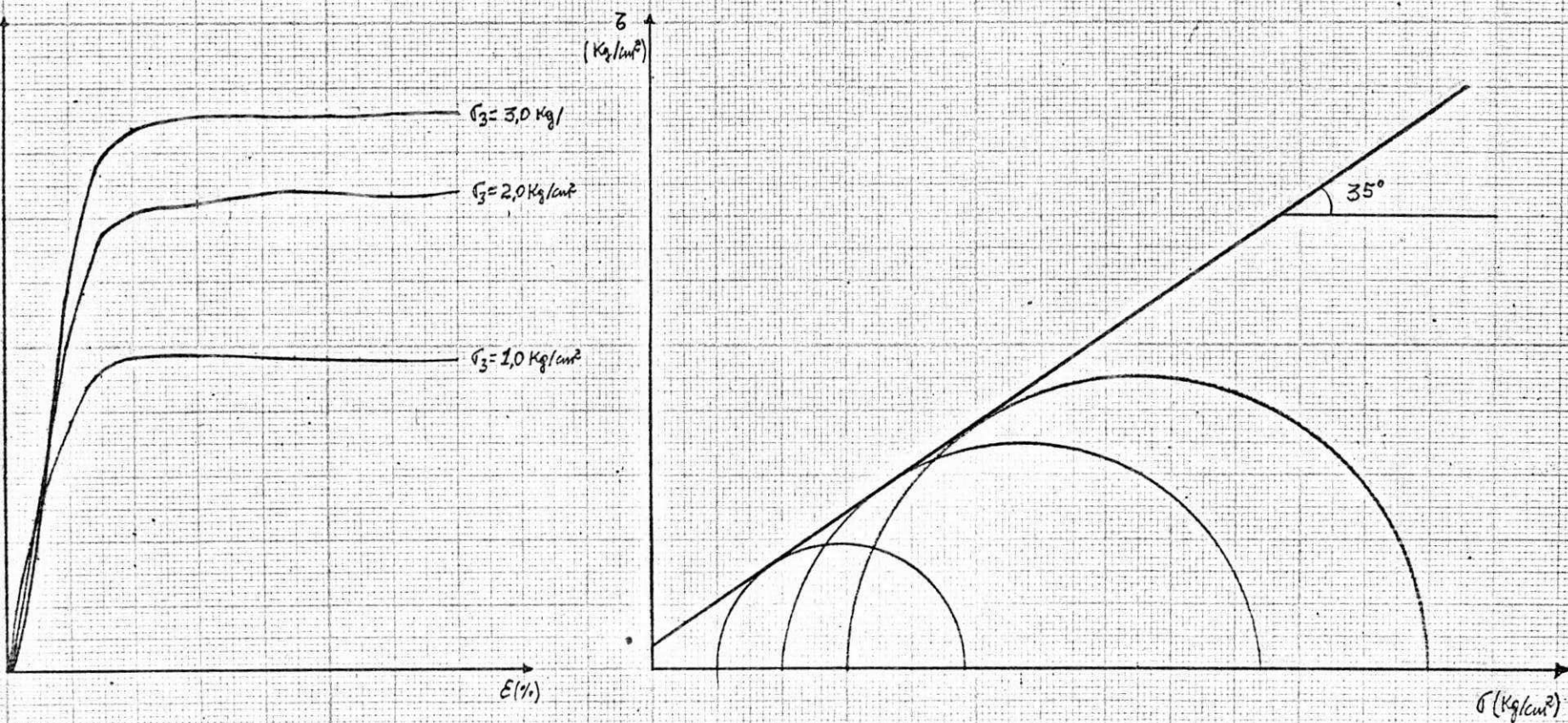
$\sigma_3 = 2,0 \text{ kg/cm}^2$

$\sigma_3 = 1,0 \text{ kg/cm}^2$

35°

$\epsilon$  (%)

$\sigma$  (kg/cm<sup>2</sup>)



AMOSTRA	CC - 03	CC- 05	CC + 33
TEOR DE CIMENTO	0%	0%	0%
DIAS DE PERCOL.	28	28	28
3 ( Km/cm <sup>2</sup> )	1	2	3

- G R Á F I C O S -

$\sigma_1 - \sigma_3$   
(kg/cm<sup>2</sup>)

$\bar{\sigma}$   
(kg/cm<sup>2</sup>)

$\sigma_3 = 3.0 \text{ kg/cm}^2$

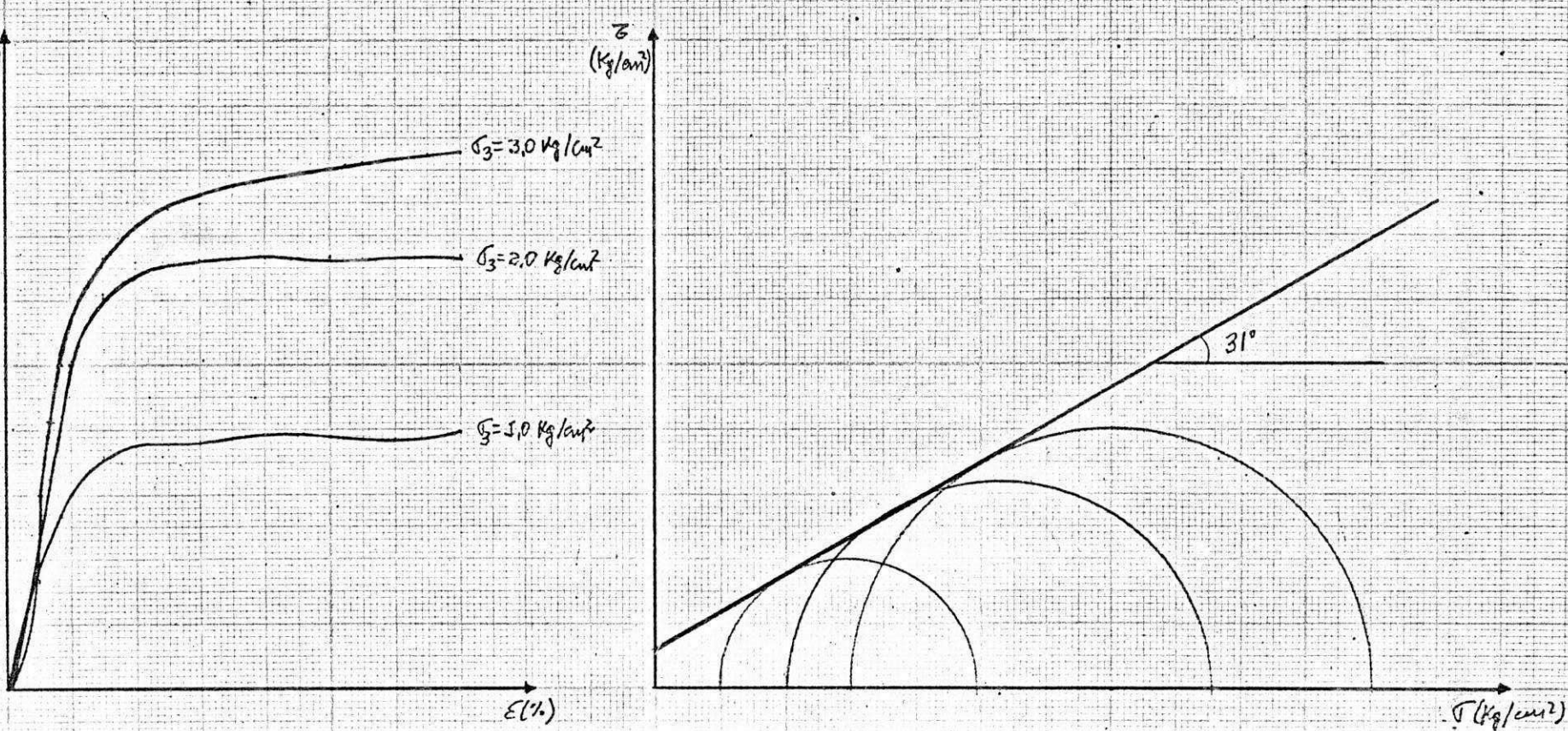
$\sigma_3 = 2.0 \text{ kg/cm}^2$

$\sigma_3 = 1.0 \text{ kg/cm}^2$

31°

$\epsilon$  (%)

$\bar{\sigma}$  (kg/cm<sup>2</sup>)



- BIBLIOGRAFIA -

- ANAIS DO SEGUNDO CONGRESSO PANAMERICANO DE  
MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES.
  
- LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL  
( o problema da rotura de solos )  
Virgílio Penalva Esteves
  
- MECÂNICA DOS SOLOS VOLUME II  
Victor F. B. Melo