

UNESP
Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá

Guaratinguetá

1973



1110000008



E R R A T A
=====

ág.	Linha	onde se lê	leia-se
15	40	Solos Pouco Desenvolvidos	---
30	19	gual a 1,5 e necessária / ao enchimento das	gual a 1,5 a necessá- ria ao enchimento das
41	3 ult.	21/09/73	02/09/74
51	13	correspondente a 15 e 20/ dias, 15 e 20	correspondente a 15 e 20 dias, 15 e 20
51	19	17,1	17,6
65	27	as formas utilizadas	formas semelhantes as utilizadas
67	após ult.	---	A areia foi provenien te do Ribeirão São 7 Gonçalo, lavado e sem impurezas.
79	18	conforme figuras 21	---
79	33	Parafuso em aço	Parafuso de acionamen to em aço
79	33	figura 22	figura 21
85	--	figura 21	figura 22
86	7	figura 23	figura 22
86	29	figura 22	figura 23
87	--	figura 22	figura 23
89	20	Tomamos 7 das formas	Tomamos 7x15 das for- mas
89	31	de gnaiss e de solo-cimen to I e II	e de gnaiss
91	--	Em anexo nova tabela	
93	11	oitava e sétima	nona e sétima
93	12	que o tijolo requeimado e o tijolo comum	que o tijolo comum

ENSAIO DE PENETRAÇÃO

A tabela 8 abaixo, nos fornece, para 15 ensaios em cada corpo de prova, as respectivas leituras feitas na escala (5) do Concret Test Hammer Model C.T-320

FIM	LEITURA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	SOMA	MÉDIA ARITMÉTICA
	C. PROVA																	
REV. BASE	PARALELEPÍPEDO	42	43	44	36	41	38	42	44	40	39	40	42	41	43	45	620	41,3
REV. BASE	CERÂMICA	27	25	24	21	26	25	27	22	24	21	20	27	26	21	22	358	23,8
REV. BASE	CONCRETO 1:4:8	22	19	21	20	21	24	18	23	24	18	22	20	25	23	22	322	21,4
REVESTIMENTO	LAJOTA DE BARRO RECOZIDO	23	20	21	21	26	22	24	18	23	18	22	19	16	22	23	318	21,2
	TACO DE PEROBA	18	23	19	18	16	16	14	14	13	22	21	16	17	21	17	265	17,6
	LADRILHO HIDRÁULICO	16	18	13	15	18	17	13	18	16	14	14	18	15	13	13	231	15,4
REV. BASE	SOLO-CIMENTO II (12%)	15	12	11	13	17	17	15	12	14	15	18	15	12	17	15	218	14,5
REVESTIMENTO	SOLO-CIMENTO I (10%)	14	11	11	14	16	17	16	13	12	17	11	16	13	14	14	209	13,9
	TIJOLO REQUEIMADO	16	12	15	14	14	15	14	16	14	13	13	15	16	13	14	214	14,2
	TIJOLO	12	11	12	10	10	10	11	11	9	9	10	9	9	11	11	155	10,3

Tabela 8

*Arquivada Faculdade
como parte de graduação
07/11/74
08/11/1974*

S O L O - C I M E N T O

ESTUDO COM O
LATOSOL VERMELHO AMARELO - FASE TERRAÇO
EXISTENTE EM
GUARATINGUETÁ - ESTADO DE SÃO PAULO

Prof. Dr. Jerson Vidal

ANTONIO GILBERTO FILIPPO FERNANDES

Tese apresentada à Faculdade de
Engenharia de Guaratinguetá pa-
ra obtenção do Título de Doutor
em Ciências em Engenharia.

GUARATINGUETÁ - SÃO PAULO

Dezembro de 1 973.

T624.138.23 (043)

F363

00008

Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá

BIBLIOTECA

Esta tese foi julgada adequada para a obtenção do Título de
Doutor em Ciências, em Engenharia, e aprovada em sua forma final
pelo orientador e pela Comissão Examinadora.

Orientador

ORIENTADOR DA TESE

Prof. Dr. Jessen Vidal

Prof. Dr. Jessen Vidal

Presidente da Comissão Examinadora

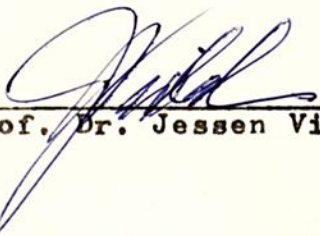
Prof. Dr.

Director da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá

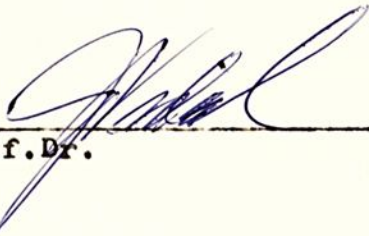
Prof. Antonio Gilberto Vilippe Fernandes

Esta tese foi julgada adequada para a obtenção do Título de Doutor em Ciências, em Engenharia, e aprovada em sua forma final pelo orientador e pela Comissão Examinadora.

Orientador


Prof. Dr. Jessen Vidal

Presidente da Comissão Examinadora


Prof. Dr.

Diretor da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá

Prof. Antonio Gilberto Filippo Fernandes

A minha esposa Maria e a meus filhos
Ivan, Rosalino, Marilene, Roselene,
Marilene e Gilberto Junior.

DECLARAÇÃO DE AGRADECIMENTO

Dessejamos expressar nossos sinceros agradecimentos ao Prof. Dr. Jelson Viana pelo apoio e incentivo prestados, estimulação da realização deste trabalho.

Dessejamos também agradecer, de igual modo, aos nossos amigos e conhecidos ao Prof. Vagner José Viana, Prof. Carlos Augusto Patrício Amorim, Eng. Agro. Luis Roberto Damasceno, secretária Celina Lago, assistente social Sílvia e o servidor Paulo de Aquino Barros, pela ajuda prestada durante toda a realização deste trabalho, em seus diferentes níveis.

À minha esposa Marina e a meus filhos Rosalice, Marilene, Roselene, Marilice e Gilberto Junior.

SUMÁRIO.....	8
OBJETIVO.....	9
Capítulo I : SOLOS DO MÉDIO VALE DO PARAIBA.....	12
A G R A D E C I M E N T O	
1 - Introdução	13
2 - Classificação dos solos	13
3 - Tipos de solos - Características	18
4 - Ocorrência	18
Desejamos externar nossos sinceros agradecimentos ao Prof. Dr. Jessen Vidal pelo apoio e incentivo prestados, estimuladores da realização deste trabalho. Desejamos, também, externar, de igual modo, nossos sinceros agradecimentos ao Prof. Vagner José Oliva, Prof. Carlos Augusto Patricio Amorim, Eng. Agro. Luiz Soares Hungria, secretária Celina Zago, técnico Enio Firno e o servidor Paulo de Aquino Rosas, pelo apoio prestado durante toda a realização deste trabalho, em suas diferentes fases.	
5.1 - propriedades da mistura.....	31
5.2 - enchimento das formas.....	31
5.3 - desforma.....	32
5.4 - secagem.....	32
Capítulo III: ENSAIO PARMONIZADO DE COMPRESSÃO.....	33
1 - Introdução.....	34
2 - Equipamento utilizado.....	35
3 - Formas para corpos de prova	36
4 - Sequência de operação	36
5 - Resultados.....	40
5.1 - tabelas.....	40
5.2 - curvas.....	45
6 - Conclusão.....	54
Capítulo IV : ENSAIO DE DESGASTE.....	56
1 - Introdução.....	57
2 - Dispositivo utilizado.....	58
3 - Sequência de operação.....	62
4 - Formas - corpos de prova.....	62

Í N D I C E

SUMÁRIO.....	8
OBJETIVO	9
Capítulo I : SOLOS DO MÉDIO VALE DO PARAÍBA	
MUNICÍPIO DE GUARATINGUETÁ	12
1 - Introdução	13
2 - Classificação dos solos	15
3 - Tipos de solos - Características	18
4 - Ocorrência em Guaratinguetá	25
Capítulo II: MISTURA SOLO-CIMENTO	27
1 - Introdução	28
2 - Componentes	29
2.1 - cimento	29
2.2 - solo.....	30
2.3 - água.....	30
3 - Execução.....	31
3.1 - propriamente dita da mistura.....	31
3.2 - enchimento das formas.....	31
3.3 - desforma.....	32
3.4 - secagem.....	32
Capítulo III: ENSAIO PADRONIZADO DE COMPRESSÃO.....	33
1 - Introdução.....	34
2 - Equipamento utilizado.....	35
3 - Forma para corpos de prova	38
4 - Sequência de operação	38
5 - Resultados.....	40
5.1 - tabelas.....	40
5.2 - curvas.....	45
6 - Conclusão.....	51
Capítulo IV : ENSAIO DE DESGASTE.....	56
1 - Introdução.....	57
2 - Dispositivo utilizado.....	58
3 - Sequência de operação.....	65
4 - Forma - corpos de prova.....	65

4 - Forma - corpos de prova.....	65
4.1 - forma.....	65
4.2 - corpos de prova.....	65
4.2.1 - solo-cimento.....	67
4.2.2 - concreto empírico 1:4:8	67
4.2.3 - outros materiais testados.....	68
5 - Resultados.....	69
6 - Conclusão.....	73
Capítulo V : ENSAIO DE PENETRAÇÃO.....	74
1 - Introdução.....	75
2 - Equipamento utilizado.....	76
2.1 - Concret Test Hammer.....	76
2.1.1 - sequência de operação.....	78
2.2 - Dispositivo utilizado.....	79
2.2.1 - sequência de operação.....	86
3 - Corpo de prova.....	88
3.1 - forma.....	88
3.2 - enchimento.....	88
3.2.1 - para base de piso.....	89
3.2.2 - para revestimento de piso.....	89
4 - Resultados.....	90
5 - Conclusão.....	93
Capítulo VI: CONCLUSÕES	94
Referências Bibliográficas.....	98



S U M Á R I O

Desenvolvemos o presente trabalho procurando alcançar o objetivo de encontrar uma solução técnica e econômica para pisos e suas bases em prédios econômicos, residenciais, comerciais e industriais, bem como em "terreiros" e pequenas estradas.

Fixamo-nos no solo-cimento, estudando o Latosol Vermelho Amarelo, fase terraço, existente no médio Vale Paraíba, especificamente em Guaratinguetá, pelo fato de, sobre ele, estar localizado o maior número de pequenas propriedades agrícolas.

Realizamos a mistura solo-cimento, sem levar em consideração o teor ótimo de umidade e consequente compactação.

Partindo de uma dosagem empírica de água, na mistura solo-cimento, efetuamos os ensaios de compressão, para encontrar o tempo de secagem e o teor de cimento recomendados para nosso caso.

O teor de cimento recomendado foi obtido a partir de um índice de resistência à compressão preconizado pela Associação Brasileira de Cimento Portland, capaz de proporcionar boa durabilidade à mistura.

Assegurada a durabilidade, em função do valor da resistência à compressão, substituímos os posteriores ensaios convencionais de durabilidade, baseada na perda de peso por molhagem e secagem, por outros de desgaste e de penetração.

Nestes ensaios de desgaste e penetração procuramos posicionar o solo-cimento recomendado no rol de outros comumente existentes no mercado regional de construção civil, elaborado segundo critério de valores de resistência oposta.



O B J E T I V O

As bases e os pisos residenciais, comerciais e industriais de construção econômica, quer urbanas, quer rurais são, nesta região, executados em concreto simples, ao passo que "terreiros" e pequenas estradas, em zona rural, são revestidos em blocos de pedra (paralelepípedo) ou chão batido.

Acontece que os materiais supra mencionados são caros, a exceção do chão batido, que é revestimento primário e deficiente.

Procurando encontrar uma solução econômica e que tecnicamente resolva esses problemas, apresentamos o presente trabalho cujo objetivo é, estabelecer empiricamente, para um tipo de solo existente em vastas regiões do médio Vale do Paraíba, especificamente no município de Guaratinguetá, Estado de São Paulo: o Lato sol Vermelho Amarelo, fase terraço, a dosagem recomendada da mistura solo-cimento, criando assim um material capaz de substituir os inicialmente citados.



BRASIL
ESTADO DE SÃO PAULO

Escala Aproximada: 1:1000 000



FIGURA - 1

ESTADO DE SÃO PAULO

GUARATINGUETÁ

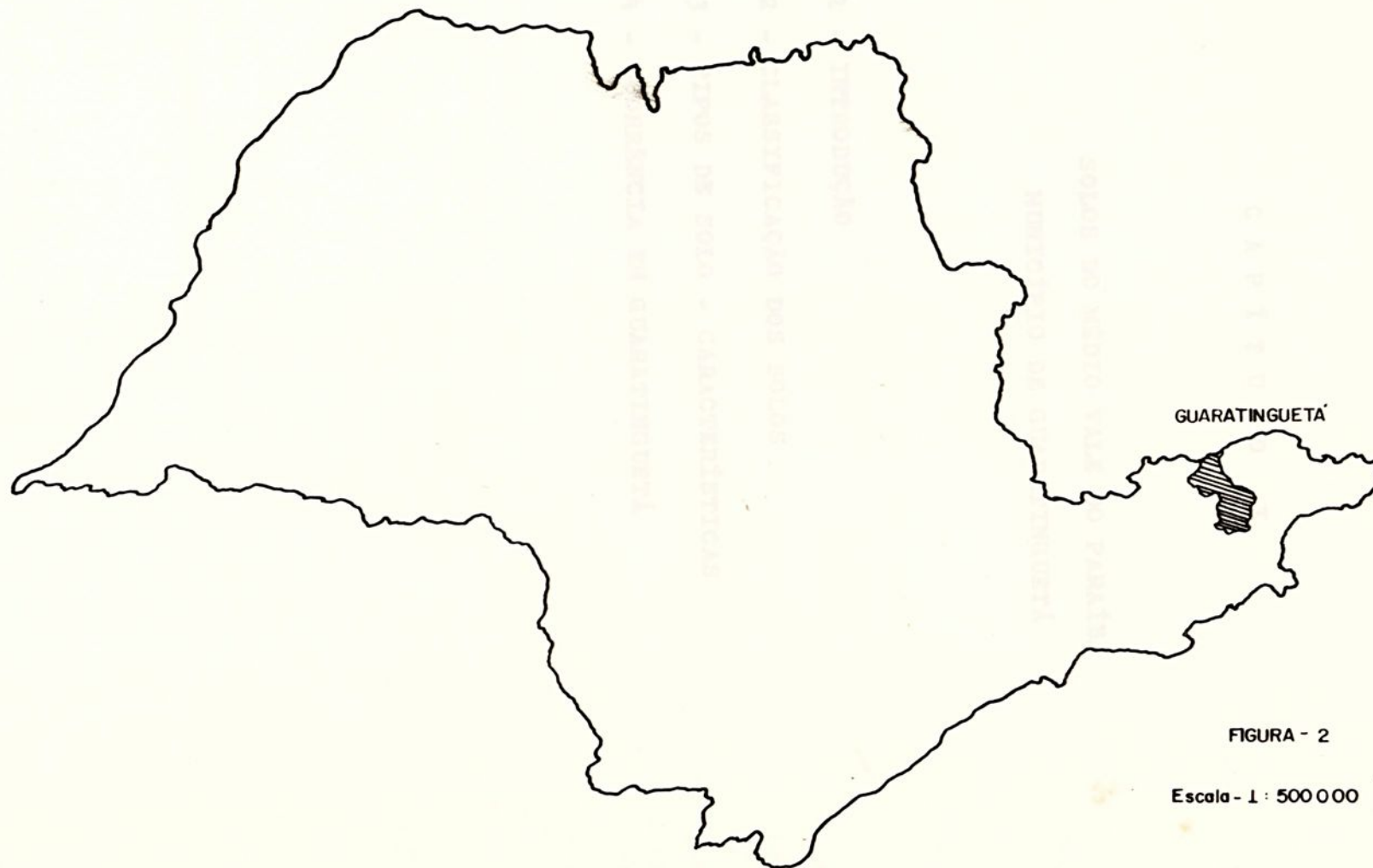


FIGURA - 2

Escala - 1 : 500 000

CAPÍTULO I

SOLOS DO MÉDIO VALE DO PARAÍBA MUNICÍPIO DE GUARATINGUETÁ

1 - INTRODUÇÃO

2 - CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS

3 - TIPOS DE SOLO - CARACTERÍSTICAS

4 - OCORRÊNCIA EM GUARATINGUETÁ

CAPÍTULO I

SOLOS DO MÉDIO VALE DO PARAÍBA
MUNICÍPIO DE GUARATINGUETÁ1 - INTRODUÇÃO

O solo pode ser definido como o resultado da decomposição da crosta terrestre por ação dos fatores de formação ativos, clima e organismos, agindo sobre o material de origem num determinado tempo.

Quer o clima, cuja concepção complexa não admite medida através de unidades simples, mas de fatores mensuráveis, tais como: temperatura, precipitação, umidade e evaporação; quer os organismos, ambos dependem do relevo que é a fonte de todos os contrastes do clima, da vegetação, da distribuição dos organismos e dos homens com suas atividades econômicas.

Face a importância do relevo apresentamos o mapa constante da figura 3, elaborado pela associação dos geógrafos brasileiros - secção de São Paulo - mostrando a divisão regional do Estado, sob o aspecto fisiográfico, com destaque para o município de Guaratinguetá.

Assim, a formação do solo é um processo natural de acumulação de resíduos minerais, depositados por influência das atividades físico-químicas destruidoras do meio ambiente, aos quais vão se juntando, progressiva e continuamente, os produtos e resíduos orgânicos.

O meio de estabelecermos uma base comum para o entendimento dos solos é a sua classificação, que obtemos através do agrupamento sistemático daqueles que apresentam as mesmas características.

Os solos têm sido classificados de várias maneiras, função de suas características físicas, químicas ou geológicas e consequente comportamento em relação ao fim estudado.

A composição granulométrica (tamanho aparente das partículas e suas porcentagens) e certas constantes físicas, tais como: limite de plasticidade, de liquidez, de contração, entre outras e correspondente comportamento, têm permitido classificações para fins rodoviários, como as da Public Roads Administration de A. CASSAGRANDE e outras.

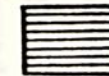
RELEVO DO ESTADO DE SÃO PAULO

DIVISÃO REGIONAL

CONVENÇÕES



LITORAL



PLANALTO ATLANTICO



DEPRESSÃO



PLANALTO OCIDENTAL

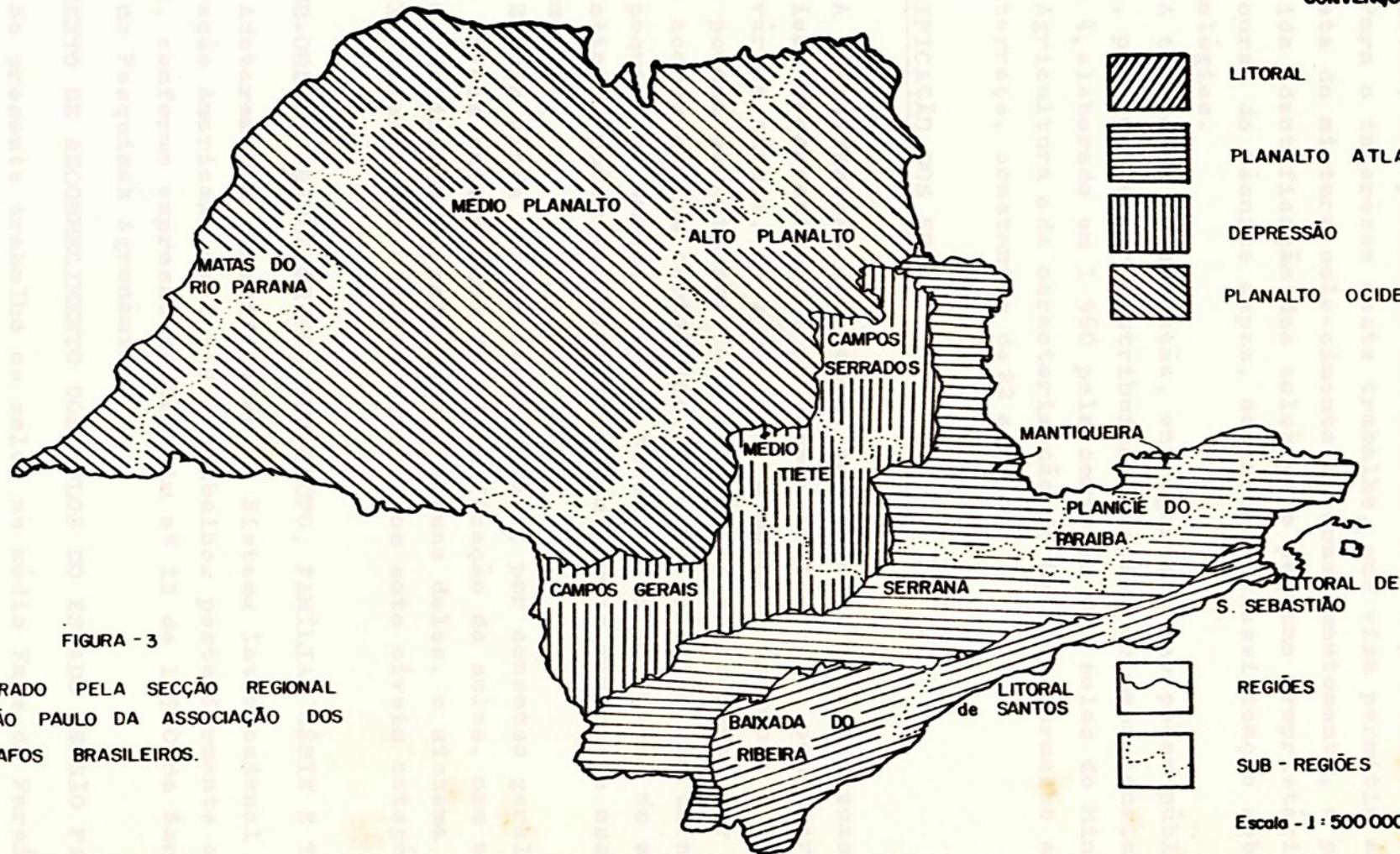


FIGURA - 3

ELABORADO PELA SECÇÃO REGIONAL
DE SÃO PAULO DA ASSOCIAÇÃO DOS
GEÓGRAFOS BRASILEIROS.

Os aspectos textura, cor, presença e transição entre os horizontes de um perfil de solo, dentre outras propriedades físico-químicas, têm permitido sua classificação pedológica.

Para o interesse deste trabalho, que visa permitir a execução direta da mistura solo-cimento e, conseqüentemente, a prévia e rápida identificação dos solos pelo pequeno proprietário, sem o concurso de técnico capaz, adotaremos classificação sob o aspecto pedológico.

A título de colaboração, entregaremos ao poder público municipal, para posterior distribuição, cópias do mapa constante da figura 4, elaborado em 1960 pela comissão dos solos do Ministério de Agricultura e da caracterização do Latosol vermelho amarelo, fase terraço, constantes de 22 e 24.

2 - CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS

A classificação dos solos, baseando-se pois em suas características decorrentes dos processos de formação, pode ser realizada a vários níveis, de sorte que, o maior grupamento é feito à base de poucas características, isto é, os solos podem ser agrupados, de acordo com um certo tipo de característica, em um número muito pequeno de amplos grupos. Estes, ainda em função de suas características, podem ser divididos em grupos menores e assim sucessivamente.

Embora ainda não se tenha fixado, por consenso geral, o número de níveis categóricos de classificação de solos, nem a designação e definição de, pelo menos, alguns deles, o sistema preferido pela maioria dos autores estabelece sete níveis categóricos:

ORDEM, SUB-ORDEM, GRANDE GRUPO, SUB-GRUPO, FAMÍLIA, SÉRIE E TIPO

Adotaremos a classificação do Sistema Internacional - Classificação Americana de 1949 e trabalhos posteriormente a ela referidos, conforme expresso no Boletim nº 12 de 1960 de Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas

"LEVANTAMENTO DE RECONHECIMENTO DOS SOLOS DO ESTADO DE SÃO PAULO"

No presente trabalho os solos no médio Vale do Paraíba, especificamente no município de Guaratinguetá, a nível de sub-ordem, classificam-se em:

SOLO COM B TEXTURAL
SOLO COM B LATOSSÓLICO
SOLOS HIDROMÓRFICOS
SOLOS POUCO DESENVOLVIDOS

CART A D O S S O L O S

D E G U A R A T I N G U E T Á

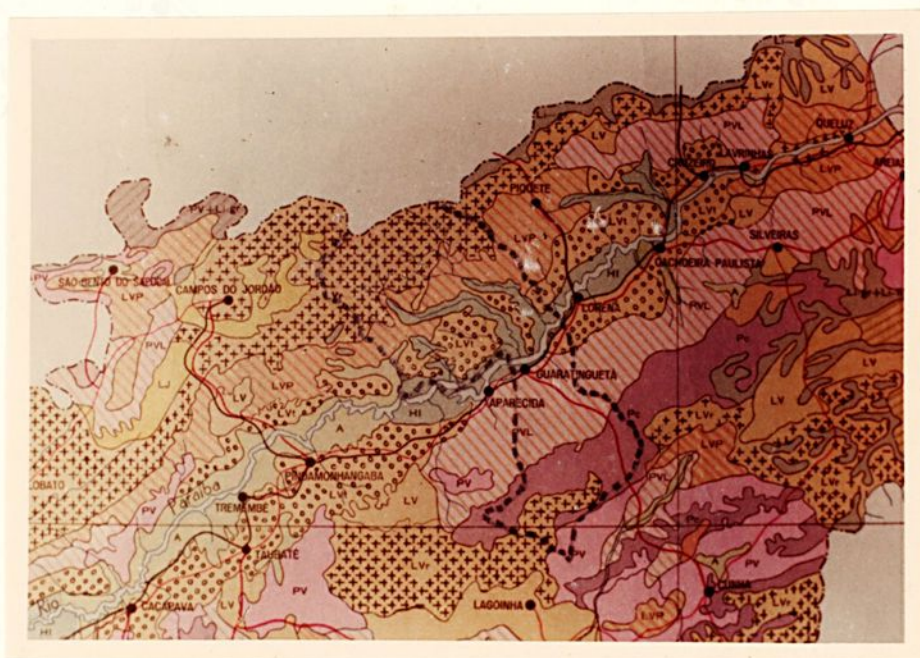


Figura 4

CARTA DOS SOLOS DE GUARATINGUETA'

ESTADO DE MINAS GERAIS

CRUZEIRO

PIQUETE

SÃO JOSÉ DO BARREIRO

CAMPOS DO JORDÃO

LVr

LVP

HI

LORENA

LVt

GUARATINGUETA'

APARECIDA

PVL

PINDAMONHANGABA

Pc

ESTADO

DE SÃO PAULO

PAULO

TAUBATE'

CAÇAPAVA

CUNHA

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA
COMISSÃO DE SOLOS

Escala - 1 : 500 000

FIGURA - 4

17

Todavia, para atendermos ao interesse pedológico, torna-se necessário distinguir os solos pelo menos a nível de grande grupo e, ainda mais, a de sub-grupo, fase ou variação, quando sua extensão atinge considerável grandeza.

Isto posto, consideremos, face nosso objetivo, as características das sub-ordens, grandes grupos, sub-grupos, fases ou variações que ocorrem em nossa região de estudo.

3 - TIPOS DE SOLO - CARACTERÍSTICAS

SOLO COM B TEXTURAL

Estes solos são bem drenados sem influência de salinização. Quando completos, apresentam sequência de horizontes A, B e C.

A transição entre os horizontes A e B, normalmente, é clara ou abrupta, podendo também apresentar-se gradual. A topografia do horizonte é, em geral, plana ou ondulada. A transição entre os horizontes B e C é gradual ou clara, sendo muito raramente difusa.

Dos horizontes, o B é o mais importante sob o ponto de vista de classificação. Ele apresenta espessura variando entre 0,40 e 3,00 m e, com mais frequência, entre 0,70 e 1,20m. Seu matiz é vermelho.

Dentre os solos com B textural, encontramos em Guaratinguetá:

1º GRANDE GRUPO - PV Podzólico Vermelho Amarelo.

Características morfológicas:

- transição clara entre os horizontes A e B, entre B e C e consequente diferenciação entre eles;
- horizonte B vermelho;
- profundidade acentuada;
- ácido, com baixa saturação de base.

Ocorrência no Estado de São Paulo mostrada pela Fig. 5

Esta unidade taxonômica, para fins de mapeamento, apresenta ocorrência de um sub-grupo na região em estudo.

3.1 - PVL - PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO INTERGRADE PARA LATO SOL VERMELHO AMARELO.

Características morfológicas:

- sequência de horizontes A, B e C, com contrastes menos

PODZÓLICO VERMELHO AMARELO
OCORRÊNCIA

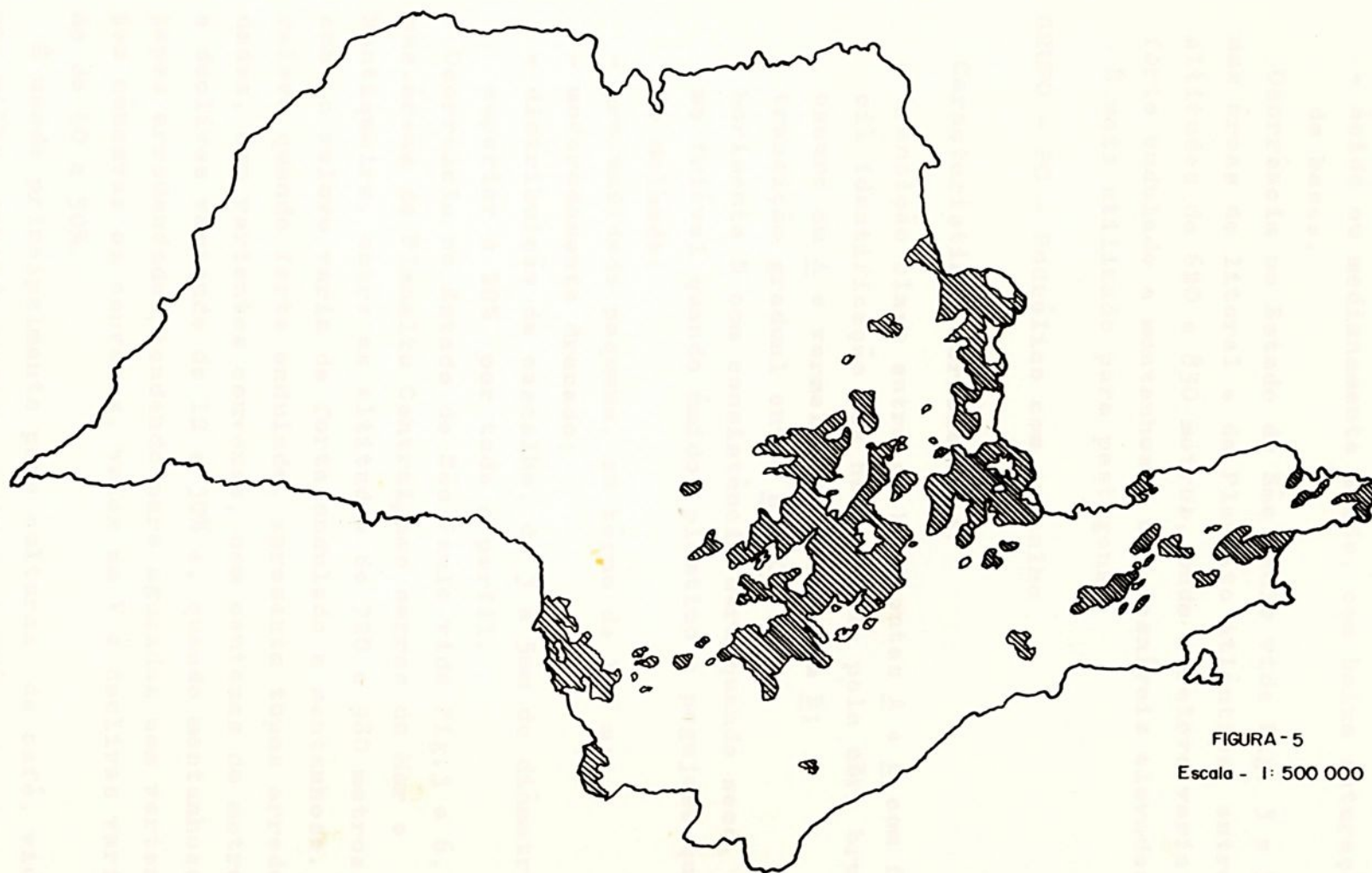


FIGURA - 5
Escala - 1: 500 000

- presença de mais poros no horizonte B;
- profundidade variável em torno de 2,50 m;
- de moderadamente a bem drenado;
- ácido ou medianamente ácido, com baixa saturação de bases.

Ocorrência no Estado de São Paulo vide Fig. 3 e 5 , nas áreas do litoral e do Planalto Atlântico, entre as altitudes de 620 e 850 metros, onde o relevo varia de forte ondulado a montanhoso, com desníveis elevados.

É mais utilizado para pastagens.

30 GRANDE GRUPO - PC - Podzólico com cascalho

Características morfológicas:

- transição clara entre os horizontes A e B com fácil identificação dos horizontes, pela cor bruno escuro em A e vermelho-amarelado em B;
- transição gradual entre B e C;
- horizonte B com consistência dura quando seco, firme friável quando úmido, plástico e pegajoso quando molhado;
- profundidade pequena, em torno de 1,5 m;
- moderadamente drenado;
- distribuição de cascalho, de 3 a 5mm de diâmetro , superior a 20% por todo o perfil.

Ocorrência no Estado de São Paulo vide Fig.3 e 6, nas áreas do Planalto Central, nas serras do Mar e da Mantiqueira, entre as altitudes de 720 e 980 metros , onde o relevo varia de forte ondulado a montanhoso. O relevo, quando forte ondulado, apresenta topos arredondados, com vertentes convexas, com centenas de metros e declives variando de 12 a 30% e, quando montanhoso , topos arredondados, tendendo para aguçados com vertentes côncavas ou convexas, vales em V e declives variando de 40 a 50%.

É usado principalmente para culturas de café, videira, milho, cana de açúcar, podendo também ser para pastagem e reflorestamento com eucalipto.

PODZÓLICO COM CASCALHOS
OCORRENCIA



FIGURA - 6
Escala - 1 : 500 000



SOLO COM B LATOSSÓLICO

Quando completos, apresentam perfil A, B e C. A transição entre os horizontes A e B é normalmente difusa ou gradual, podendo ser clara ou abrupta. A diferenciação entre A e B, normalmente, não é muito nítida, devido à presença de sub-horizontes de transição tanto num como no outro. A transição entre B e C pode ser difusa, gradual ou clara. Dos horizontes, o B é o mais importante, sob o ponto de vista de classificação. Ele apresenta espessura variando de 0,40 até 10,00 m e, com mais frequência, entre 1,50 e 4,00m, sendo seu matiz vermelho.

Dentre os solos com B latossólico encontramos em Guaratinguetá:

1º GRANDE GRUPO - LV - Latosol Vermelho Amarelo

Características morfológicas:

- transição difusa entre horizontes e consequente diferenciação de horizontes pouco evidente;
- horizonte B apresenta cores várias, do Vermelho ao Amarelo, com estrutura porosa pouco coerente, possuindo pouca argila natural;
- profundidade acentuada;
- ácido, com baixa saturação de bases.

Ocorrência no Estado de São Paulo, mostrada pelo mapa da Fig. 7.

Esta unidade taxonômica, para fins de mapeamento, apresenta duas fases e um sub-grupo na região em estudo.

1.1 - LV_r - LATOSOL VERMELHO AMARELO - FASE RASA

O critério adotado para sua caracterização foi o da espessura do solum - horizontes A+B - que mede, em média, menos de 1,20 metros.

Os perfis desta unidade de mapeamento são bem drenados e apresentam horizonte B normalmente vermelho amarelado ou bruno forte, com transição clara e gradual para o horizonte C, que é de coloração rósea ou avermelhada.

Ocorrência no Estado de São Paulo vide Fig. 3 e 7 na área do Planalto Atlântico, nas serras do Mar e da Mantiqueira, representando 3,7% da total superfície estadual, ocupando altitudes mais elevadas, variando de 800 a 1300m onde o relevo varia de forte ondulado a montanhoso.

LATOSOL VERMELHO AMARELO
OCORRENCIA

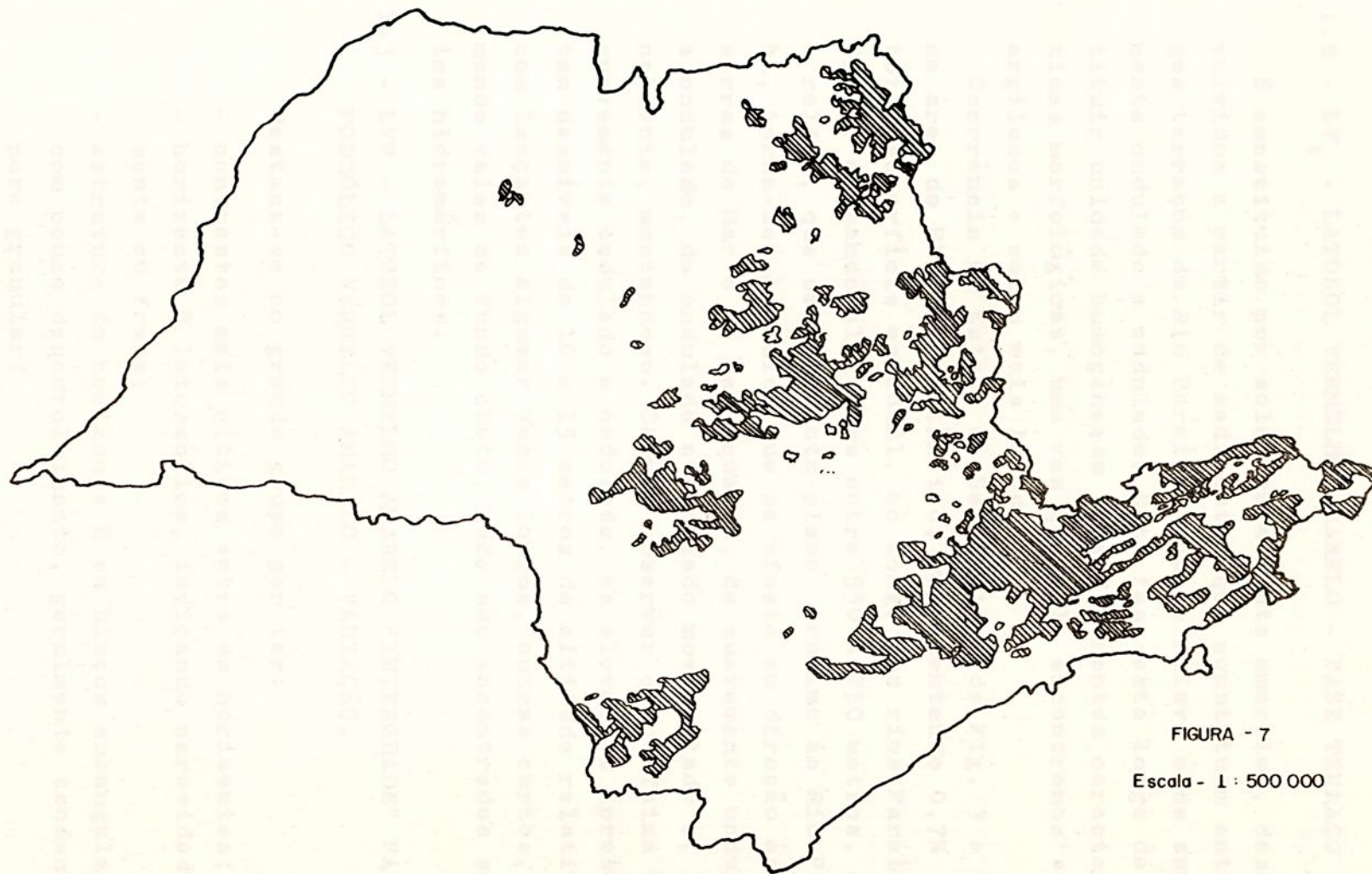


FIGURA - 7

Escala - 1 : 500 000

É mais usado para reflorestamento com eucalipto e exploração de madeira para o fabrico de carvão. É usado ainda para o plantio de videira, pêssego, figo, morango, ameixa, caqui e pastagem.

1.2 - LV_t - LATOSOL VERMELHO AMARELO - FASE TERRAÇO

É constituído por solos geralmente amarelos, desenvolvidos a partir de sedimentos que constituem antigos terraços do Rio Paraíba, onde o relevo é de suavemente ondulado a ondulado. Esta fase está longe de constituir unidade homogênea em suas diferentes características morfológicas, uma vez que nela encontramos solos argilosos e solos mais leves.

Ocorrência no Estado de São Paulo vide Fig. 3 e 7, na área do Planalto Atlântico, representando 0,7% da total superfície estadual, ao longo dos rios Paraíba e Tietê, ocupando altitudes entre 550 e 750 metros, onde o relevo, que se apresenta plano próximo ao Rio Paraíba, torna-se, à medida que se afasta em direção às serras do Mar e da Mantiqueira, de suavemente ondulado a ondulado, de ondulado a ondulado movimentado e, finalmente, montanhoso. Convém observar que na faixa de suavemente ondulado a ondulado, as elevações apresentam desníveis de 10 a 15 metros de altitude relativa, com lançantes algumas vezes longos, outras curtos, formando vales de fundo chato, onde são encontrados solos hidromórficos.

1.3 - LVP - LATOSOL VERMELHO AMARELO "INTERGRADE" PARA PODZÓLICO VERMELHO AMARELO - VARIAÇÃO.

Destaca-se no grande grupo por ter:

- contrastes mais nítidos entre os horizontes;
- horizonte B latossólico, indicando cerosidade acentuada ou fraca;
- estrutura do horizonte B em blocos subangulares com pouco desenvolvimento, geralmente tendendo para granular;
- maior plasticidade e maior pegajosidade nos horizontes A e B;
- perfil menos espesso;
- drenagem menor.

Ocorrência no Estado de São Paulo vide Fig. 3 e 7,

na área do planalto Atlântico, nas serras do Mar e da Mantiqueira, representando 0,9% da total superfície estadual. Apresenta-se com relevo forte ondulado e montanhoso sujeito a erosões, situando-se em altitudes que variam entre 460 e 1 100 metros, sendo todavia a frequência maior entre 700 e 1 000 metros.

É utilizada em pastagem e para cultura de banana, milho e fumo.

SOLOS HIDROMÓRFICOS

Têm como característica comum a grande influência do lençol freático, condicionada principalmente pelo relevo.

A influência do lençol freático reflete-se no perfil, através da acumulação de matéria orgânica no horizonte superficial, ou pela presença de cores cinza que indicam redução.

Os dois grandes grupos que o compõem, com perfis mais desenvolvidos e com perfis pouco desenvolvidos, são solos de várzea, normalmente com relevo plano, pouco profundos, com características associadas com encharcamento, redundando em acumulação de matéria orgânica na primeira camada ou fenômeno de redução nas subjacentes.

Ocorrência no Estado de São Paulo, apresentando ampla distribuição em diversas altitudes, desde o nível do mar até às partes bem elevadas da serra da Mantiqueira. No litoral, encontra-se formando manchas contínuas e extensas ao longo dos rios até suas desembocaduras no mar e nas regiões montanhosas, nas várzeas dos rios.

Os solos em questão desenvolvem-se de sedimentos aluviais provenientes da decomposição das rochas transportados ao longo dos rios. Em sua maioria, estes sedimentos são de origem fluvial, sendo, na região Litoral, também de origem marinha.

São utilizados, na região do Vale do Paraíba, para cultura de arroz e horticultura em geral, ao passo que, no planalto e no litoral, são, respectivamente, usados para culturas de arroz no primeiro e de arroz e banana no segundo.

4 - OCORRÊNCIA EM GUARATINGUETÁ

O Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas executou o levantamento de reconhecimento dos solos de todo o Estado de São

São Paulo, elaborando em seguida uma tabela, constante do Livro, Boletim nº 12 de 1 960 - "Levantamento e reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo" - que mostra as áreas de cada tipo de solo, por município do Estado, bem como elaborou o respectivo mapa, dos quais nos servimos, para mostrar as ocorrências no município de Guaratinguetá.

O mapa da figura 4 mostra a distribuição dos solos no município de Guaratinguetá.

A tabela abaixo expressa, em área, as ocorrências no município de Guaratinguetá, os tipos de solo mapeados.

Tipo solo	PVL	PC	LV _r	LV _t	LVP	HI	SOMA
Área em Km ²	112	110	231	92	108	100	753

Face ao objetivo deste trabalho, escolhemos para ensaios o LV_t - Latosol vermelho amarelo, fase terraço, não pela extensão de sua ocorrência mas pelo fato de sobre ele estar localizado o maior número de pequenas propriedades agrícolas da região.

CAPÍTULO II

MISTURA SOLO-CIMENTO

1 - INTRODUÇÃO

2 - COMPONENTES

2.1 - cimento

2.2 - solo

2.3 - água

3 - EXECUÇÃO

3.1 - propriamente dita da mistura

3.2 - enchimento das formas

3.3 - desforma

3.4 - secagem

CAPÍTULO II

MISTURA SOLO - CIMENTO

1 - INTRODUÇÃO

O objetivo deste trabalho, como já o dissemos, sendo o estabelecimento da dosagem recomendada da mistura empírica solo-cimento de sorte a permitir sua execução direta pelo pequeno proprietário, sem o concurso de técnico e de laboratório, conduziu-nos à análise do que se passa, quando da execução da mistura para o concreto empírico. Cientificamo-nos das limitações técnicas aí existentes, em função das condições de execução por falta de equipamentos apropriados à dosagem racional, da variação da qualidade e quantidade dos materiais empregados e de fatores outros que atuam na hora da sua execução.

Cientes dessas limitações, que também irão ocorrer no nosso solo-cimento, passamos a elaborar os corpos de prova para ensaios de compressão, de desgaste e de penetração (vide capítulos III, IV e V), sem levar em consideração nenhum dos dois métodos de dosagem SC-2 e SC-4, preconizados pela Associação Brasileira de Cimento Portland, nem os testes aí previstos de:

- ensaios de caracterização, determinação da densidade máxima e teor de umidade ótima do solo sem tratamento e do solo com tratamento;
- ensaios de resistência à compressão;
- ensaios de durabilidade, aí padronizados, para obtenção de determinadas características da mistura.

Partimos para execução de uma mistura destinada aos corpos de prova, composta de solo e água, existentes com fartura no local de emprego, sem ônus para aquisição, em volumes constantes, e de cimento com volume variável a ser incorporado, carente de aquisição e, praticamente, o determinante da conveniência da mistura.

2 - COMPONENTES

Na execução da mistura para os modelos a serem testados foram usados os componentes solo, água e cimento, segundo as proporções abaixo descritas.

2.1 - CIMENTO

É o elemento básico da mistura, quer pelo aspecto econômico, quer pela ação de sua afinidade com o solo, variável com os tipos deste. O cimento atua como aglutinador da mistura e seu teor nela é responsável pela variação da resistência daquela.

Dentre as várias marcas de cimento Portland comumente existentes em nosso comércio, escolhemos a Tupi por ser a mais comum nesta região, a de menor preço e também por sua boa qualidade como produto residual de alto forno da Companhia Siderúrgica Nacional de Volta Redonda.

Tivemos o cuidado, na execução de cada grupo de corpos de prova, para evitar a hidratação do cimento, de abrir saco novo, cientificando-nos previamente com a firma fornecedora, tratar-se de cimento novo, recém-chegado.

A determinação dos limites, superior e inferior, entre os quais seriam escolhidos para teste os diferentes teores percentuais volumétricos de cimento para adição à mistura, foi obtida por comparação com resultados constantes nas publicações:

"Soils, Special Technical Publication nº 206 da ASTM
(American Society for Testing Materials" e

"Pavimentação" de Ciro Nogueira

Esses trabalhos consignam uma variação percentual em volume de cimento relativamente ao volume da mistura, para solos com característica do que estamos estudando de, respectivamente, 4% a 19% e de 6% a 14%.

Face a estes resultados, elegemos para nossas experiências a porcentagem inicial de 5% e as seguintes até 17%, obtidas por acréscimos sucessivos de 4%, de sorte a obter a série 5%, 9%, 13%, e 17% de cimento relativamente ao volume de solo.

2.2 - SOLO

O tipo de solo escolhido para nossas experiências, dentre os existentes no Médio Vale do Paraíba, especificamente no município de Guaratinguetá conforme já o dissemos no capítulo I, foi o LV_t - Latosol Vermelho-Amarelo fase terraço, não pela extensão de sua ocorrência, mas pelo fato de sobre ele estar localizado o maior número de pequenas propriedades agrícolas.

Na execução dos corpos de prova tivemos sempre presente a preocupação de:

- usar terra da mesma jazida, identificada com LV_t ;
- retirar terra, com aparência de seca, após mínimo de dois dias de sol;
- expor, ao ar livre, sobre piso de concreto, próximo ao local da mistura, a terra retirada por 48 horas;
- depois de ter, experimentalmente, precisado a quantidade de terra necessária ao enchimento de uma forma, usar quantidade para mistura, em volume constante e igual a 1,5 e necessária ao enchimento das dezoito formas dos corpos de prova.

2.3 - ÁGUA

A quantidade de água na mistura solo-cimento é de grande importância para a qualidade de sua resistência, sua consequente durabilidade e, sabemos depender, da que for necessária à hidratação do cimento. É determinada pelo método AASHO - Standart (American Association of State Highway Officials).

Para o interesse deste trabalho, que visa a dosagem da mistura empírica, não nos preocupou a determinação da quantidade de água, a fixação do teor de umidade ótima e a correspondente densidade máxima, mas a consideração do que ocorre quando da elaboração do concreto empírico, que servirá de termo de comparação para os ensaios constantes dos capítulos seguintes.

Por analogia à execução do concreto, executamos uma mistura experimental de solo-cimento para avaliarmos a quantidade de água necessária.

Para isso, ao volume de terra medido, conforme consta no item Solo deste capítulo, fomos adicionando água contida em recipiente graduado até obtermos uma mistura pas

tosa, de fácil manuseio e, aparentemente, com boas condições de emprego. Neste instante, medimos a quantidade de água utilizada tendo encontrado 2,8 litros.

Esta quantidade foi a empregada para a execução de todos os corpos de prova, o que equivale dizer serem as experiências realizadas com volume constante de água.

A água utilizada foi a da rede pública municipal, sujeita a tratamento primário de filtragem e com baixo teor de cloro residual.

3 - EXECUÇÃO

3.1 - PROPRIAMENTE DITA DA MISTURA

Tendo em mãos os componentes cimento, solo e água, conforme descrito no item 2 deste capítulo, passamos à execução propriamente dita da mistura, conforme a seguir expomos.

Ao volume constante de solo, adicionamos o volume constante de água, um dos volumes de cimento, correspondente a 5%, 9%, 13% e 17% do volume do solo e os misturamos bem, com uma colher de pedreiro, até obtermos uma mistura pastosa, de fácil manuseio e, aparentemente, com boas condições de emprego.

3.2 - ENCHIMENTO DE FORMAS

Utilizamos para confecção de todos os corpos de prova formas cilíndricas, conforme descrito no capítulo seguinte e obedecemos à seguinte técnica: a cada terça parte da forma cheia com a mistura descrita no item anterior, com auxílio de uma colher de pedreiro, para fazer sua compactação, aplicamos com mesmo soquete arbitrariamente escolhido, trinta pancadas de cima para baixo, deliberadamente descompassadas e com esforço propulsor variável.

Os corpos de prova obtidos sofreram uma compactação não normalizada e, em consequência, constituíram-se desuniformemente.

Com cada uma das misturas, definidas por uma das quatro porcentagens volumétricas de cimento, 5%, 9%, 13% e 17%, enchemos em um só dia 18 formas a serem testadas, cada três, ao cabo de 5, 10, 15, 20, 25, e 30 dias, perfazendo um total de 72 corpos de prova.

3.3 - DESFORMA

Enchida a forma e com o corpo de prova pronto, fez-se necessária sua desforma e consequente fixação do prazo para sua realização, a contar do enchimento.

Reportamo-nos ao concreto e tomando por base o prazo necessário à sua desforma lateral, como primeira aproximação para tentativas, experimentamos e obtivemos êxito, na desforma do corpo de prova com 48 horas após o enchimento.

3.4 - SECAGEM

Todos os corpos de prova obtidos, sofreram uma secagem diferente da preconizada para solo-cimento, feita durante 7 dias, com a amostra recoberta de camada de parafina e exposta em sala com temperatura uniforme.

Nossos corpos foram submetidos simplesmente a uma secagem em sala com temperatura ambiente e sujeitos às variações ambientais normais.

Objetivando aquilatar o efeito da variação do tempo de secagem do corpo de prova sobre sua resistência à compressão e a determinação do tempo ótimo de secagem, reportamo-nos ao tempo de cura do concreto e arbitramos que os ensaios à compressão fossem realizados aos 5, 10, 15, 20, 25 e 30 dias de secagem, computados os dois dias em que a amostra permaneceu dentro da forma.

Três corpos de prova de cada mistura, definida por determinada porcentagem de cimento e num total de 72 corpos foram testados ao fim dos dias acima mencionados.



CAPÍTULO III

ENSAIO PADRONIZADO DE COMPRESSÃO

1 - INTRODUÇÃO

2 - EQUIPAMENTO UTILIZADO

3 - FORMA

4 - SEQUÊNCIA DE OPERAÇÃO

5 - RESULTADOS

5.1 - tabelas

5.2 - curvas

6 - CONCLUSÃO

CAPÍTULO III

ENSAIO PADRONIZADO DE COMPRESSÃO

1 - INTRODUÇÃO

Dissemos já, no capítulo II, que a escolha das proporções de solo, de cimento e de água para a composição da mistura solo-cimento é realizada pelos testes padronizados que constituem os métodos SC-2 e SC-4, preconizados pela Associação Brasileira de Cimento Portland, para fixação do teor de cimento, a partir do conhecimento do teor de umidade ótima e correspondente densidade máxima.

Dissemos, ainda, no mesmo capítulo, face ao interesse de nosso trabalho que na determinação da dosagem recomendado de cimento para a mistura empírica, não consideramos o teor de umidade ótima e, conseqüentemente, nenhum dos dois métodos acima referidos, mas procedemos aos testes de resistência à compressão, desgaste e penetração, conforme expresso a seguir, neste e nos seguintes capítulos.

Os corpos de prova, obtidos conforme consta no capítulo II, foram submetidos a ensaios padronizados de compressão em uma máquina de ensaios universal, marca BALDWIN (Southwark Tate - Emery Testing Machine), com capacidade para 200 toneladas, existente no laboratório de estruturas do Instituto Tecnológico de Aeronáutica, em São José dos Campos. Ela apresenta todas as características desejáveis à realização de um completo ensaio de compressão, onde são conseguidos não só valores numéricos, mas também relações exatas entre a carga aplicada ao corpo de teste e sua conseqüente deformação, através a obtenção automática de um gráfico contínuo da relação "TENSÃO - DEFORMAÇÃO".

Os gráficos obtidos na quebra dos diferentes corpos de prova fornecem, com valores satisfatórios e confiáveis, os pontos característicos mais importantes à determinação da mistura apropriada de solo-cimento, em função do teor de cimento existente em cada amostra.

2 - EQUIPAMENTO UTILIZADO

Funcionalmente, a máquina Baldwin-vide figuras 8-contém três sistemas: de carregamento, de indicação de carga e de registro.

Seu funcionamento, em resumo, é o seguinte:

Consideremos a máquina em condições de atuar, com a válvula de descarga fechada e de carga aberta. Ao ligarmos o motor da bomba, haverá descarga de óleo no cilindro, que empurrará seu pistão para cima. A mesa de ensaio, solidária ao pistão, levará para cima as duas colunas de compressão e a travessa superior. Entre a mesa e a travessa superior existe a travessa sensível. O cilindro, por pressão hidráulica, fará com que o corpo de prova colocado sobre a mesa, do lado de baixo da travessa sensível, seja comprimido graças ao movimento da mesa de baixo para cima. Origina-se na travessa sensível uma força com sentido de baixo para cima, transmitida pelas colunas rosqueadas e travessa inferior, na base da máquina, à Célula Hidráulica de Emery, montada entre a travessa inferior, na base, e a parte inferior do cilindro.

Esta célula consiste, essencialmente, de um pistão suspenso por um anel que lhe garante livre movimento. Este pistão transmite a pressão recebida, das hastes rosqueadas à uma pequena quantidade de óleo contida na célula, por um diafragma de metal. A Célula é ligada por meio de um tubo de cobre aos elementos sensíveis do indicador circular de carga, de tal modo que, qualquer variação de pressão no óleo é, instantaneamente, transmitida ao sistema de indicação.

Este é constituído por três tubos Bourdon, na parte superior da cabine de controle, mostrada no lado direito da Figura 8. A qualquer movimento destes tubos se opõe uma força independente, produzida por ar comprimido. No instante em que as duas forças não se equilibrem, a força independente atuará para restabelecer o equilíbrio e, à grandeza desta, corresponde a carga indicada no mostrador. O mostrador circular fornece a leitura da carga empregada em um instante qualquer do ensaio, inclusive a correspondente ao ponto característico de ruptura, ao passo que o registrador cilíndrico registra por meio de estilete, em papel milimetrado, a curva de deformação para as diferentes cargas durante todo o tempo de ensaio.



BALDWIN SOUTHWARK TATE

EMERY TESTING MACHINE

FOTOGRAFIA

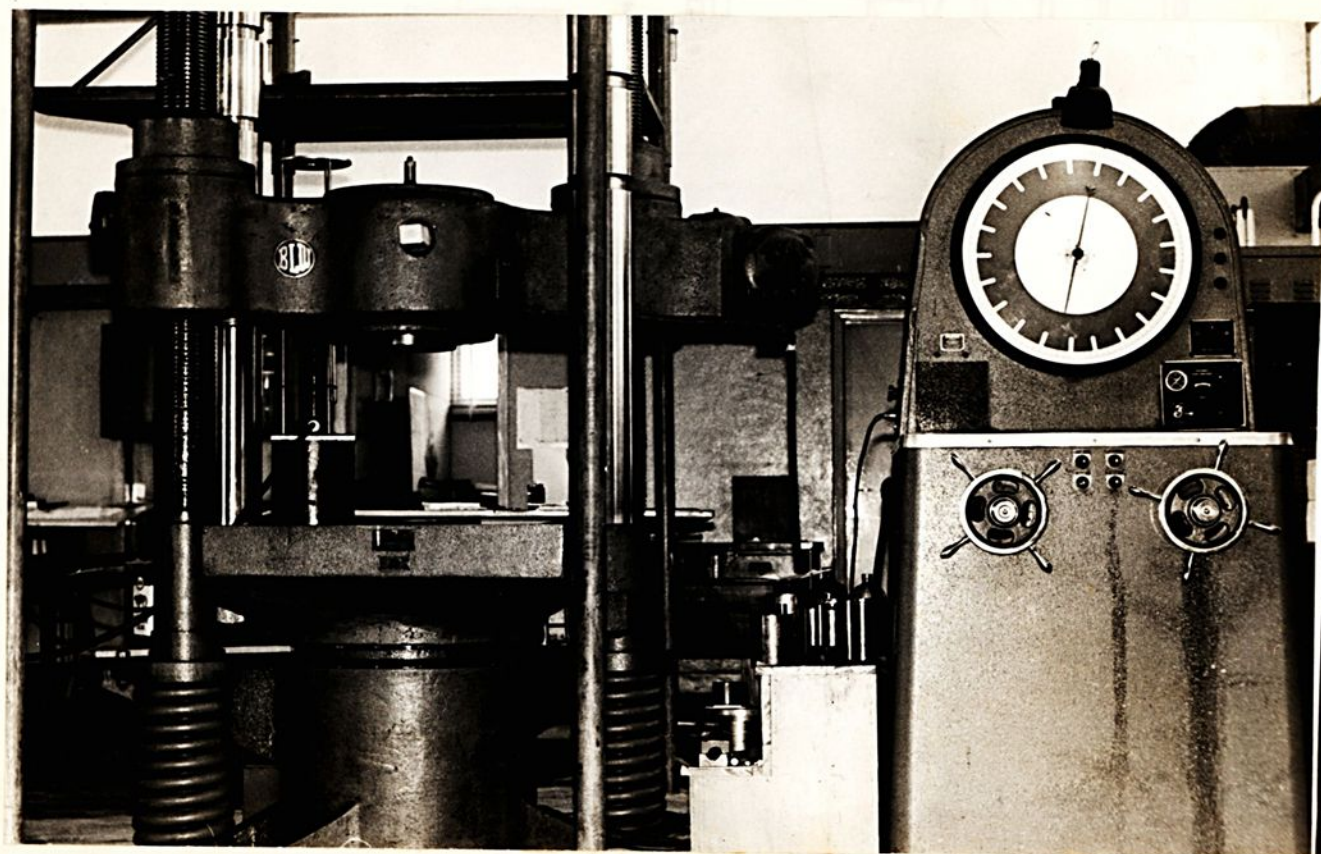


Figura - 8

Baldwin Southwark Tate

Emery Testing Machine

ESQUEMA

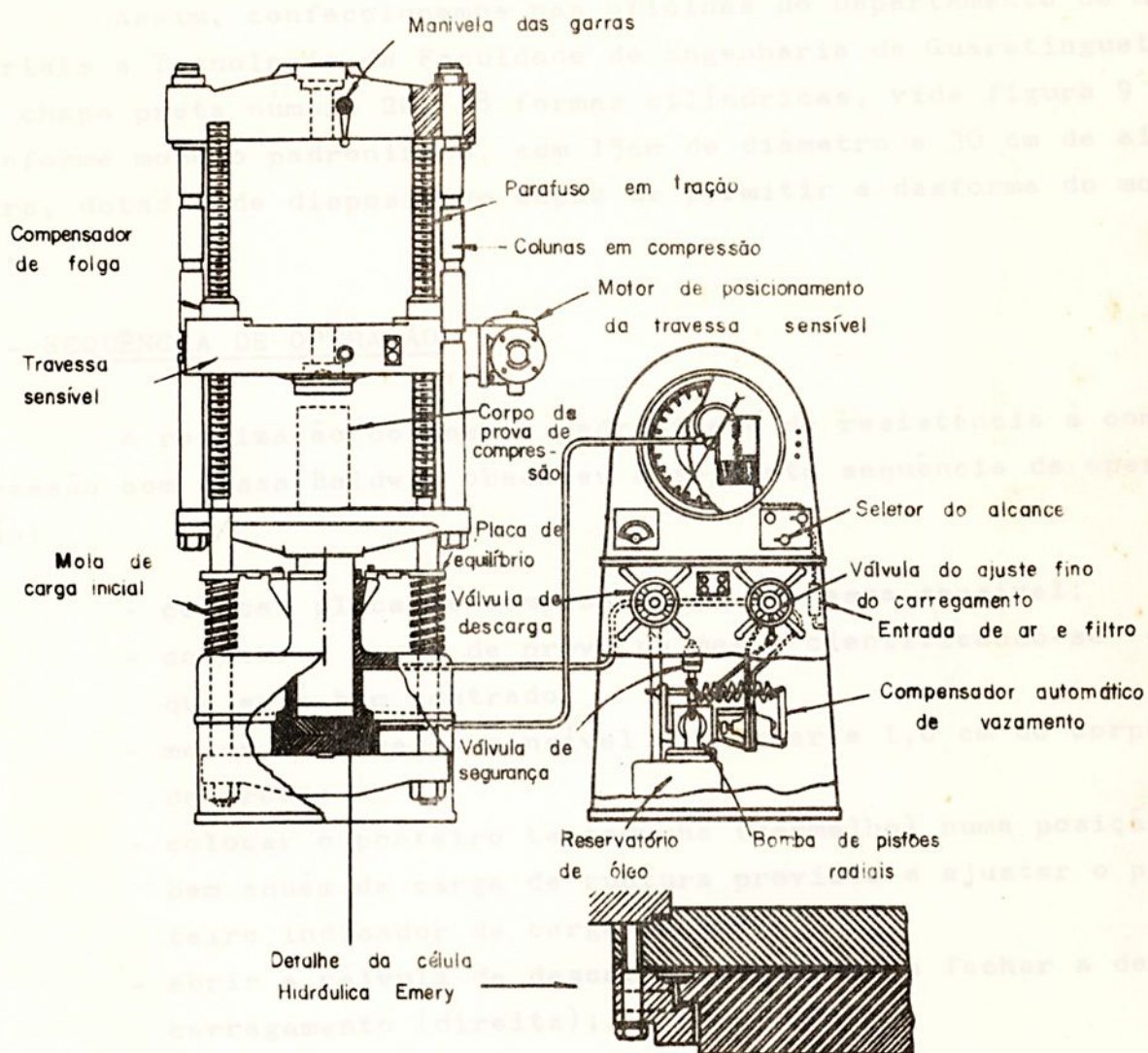


FIGURA - 8

3 - FORMA PARA CORPOS DE PROVA

Adotamos, na obtenção dos corpos de prova necessários aos ensaios de resistência à compressão, formas cilíndricas, com dimensão: altura, dupla da do diâmetro ($h=2d$), como preconizado para estes tipos de ensaios pela Associação Brasileira de Cimento Portland nos métodos SC-2 e SC-4, para determinação do teor de cimento na mistura solo-cimento.

Assim, confeccionamos nas oficinas do Departamento de Materiais e Tecnologia da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, em chapa preta número 20, 18 formas cilíndricas, vide figura 9, conforme modelo padronizado, com 15cm de diâmetro e 30 cm de altura, dotadas de dispositivo capaz de permitir a desforma do molde.

4 - SEQUÊNCIA DE OPERAÇÃO

A realização do ensaio padronizado de resistência à compressão com nossa Baldwin obedeceu à seguinte sequência de operação:

- colocar placa de compressão na travessa sensível;
- colocar o corpo de prova na mesa, cientificando-se de que está bem centrado;
- mover a travessa sensível até ficar a 1,0 cm do corpo de prova;
- colocar o ponteiro testemunha (vermelho) numa posição bem aquém da carga de ruptura prevista e ajustar o ponteiro indicador de carga no zero;
- abrir a válvula de descarga (esquerda) e fechar a de carregamento (direita);
- ligar a bomba de óleo;
- fechar a válvula de descarga e abrir a de carregamento. Logo que a placa de compressão encoste-se ao corpo de prova, fechar a válvula de ajuste grosso e abrir a de ajuste fino de carregamento, de modo a permitir a aplicação da carga, à velocidade desejada;
- quando o corpo de prova romper, fechar a válvula de ajuste fino de carregamento e abrir a de descarga;
- verificar, no mostrador, o gráfico "Tensão-deformação" e determinar os pontos essenciais ao ensaio realizado, ou ler no mostrador circular a carga de ruptura.



FORMA CILÍNDRICA

PARA

ENSAIO PADRONIZADO DE COMPRESSÃO

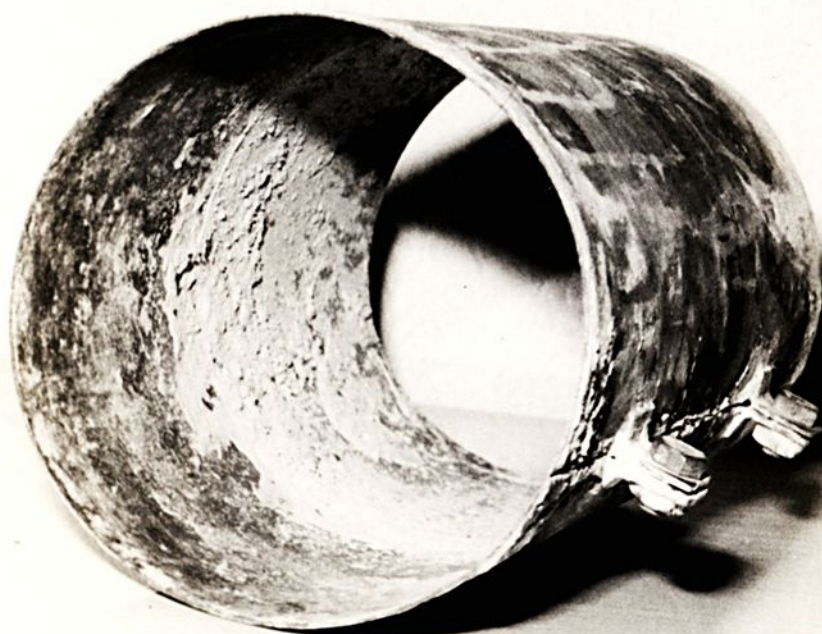


Figura 9

As amostras confeccionadas e ensaiadas, conforme expresse no capítulo anterior e neste, nos possibilitaram a elaboração das tabelas nºs. 1, 2, 3 e 4, correspondente, cada uma, a cada um dos quatro teores de cimento, para os diferentes seis tempos de secagens, de sorte a nos permitir obter a carga média de ruptura para cada três corpos de prova.

Conhecidas as cargas, levantamos quatro curvas representadas nas figuras de números 10, 11, 12 e 13, correspondentes, respectivamente, às cargas médias das tabelas 1, 2, 3 e 4 que, analisadas, forneceram elementos para objetivação deste trabalho.

Para facilitar a análise comparativa dessas curvas, as reunimos em um só gráfico, representado pela figura 14.

5.1 - TABELAS

Tabelas 1, 2, 3 e 4.

CORPO DE PROVA COM 5% DE CIMENTO

Tem- po de Seca- gem dias	Nº DO C.D.P	DIA DA CONFEÇÃO DO C.D.P	DIA DA RUPTURA	CARGA DE RUPTURA (KGf)	CARGA MÉDIA (KGf)
5	1	03/08/73	08/08/73	530	530
	2	03/08/73	08/08/73	520	
	3	03/08/73	08/08/73	540	
10	4	03/08/73	13/08/73	870	850
	5	03/08/73	13/08/73	830	
	6	03/08/73	13/08/73	850	
15	7	03/08/73	18/08/73	1.210	1.180
	8	03/08/73	18/08/73	1.180	
	9	03/08/73	18/08/73	1.150	
20	10	03/08/73	23/08/73	1.210	1.210
	11	03/08/73	23/08/73	1.250	
	12	03/08/73	23/08/73	1.170	
25	13	03/08/73	28/08/73	1.290	1.270
	14	03/08/73	28/08/73	1.270	
	15	03/08/73	28/08/73	1.250	
30	16	03/08/73	21/09/73	1.310	1.300
	17	03/08/73	21/09/73	1.290	
	18	03/08/73	21/09/73	1.300	

TABELA 1



ENSAIO PADRONIZADO DE COMPRESSÃO

CORPO DE PROVA COM 9% DE CIMENTO

Tem- pode Seca- gem dias	Nº DO C.D.P	DIA DA CONFEÇÃO DO C.D.P	DIA DA RUPTURA	CARGA DE RUPTURA (KGf)	CARGA MÉDIA (KGf)
5	19	10/09/73	15/09/73	1.150	1.130
	20	10/09/73	15/09/73	1.110	
	21	10/09/73	15/09/73	1.130	
10	22	10/09/73	20/09/73	2.070	2.080
	23	10/09/73	20/09/73	2.080	
	24	10/09/73	20/09/73	2.090	
15	25	10/09/73	25/09/73	2.950	2.930
	26	10/09/73	25/09/73	2.930	
	27	10/09/73	25/09/73	2.910	
20	28	10/09/73	30/09/73	3.130	3.110
	29	10/09/73	30/09/73	3.110	
	30	10/09/73	30/09/73	3.090	
25	31	10/09/73	05/10/73	3.190	3.180
	32	10/09/73	05/10/73	3.170	
	33	10/09/73	05/10/73	3.180	
30	34	10/09/73	10/10/73	3.270	3.250
	35	10/09/73	10/10/73	3.230	
	36	10/09/73	10/10/73	3.250	

TABELA 2

CORPO DE PROVA COM 13% DE CIMENTO

Tempo de Secagem dias	Nº do C.D.P	DIA DA CONFEÇÃO DO C.D.P	DIA DA RUPTURA	CARGA DE RUPTURA (KGf)	CARGA MÉDIA (KGf)
5	37	13/09/73	18/09/73	1.970	1.970
	38	13/09/73	18/09/73	1.990	
	39	13/09/73	18/09/73	1.950	
10	40	13/09/73	23/09/73	3.490	3.480
	41	13/09/73	23/09/73	3.480	
	42	13/09/73	23/09/73	3.470	
15	43	13/09/73	28/09/73	4.630	4.620
	44	13/09/73	28/09/73	4.610	
	45	13/09/73	28/09/73	4.620	
20	46	13/09/73	03/10/73	4.770	4.740
	47	13/09/73	03/10/73	4.710	
	48	13/09/73	03/10/73	4.740	
25	49	13/09/73	08/10/73	4.850	4.830
	50	13/09/73	08/10/73	4.830	
	51	13/09/73	08/10/73	4.810	
30	52	13/09/73	13/10/73	4.880	4.880
	53	13/09/73	13/10/73	4.850	
	54	13/09/73	13/10/73	4.910	

TABELA 3



CORPO DE PROVA COM 17% DE CIMENTO

Tempo de Secagem dias	Nº DO C.D.P	DIA DA CONFECÇÃO DO C.D.P	DIA DA RUPTURA	CARGA DE RUPTURA (KGf)	CARGA MÉDIA (KGf)
5	55	16/09/73	21/09/73	2.900	2.920
	56	16/09/73	21/09/73	2.940	
	57	16/09/73	21/09/73	2.920	
10	58	16/09/73	26/09/73	4.410	4.400
	59	16/09/73	26/09/73	4.400	
	60	16/09/73	26/09/73	4.390	
15	61	16/09/73	01/10/73	5.720	5.700
	62	16/09/73	01/10/73	5.700	
	63	16/09/73	01/10/73	5.680	
20	64	16/09/73	06/10/73	6.080	6.090
	65	16/09/73	06/10/73	6.100	
	66	16/09/73	06/10/73	6.090	
25	67	16/09/73	11/10/73	6.180	6.180
	68	16/09/73	11/10/73	6.210	
	69	16/09/73	11/10/73	6.150	
30	70	16/09/73	16/10/73	6.230	6.220
	71	16/09/73	16/10/73	6.220	
	72	16/09/73	16/10/73	6.210	

TABELA 4



5.2 - CURVAS

Figuras 10, 11, 12, 13 e 14.



ENSAIO PADRONIZADO DE COMPRESSÃO
CORPO DE PROVA

TEOR DE CIMENTO: 5%

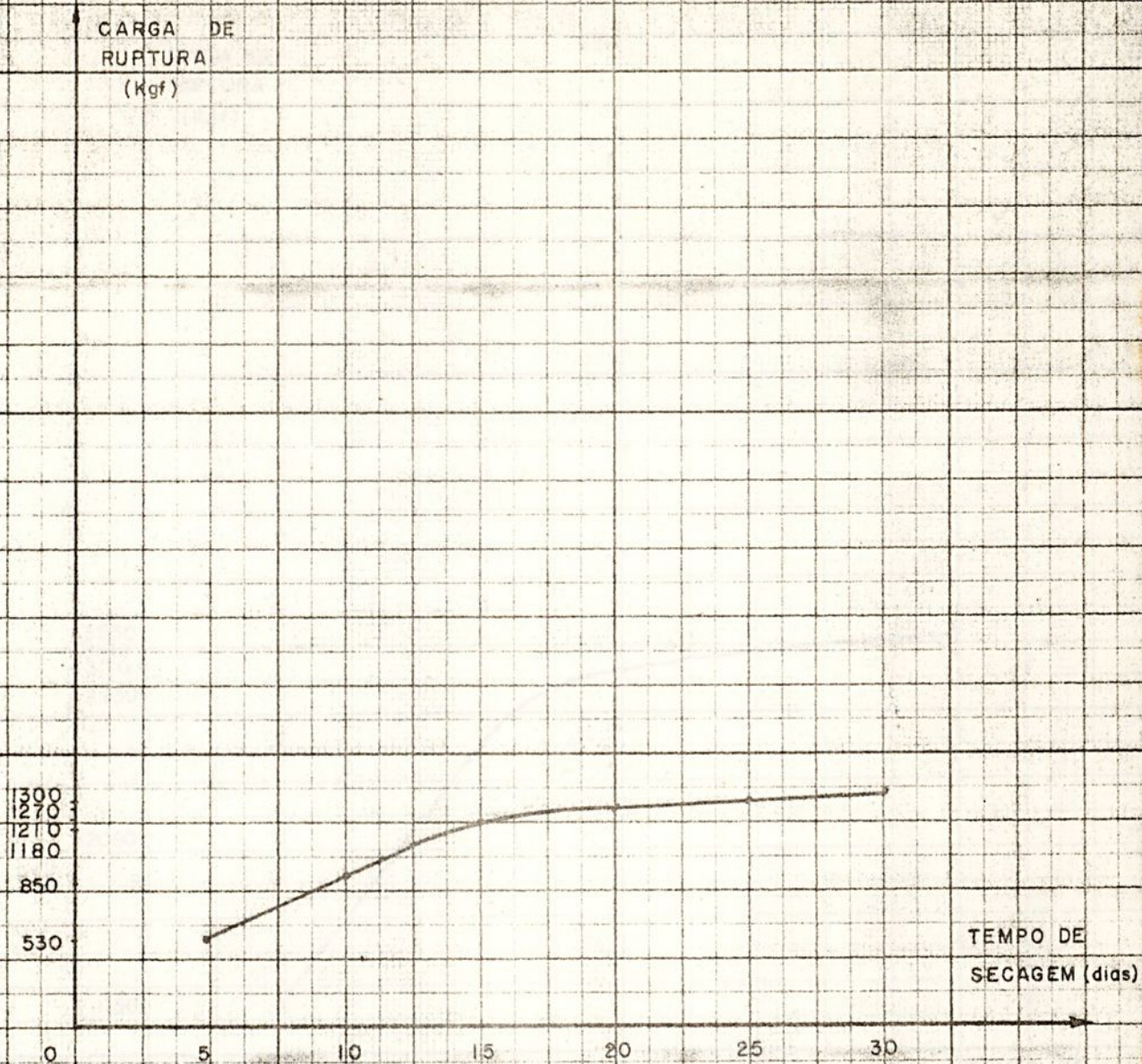


FIGURA - 10

ESCALA

ABSCISSA - 2cm - 5 dias

ORDENADA - 1/2 cm - 200 kg

ENSAIO PADRONIZADO DE COMPRESSÃO
CORPO DE PROVA
TEOR DE CIMENTO: 9%

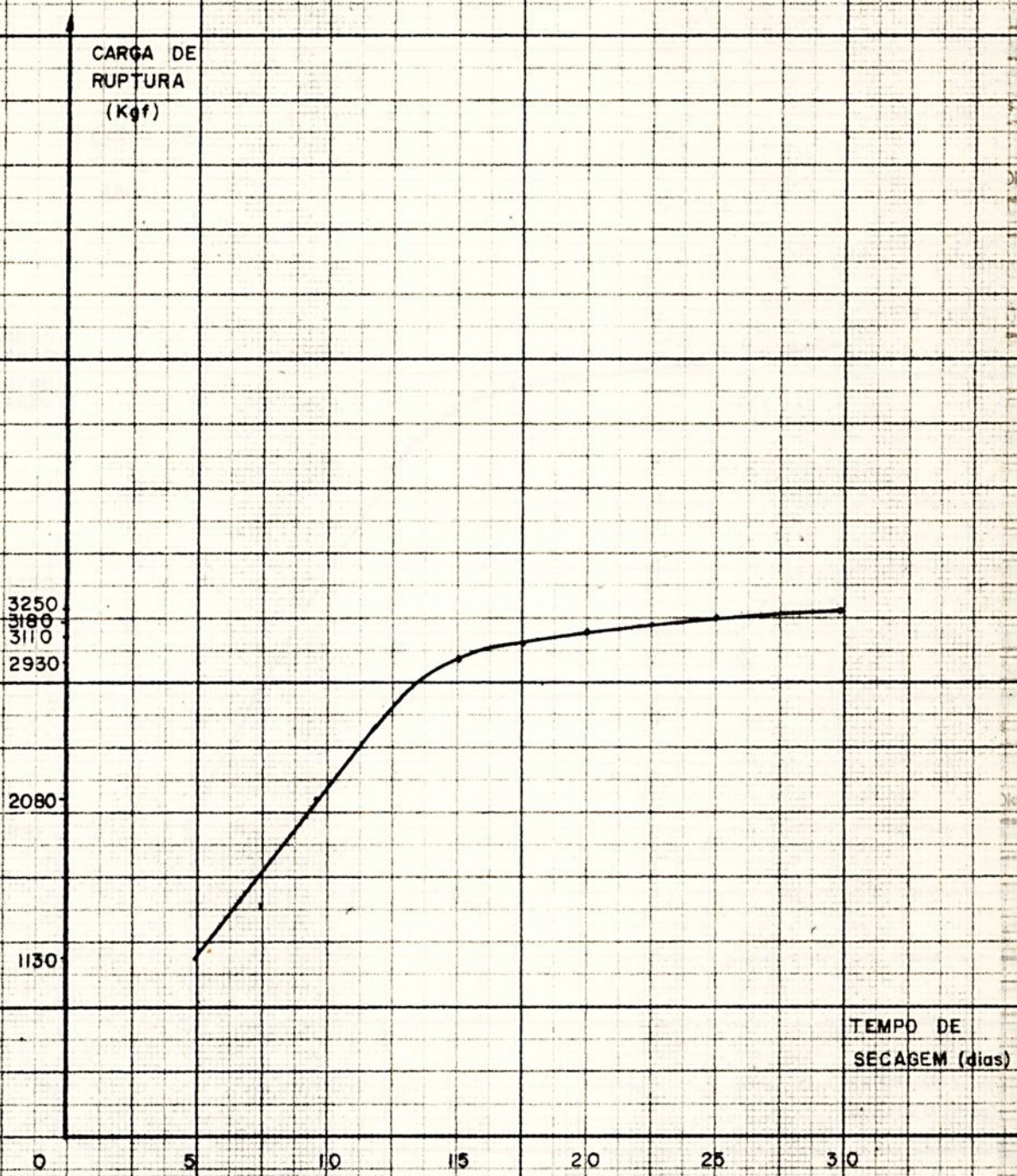


FIGURA-11

ESCALA
ABSCISSA - 2cm - 5 dias
ORDENADA - 1/2cm - 200kg

ENSAIO PADRONIZADO DE COMPRESSÃO
CORPO DE PROVA
TEOR DE CIMENTO: 13%

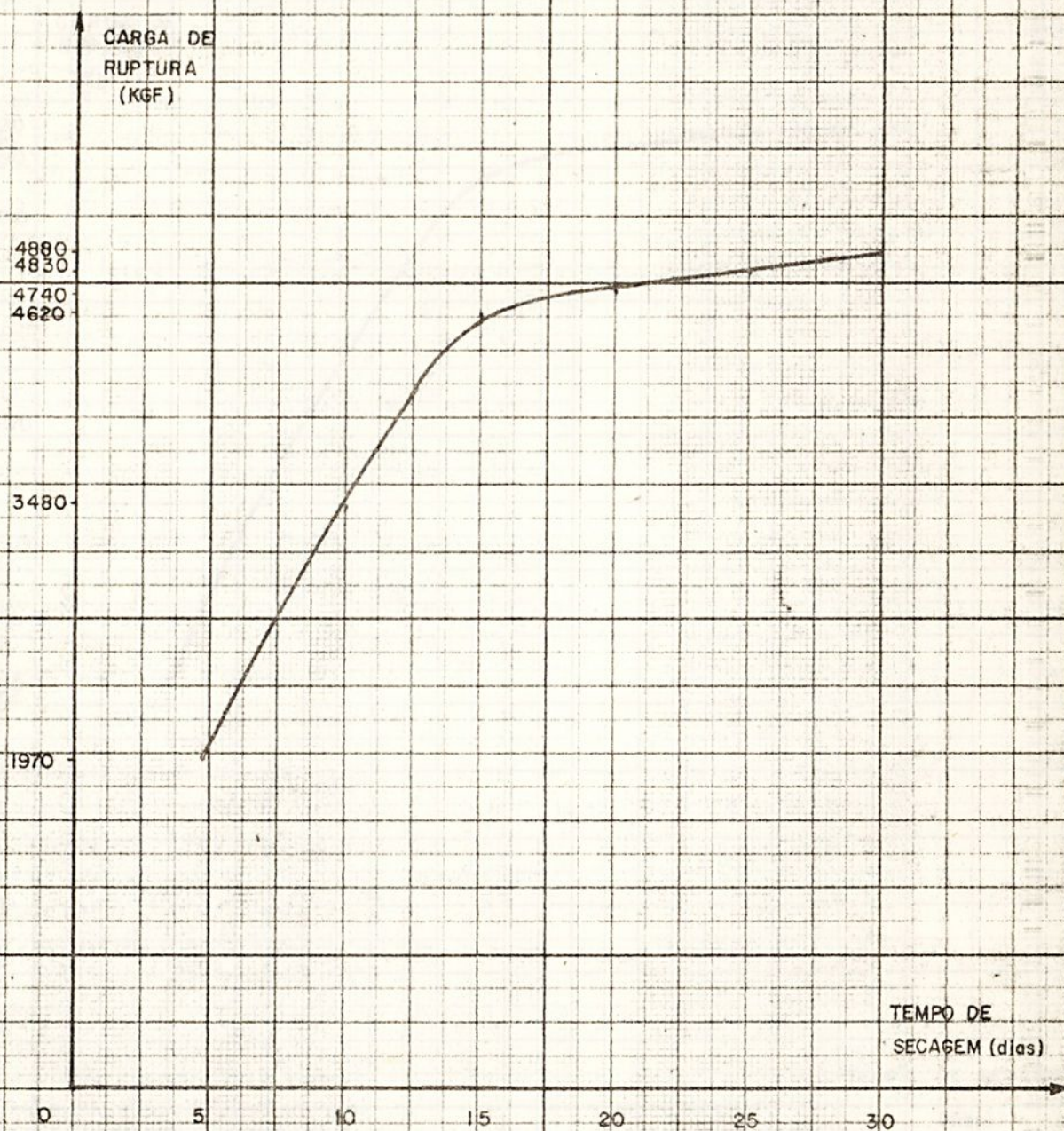


FIGURA - 12

ESCALA

ABSCISSA - 2cm - 5 dias

ORDENADA - 1/2cm - 200 Kgf

ENSAIO PADRONIZADO DE COMPRESSÃO

CORPO DE PROVA

TEOR DE CIMENTO: 17 %

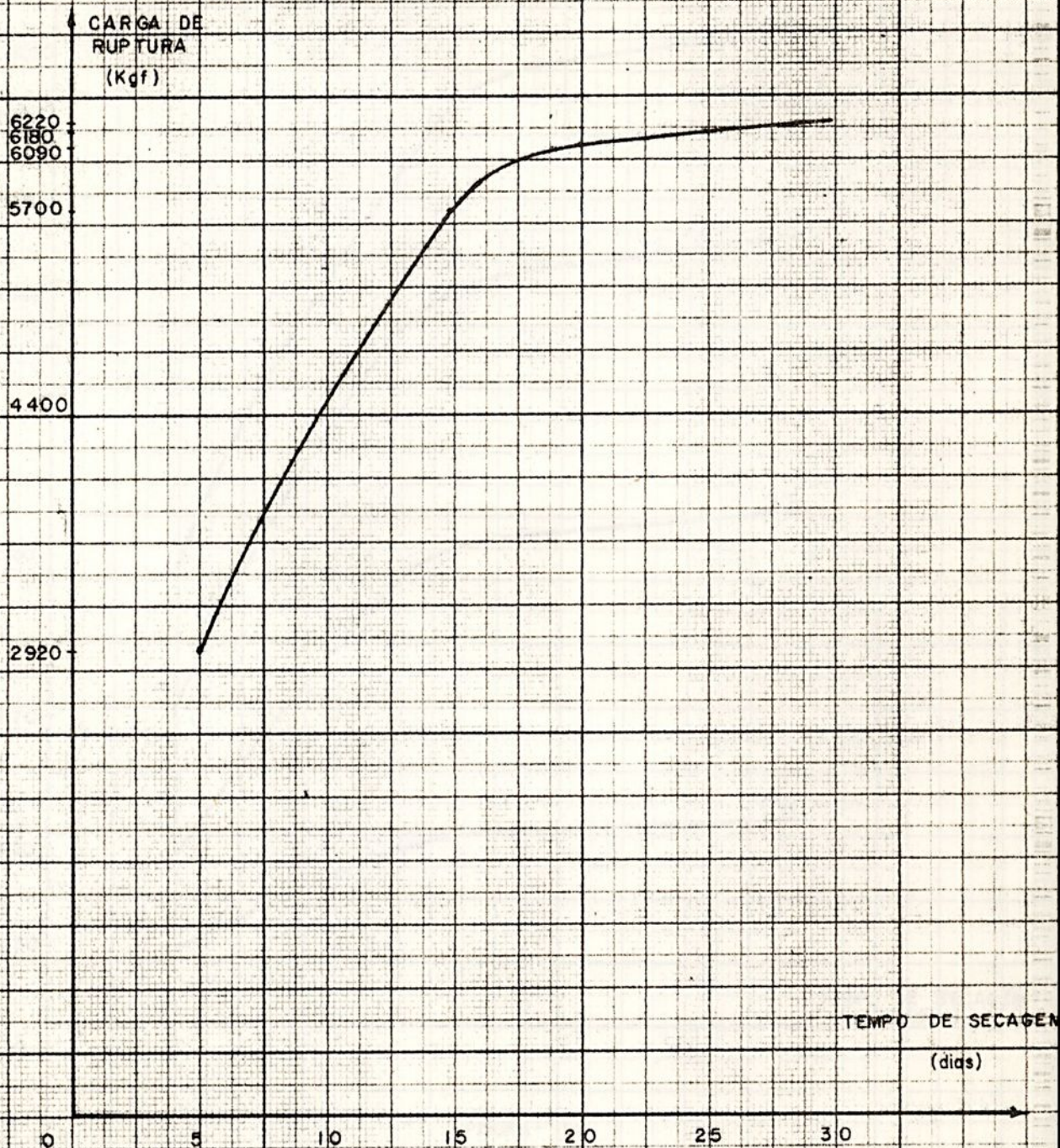


FIGURA - 13

ESCALA

ABSCISSA - 2cm - 5 dias

ORDENADA - 1/2cm - 200K

ENSAIO PADRONIZADO DE COMPRESSÃO
CORPOS DE PROVAS
TEORES DE CIMENTO:
5% - 9% - 13% - 17%

50

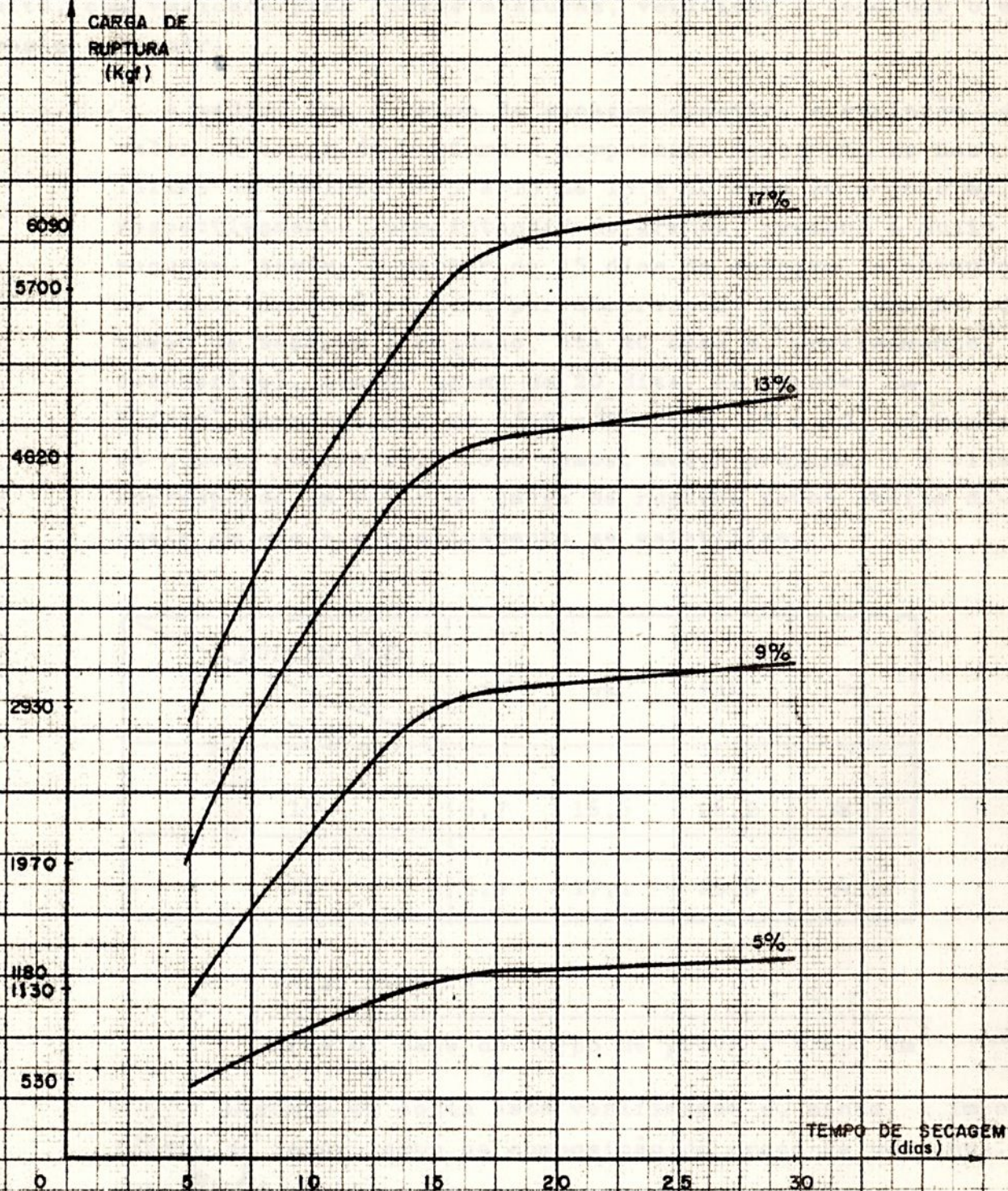


FIGURA - 14

ESCALA

ABSCISSA - 2cm - 5 dias

ORDENADA - 1/2cm - 200Kgf

A análise das curvas apresentadas no item anterior, nos permite, com validade para nossas misturas, verificar e concluir o exposto a seguir:

6.1 - À medida que o tempo de secagem aumenta, a variação do valor da carga de ruptura à compressão apresenta-se nas faixas de domínio de 5 a 15 de 15 a 20 e de 20 a 30 dias, respectivamente, com intensidade grande, pequena e muito pequena. Assim, a partir de 15 dias de secagem, o aumento de resistência à ruptura por compressão, com o aumento do tempo de secagem é pequeno, até 20 dias e, praticamente, desprezível, quando acima de 20 dias. As tensões em KGf/cm^2 correspondentes a $\sqrt{15}$ e $\sqrt{20}$ dias, 15 e 20, expressas no quadro abaixo são, como vemos, muito próximas e a elas corresponde um valor de carga de ruptura pouco abaixo daquele em que ela praticamente se estabiliza.

PORCENTAGEM DIAS	5%	9%	13%	17%
	DIAS			
15	6,7	16,6	26,2	32,3
20	6,9	17,1	26,8	34,5

$$\sqrt{\text{Carga Ruptura}} = \frac{\text{Área da base do corpo de prova} = 176,6 \text{ cm}^2}{\text{Carga Ruptura}}$$

Levando em conta esta verificação e, ainda, a importância do fator tempo na composição do preço de uma obra, concluimos:

"O tempo de secagem recomendado, para qualquer dos teores de cimento testados, é de 15 dias"

6.2 - A análise das curvas apresentadas há pouco nos permitiu concluir ser o tempo de secagem recomendado para nossas misturas empíricas de solo-cimento igual a 15 dias. Resta-nos, agora, determinar para esse tempo de secagem de 15 dias, a porcentagem recomendada de cimento

de cimento necessária ao objetivo deste trabalho.

Para isto, lançamos mão, como o faz a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) em sua "norma simplificada de dosagem do solo-cimento", página 3.1-15, publicação de janeiro de 1965, do fundamento do método simplificado para a dosagem de cimento na mistura solo-cimento, do mesmo modo que o fez em 1952, a Portland Cement Association. Este fundamento está baseado na correlação obtida nos resultados de ensaios com 2438 solos arenosos e pode ser resumido no seguinte:

"um solo arenoso, com determinada granulometria e densidade aparente máxima, requererá, de acordo com o critério de perda de peso nos ensaios de durabilidade, o mesmo teor de cimento que outro tendo a mesma granulometria e a mesma densidade aparente máxima, desde que apresente uma resistência à compressão, aos 7 dias, superior a um valor estabelecido"

O engenheiro Francisco de Assis Basilio em seu livro "Vida Util das Pavimentações", editado pela ABCP em outubro de 1966, à página 3, expressa a importante conclusão assinalada por Benkelman, quando analisava os resultados das observações da Western Association of State Highway Officials - (WASHO), Road Test de que

" a vida util dos pavimentos flexíveis é função inversa da deformação do pavimento sob a ação das cargas"

Igualmente, o engenheiro Cyro Nogueira, em seu livro "Pavimentação", de outubro de 1961, às páginas 201 e 204, externa a conclusão do Road Research Laboratory de que, a mistura solo-cimento apresenta tanto melhor durabilidade quanto maior sua resistência à ruptura por compressão e, ainda, que a durabilidade é boa se resiste às tensões de ruptura por compressão, de:

- 17,4 KGf/cm², quando para condições normais de trabalho, como no caso de bases para piso residencial, comercial e industrial e de,
- 21,7 KGf/cm² a 27,1 KGf/cm², quando para condições mais severas de trabalho, como no caso dos

pisos residenciais, comerciais, industriais de construções econômicas e no de revestimento de "terreiros" e pequenas estradas em zonas rurais.

Também o engenheiro Airtón Grill, em seu livro "O Solo-Cimento na BR-471", editado pela ABCP em 1972, à página 6, externa a orientação do Departamento Nacional de Estrada de Rodagem, (D.N.E.R), de seguir a norma simplificada da ABCP, procurando-se um teor de cimento compatível com uma exigência de resistência à compressão simples mínima de $21,5 \text{ KGf/cm}^2$.

Para que possamos proceder conforme a orientação do DNER, com os dados de que dispomos, tracemos a curva, tendo por abscissas as porcentagens de cimento 5, 9, 13 e 17, empregadas na confecção de nossos corpos de prova e por ordenadas as tensões obtidas para ruptura à compressão para secagem com 15 dias- vide figura 15.

Na curva da figura 15, entrando nas ordenadas com os valores dos índices 17,4 e 21,7, obteremos nas abscissas os valores 9,4% e 11,2%, para as respectivas porcentagens de cimento.

Considerando a variação do teor de argila, no LV_t , por segurança, e ainda por praticabilidade da execução, adotaremos para teor de cimento, os determinados acima para cada caso, acrescido de aproximadamente 10%, de sorte a nos fixarmos em números inteiros.

Assim os valores 9,4% e 11,2% serão aproximados, respectivamente, para 10% e 12%.

De tudo quanto foi exposto, podemos recomendar porcentagens para composição de duas misturas empíricas de solo-cimento, segundo o fim a que se destinam e que chamaremos de Solo-Cimento I e Solo-Cimento II.

ENSAIO PADRONIZADO DE COMPRESSÃO

TENSÃO - % CIMENTO

PARA
15 DIASTENSÃO
(kgf/cm²)

32,3

28,2

21,7

17,4

16,6

8,68

% CIMENTO

0

5

9,4

11,2

13

17

FIGURA - 15

E S C A L A

ABSCISSA - 1cm - 1 dia

ORDENADA - 1/2cm - 1kgf/cm²

Solo-Cimento I - Para bases de pisos residenciais, comerciais e industriais.

Solo : LV_t - Latosol Vermelho-Amarelo, fase terraço seco ao ar.

Cimento: 10% do volume de solo.

Água: a necessária à obtenção de uma mistura pastosa, de fácil manuseio e aparentemente com boas condições de emprego.

Tempo

de secagem: 15 dias.

Solo-Cimento II - Para pisos residenciais, comerciais e industriais de construções econômicas e para revestimentos de terreiros e pequenas estradas em zonas rurais.

Solo : mesmo do caso I.

Cimento : 12% do volume do solo

Água : o mesmo do caso I

Tempo

de secagem : 15 dias.

CAPÍTULO IV

ENSAIO DE DESGASTE

1 - INTRODUÇÃO

2 - DISPOSITIVO UTILIZADO

3 - SEQUÊNCIA DE OPERAÇÃO

4 - FORMA - CORPOS DE PROVA

4.1 - forma

4.2 - corpos de prova

4.2.1 - solo-cimento

4.2.2 - concreto empírico 1:4:8

4.2.3 - outros materiais testados

5 - RESULTADOS

6 - CONCLUSÃO

CAPÍTULO IV

ENSAIO DE DESGASTE

1 - INTRODUÇÃO

Ao término do capítulo III, item 6, chegamos, em função das condições normal ou severa de trabalho, à indicação de dois teores de cimento que, adicionados ao nosso solo em estudo, produzem as misturas empíricas de solo-cimento recomendadas para melhor resistirem aos ensaios de compressão e, por correlação, apresentam maiores durabilidades.

Ao consenso de durabilidade, ligamos como o faz a ABCP, o de desgaste, principalmente por ação abrasiva. Se assim julgamos, podemos afirmar que:

"quanto maior resistência à compressão, maior a durabilidade do corpo, por apresentar menor desgaste ao atrito"

Fixada essa idéia, corroborada, como já o dissemos, pela experiência comprovada da Road Research Laboratory, procuramos ensaiar, ao desgaste por atrito, não todos os corpos de prova de solo-cimento moldados para compressão com os diferentes teores de cimento e tempos de secagem, mas os daqueles recomendados, em função das condições normal ou severa de trabalho: solo-cimento I e II.

Ensaíamos os corpos de misturas empíricas solo-cimento I e II com teores de 10% e 12% de cimento e secagem de 15 dias, correspondentes às misturas recomendadas, respectivamente, para condições normais e severas de trabalho e, comparamos suas medidas com as obtidas no ensaio de corpos de prova de materiais, normalmente usados em construção civil para base de pisos e seus revestimentos, tais como: concreto empírico de 200 KGf/m³, traço 1:4:8 e 28 dias de cura, tijelo comum com queima normal e requeimado, cerâmica, ladrilho hidráulico, taco de pereba, lajota de barro cozido.

Idealizamos e fizemos executar no Departamento de Materiais e Tecnologia da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá um dispositivo que, funcionando por adaptação, solidário a uma máquina dotada de movimento retilíneo alternativo (vai-vem), pudesse fornecer, para posterior comparação, medidas de desgaste sofrido, em iguais tempos de ensaio, pelos corpos de prova em estudo.

O equipamento idealizado e utilizado para ensaios comparativos de desgaste é constituído por aquele dispositivo, adaptado a uma plaina limadora que, funcionando nas características para qual foi projetada, permite-nos a medida do desgaste por abrasão.

O dispositivo, vide figuras 16, é constituído essencialmente de duas partes.

Uma primeira constituída de um cilindro com 27 mm de diâmetro interno e altura de 44 mm, sem a base superior, fixada à mesa da plaina, onde, em seu interior, são colocados os corpos de prova. A mesa da plaina é fixa.

Uma segunda, vide figuras 17, fixada ao torpedão da plaina, é constituída de uma placa cuja base, de aço SAE 1050 temperado e revenido com dureza de 52 RC, plana, funciona como superfície provocante de atrito, paralela a uma outra fixa. A placa de atrito, para que permaneça sempre na direção horizontal, liga-se à fixa, por três pinos guias, que orientam o deslocamento vertical da aquela placa de atrito. O pino central permanece no interior de uma mola.

O torpedão da plaina quando esta é colocada em funcionamento, adquire movimento de vai-vem, imprimindo à parte do dispositivo a ele fixada o mesmo movimento, de modo que a placa de atrito, assim, fricção a face superior do corpo de prova, colocado na outra parte do dispositivo e fixado à mesa da plaina, com uma carga igual à soma do peso da placa de atrito e da força de compressão de uma mola colocada no pino guia central. Essa carga é igual a 1,05 KGf e foi aferida e controlada por uma balança calibrada e adaptada ao sistema.

A plaina é posta a funcionar durante um certo intervalo de tempo, durante o qual, com intervalos iguais, é desligada, sendo que o desgaste do corpo de prova, antes e depois do ensaio, é aferido por medidas através de micrômetros externos, com leitura direta, em contador 193 - 103, marca Mitutoyo,



DISPOSITIVO PARA ENSAIO DE DESGASTE

FOTOGRAFIA

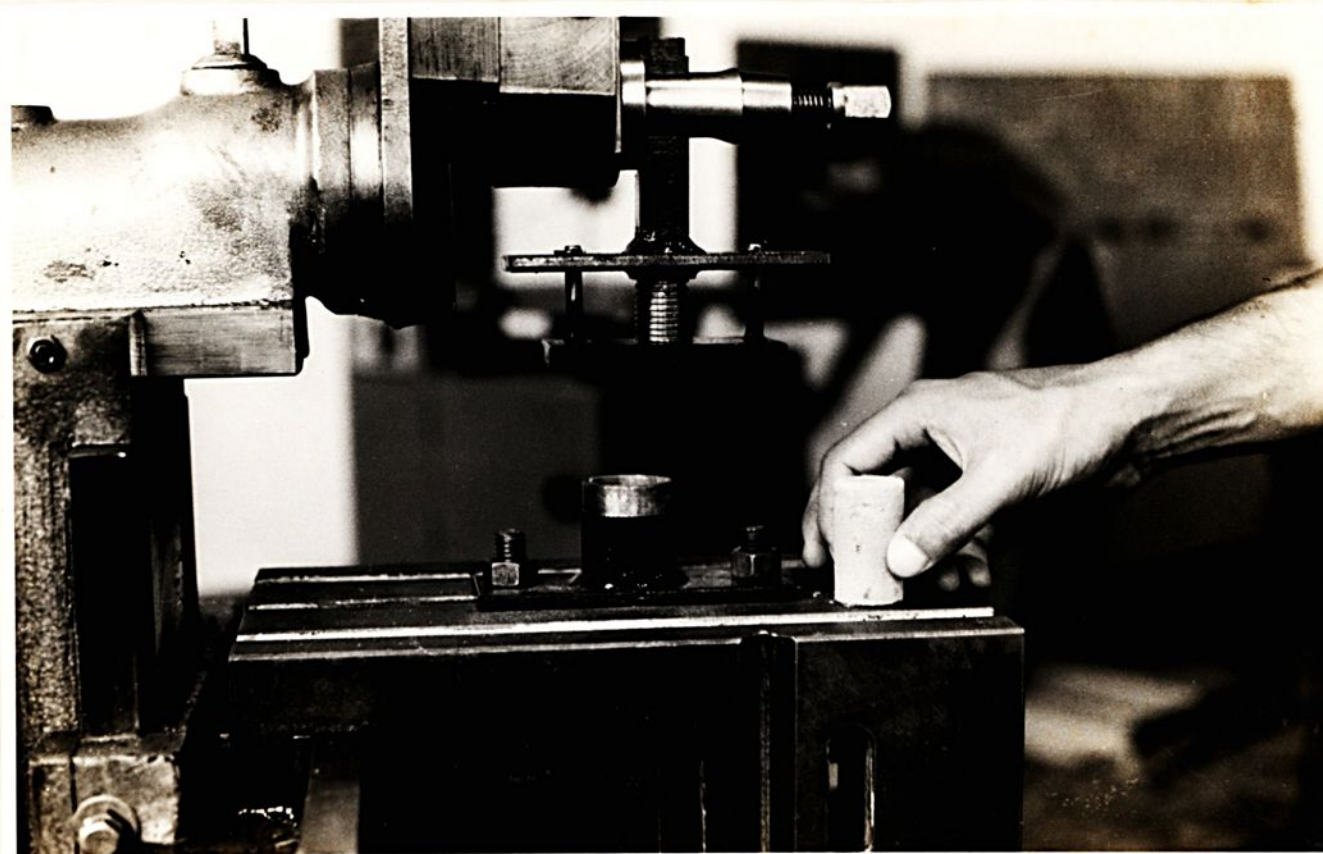


Figura 16

DISPOSITIVO PARA ENSAIO DE DESGASTE

FOTOGRAFIA

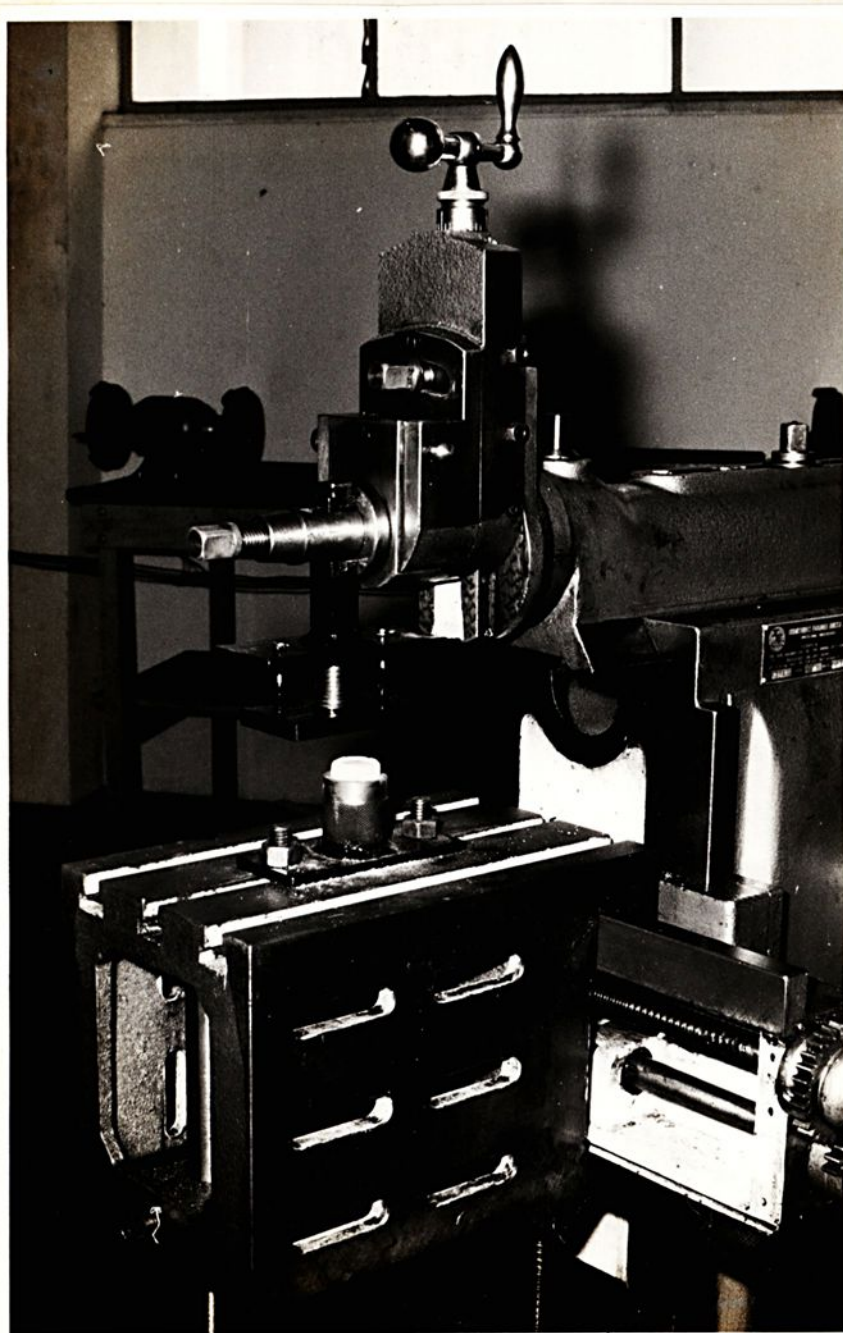


Figura 16

DISPOSITIVO PARA ENSAIO DE DESGASTE

FOTOGRAFIA

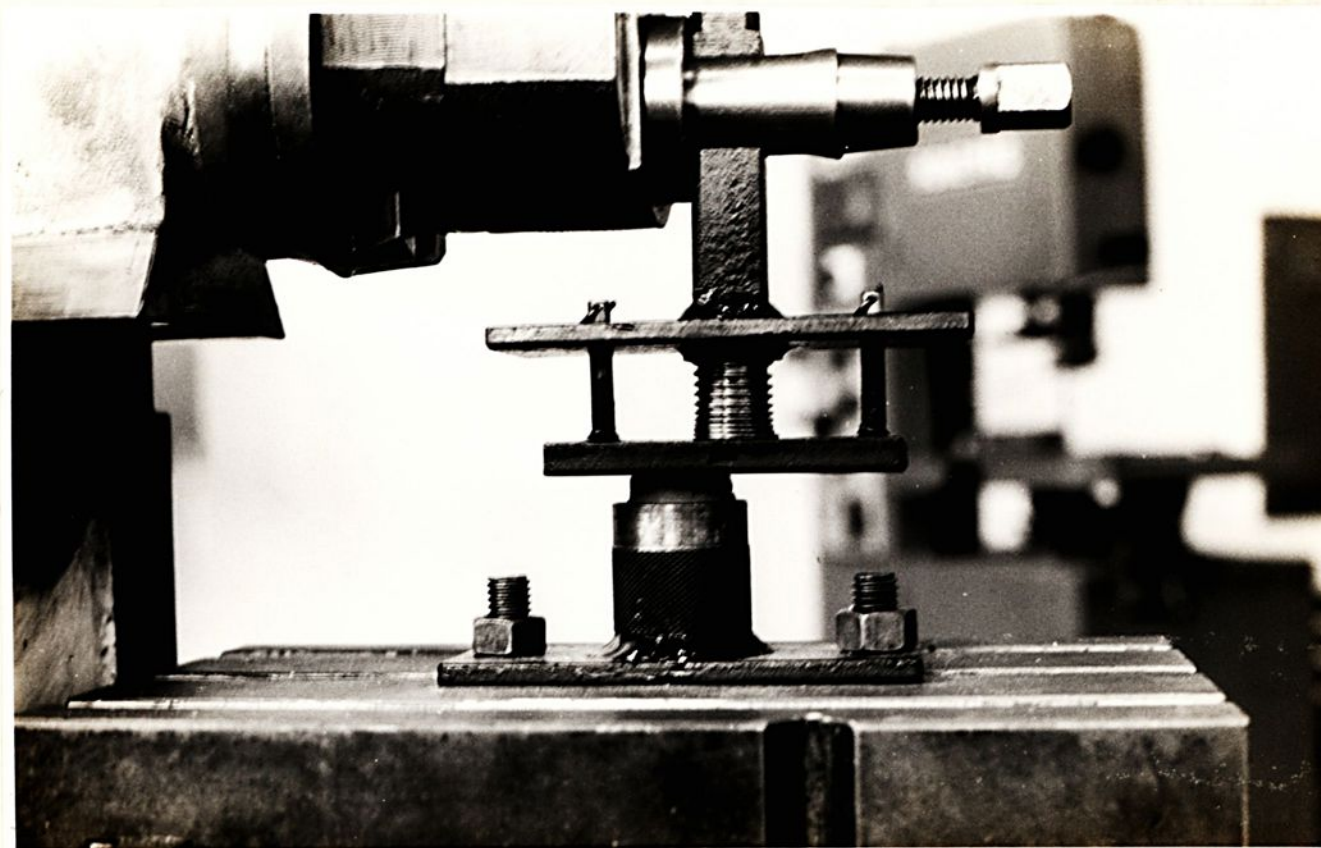


Figura 16

Esquema

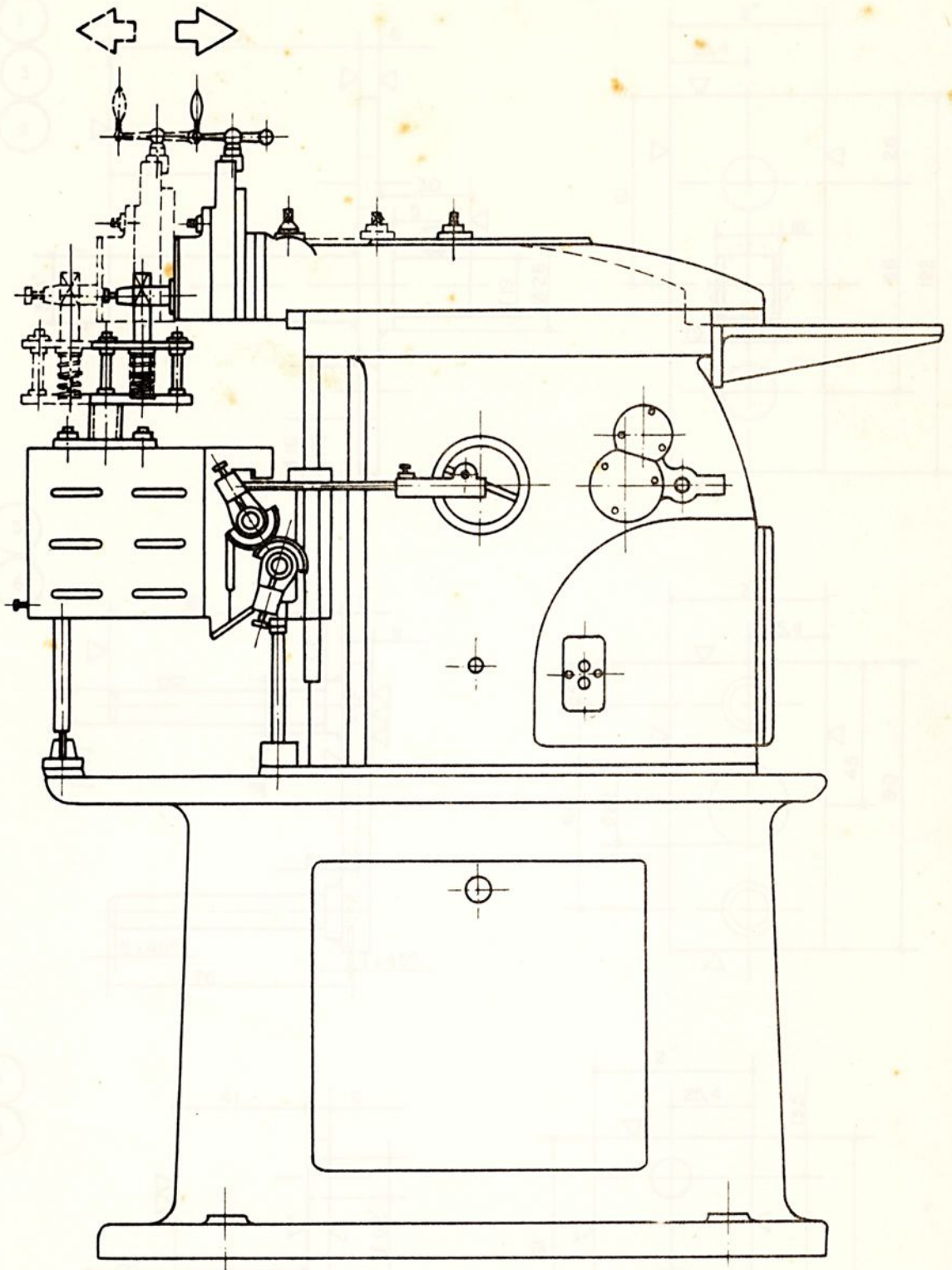


FIGURA - 16

Dispositivo para Ensaio de Desgaste

Detalhes

8 7

6 5

9 3 1

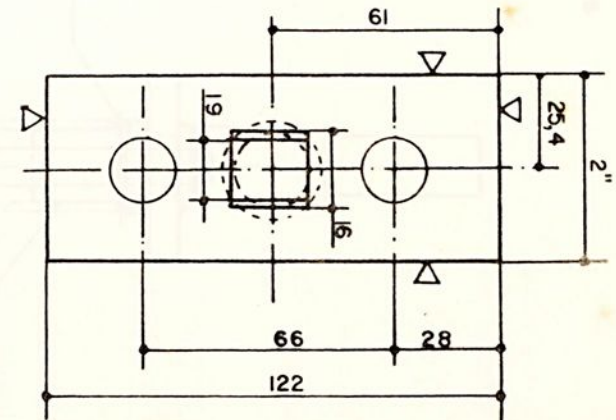
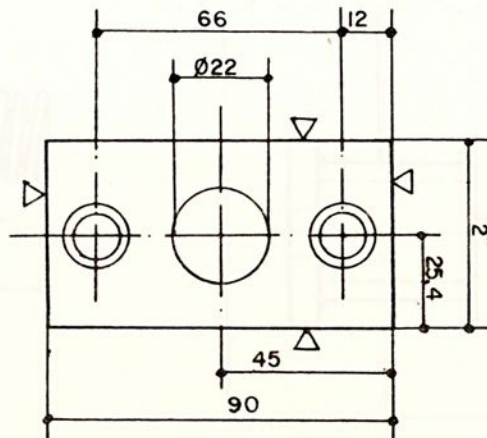
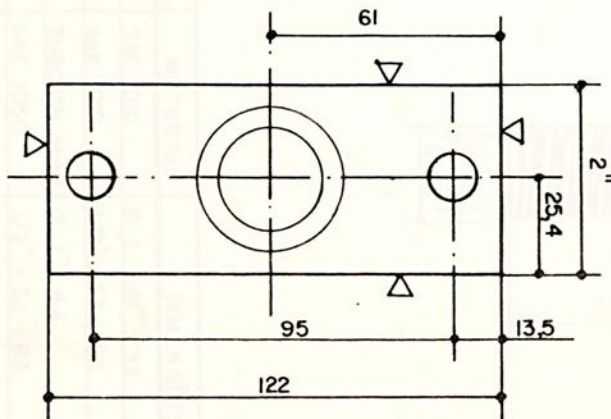
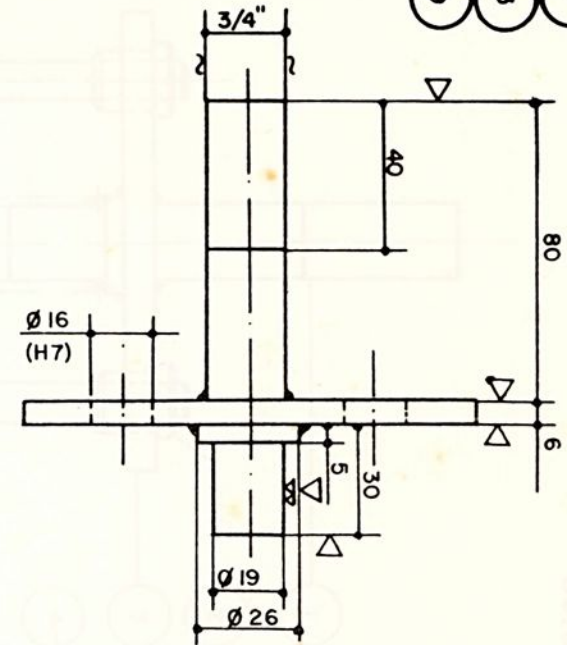
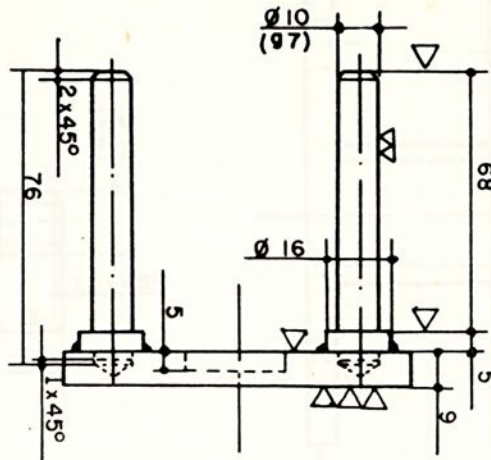
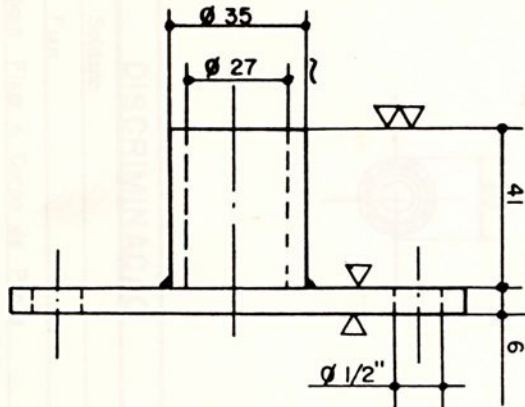


FIGURA - 17

Detalhes

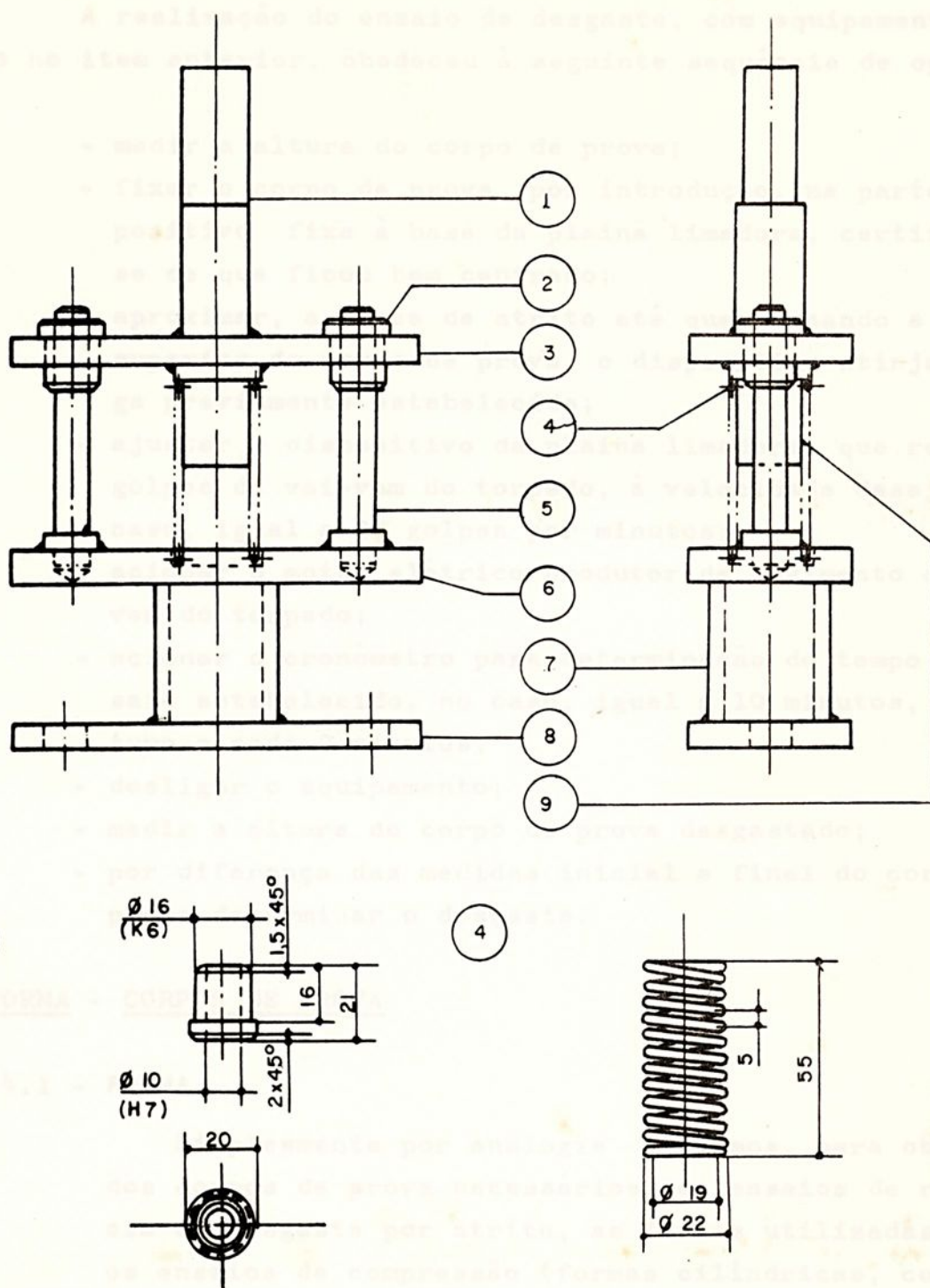


FIGURA - 17

Posição	DISCRIMINAÇÃO	Quantidade	MATERIAL	DIMENSÕES
9	Flange Soldado	1	SAE 1010	Ø 1 1/4" x 33
8	Base Fixa	1	SAE 1010	3/8" x 53 x 125
7	Base para Fixar o Corpo de Prova	1	TUBO DIN 2440	Ø 1" x 44
6	Base para Atritar o Corpo de Prova	1	SAE 1050	1/2" x 53 x 93
5	Pino Guia	2	SAE 1050	Ø 3/4" x 80
4	Mola	1	AÇO DE MOLA	Ø 1.5 x 900
3	Chapa Suporte	1	SAE 1010	38 x 53 x 125
2	Bucha	2	SAE 1010	Ø 7/8" x 24
1	Barra Quadrada	1	SAE 1010	3/4" x 21 x 83

A realização do ensaio de desgaste, com equipamento descrito no item anterior, obedeceu à seguinte sequência de operação:

- medir a altura do corpo de prova;
- fixar o corpo de prova, por introdução, na parte do dispositivo fixa à base da plaina limadora, certificando-se de que ficou bem centrado;
- aproximar, a placa de atrito até que, tocando a parte superior do corpo de prova, o dispositivo atinja a carga previamente estabelecida;
- ajustar o dispositivo da plaina limadora, que regula os golpes de vai-vem do torpedo, à velocidade desejada, no caso, igual a 30 golpes por minutos;
- acionar o motor elétrico produtor de movimento de vai-vem do torpedo;
- acionar o cronômetro para determinação do tempo de ensaio estabelecido, no caso, igual a 10 minutos, com leitura a cada 2 minutos;
- desligar o equipamento;
- medir a altura do corpo de prova desgastado;
- por diferença das medidas inicial e final do corpo de prova determinar o desgaste.

4 - FORMA - CORPOS DE PROVA

4.1 - FORMA

Simplesmente por analogia adotamos, para obtenção dos corpos de prova necessários aos ensaios de resistência ao desgaste por atrito, as formas utilizadas para os ensaios de compressão (formas cilíndricas, com a dimensão: altura dupla da do diâmetro ($h=2d$)).

Para tanto confeccionamos, nas oficinas do Departamento de Materiais e Tecnologia da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, em chapa preta nº 20, uma forma cilíndrica, conforme modelo representado na figura 18, com 26,5 mm de diâmetro e 53 mm de altura, dotada de dispositivo capaz de permitir a desforma do molde.

4.2 - CORPOS DE PROVA

As dimensões internas da forma, comparadas com as

FORMA PARA O

DISPOSITIVO PARA ENSAIO DE DESGASTE

FOTOGRAFIA

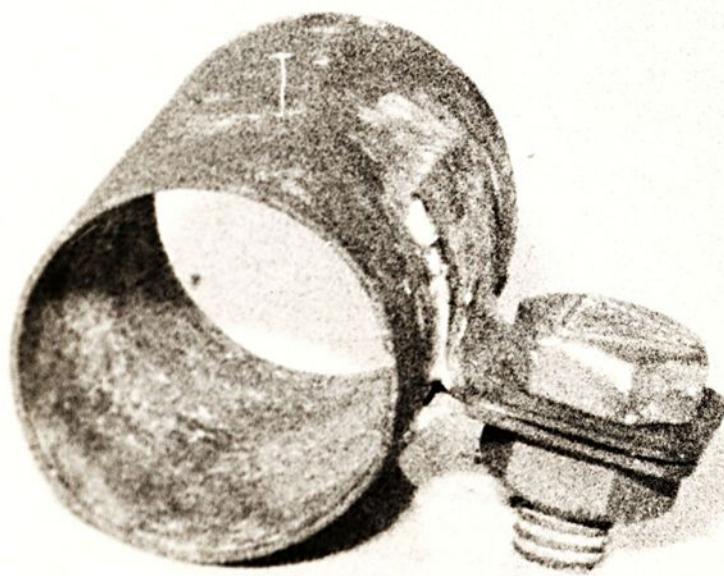


Figura 18

dimensões internas do cilindro fixado à mesa da plaina, permite-nos concluir que o corpo de prova dela obtido, encaixa-se no cilindro com uma sobra de 0,9 mm de altura. Esse excesso proposital constitui a porção sujeita a desgaste durante o ensaio, de sorte a permitir também sem dificuldade, a posterior retirada do corpo de prova desgastado.

Os corpos de prova, preparados com altura pouco excessiva, antes de serem introduzidos no cilindro fixo de nosso dispositivo, foram calibrados por desbaste em sua base inferior, até atingirem a altura de 53 mm.

Foram preparados corpos de prova de concreto de solo-cimento I e II, de outros materiais testados, como: tijolo comum, com queima normal e requeimado, cerâmica, ladrilho hidráulico, taco de peroba e lajota de barro cozido.

4.2.1 - SOLO-CIMENTO

Elaboramos as misturas empíricas solo-cimento I e II recomendadas, respectivamente, para as condições normal e severa de trabalho, com os teores de 10% e 12% de cimento e procedemos ao enchimento da forma mostrada em 4.1 deste capítulo, bem como à sua desforma posterior à secagem por 15 dias, em tudo seguindo com as mutações necessárias ao descrito no item 3 do capítulo II.

4.2.2 - CONCRETO EMPÍRICO 1:4:8

Este concreto empírico 1:4:8 é obtido pela mistura, em volumes iguais, de uma vez de cimento, de quatro de areia e de 8 de pedregulho, tal como realmente se faz na região para as obras de menor responsabilidade. O volume de água, embora de grande importância é, neste caso, grosseiramente avaliado, por adições sucessivas de líquido, até que se obtenha uma mistura pastosa, de fácil manuseio e, aparentemente, de boas condições de emprego.

A água e o cimento utilizados foram os mesmos descritos no item 2 do capítulo II.

O pedregulho (seixo rolado) foi o proveniente do Rio Paraíba, bem lavado e sem impurezas, com diâmetro aparente máximo de 5 mm.

A execução propriamente dita, uma vez já realizadas, em volume, as medidas das partes a serem agregadas, consistiu em misturar bem, entre si, cimento, areia e pedregulho. A essa mistura fomos adicionando empiricamente água, até que atingíssemos um ponto pastoso, de fácil manuseio e, aparentemente, de boas condições de emprego.

Pronta a mistura, procedemos ao enchimento da forma com uma pequena colher de pedreiro. À medida que enchíamos, vibrávamos a mistura com um pedaço de vergalhão animado de movimento de entrar e sair, além de batermos na superfície externa da forma com pequeno martelo.

Essas duas ações, a título de vibração, objetivaram evitar a formação de vazio no corpo de prova.

A desforma foi tentada e conseguida com êxito, 48 horas após o enchimento, facilitada pelo dispositivo para isso existente na forma.

O corpo de prova, uma vez desformado, foi submetido à cura durante um período de 28 dias, computados a partir do enchimento da forma. A cura consistiu em deixar o corpo de prova em uma sala, exposto à temperatura ambiente, sujeito às variações ambientais normais. Tivemos o cuidado de regar o corpo de prova 3 vezes ao dia durante os seis primeiros dias.

4.2.3 - OUTROS MATERIAIS TESTADOS

Para obtenção dos corpos de prova dos outros materiais testados, procedemos de duas maneiras, em função da espessura com que se apresentam no mercado de construção civil:

- Na hipótese da espessura ser compatível, procedemos, com auxílio de ferramentas diversas, à modelagem direta dos corpos de prova. Foi o caso do tijolo com queima normal e requeimado e do taco de peroba;
- Na hipótese contrária, isto é, espessura não compatível, procedemos à colagem, com nata de cimento, de um cilindro obtido do material a ser testado, com diâmetro de 26,5 mm e com altura igual a espessura com que se apresenta no comércio, sobre um corpo de prova de concreto confeccionado conforme descrito no item anterior. Posteriormente, desbastamos a outra base do cilindro, até



que obtivéssemos a altura de 53 mm, conseguindo, assim, o corpo de prova para o ensaio desejado. Foi o caso da cerâmica, do ladrilho hidráulico e da lajota de barro recozido.

5 - RESULTADOS

Os corpos de prova, conforme expresso neste capítulo, em síntese, repetimos, foram ensaiados sob as condições de:

- velocidade de trabalho "vai-vem".... 30 golpes/minuto
- esforço de compressão sobre o corpo de prova..... 1,05 Kgf
- tempo de ensaio com leitura a cada 2 minutos..... 10 minutos
- solo-cimento com teores recomendados de 10% e de 12% de cimento e, secagem de 15 dias.
- concreto empírico 1:4:8, de 200 KGf/m³ e cura de 28 dias.....
- os resultados obtidos, permitiram-nos a elaboração das tabelas..... 5, 6 e 7.

A tabela 5 abaixo, nos fornece cinco leituras, expressas em milímetro, para altura do corpo de prova em ensaio de desgaste, obtida respectivamente aos 2, 4, 6, 8 e 10 minutos.

LEITURA DAS ALTURAS
DOS
CORPOS DE PROVA
ENSAIADAS AO DESGASTE

CORPO DE PROVA \ LEITURA	INICIAL	FINAL AOS				
		2 min.	4 min.	6 min.	8 min.	10 min.
TACO DE PEROBA	53,00	52,92	52,85	52,77	52,69	52,62
CONCRETO 1:4:8	53,00	52,91	52,83	52,75	52,66	52,58
CERÂMICA	53,00	52,88	52,76	52,65	52,52	52,41
LAJOTA BARRO RECOZIDO	53,00	52,85	52,71	52,57	52,42	52,30
SOLO-CIMENTO II (12%)	53,00	52,85	52,70	52,56	52,41	52,28
SOLO-CIMENTO I (10%)	53,00	52,84	52,67	52,50	52,32	52,16
LADRILHO HIDRÁULICO	53,00	52,83	52,68	52,49	52,32	52,15
TIJOLO REQUEIMADO	53,00	52,71	52,41	52,13	51,85	51,58
TIJOLO	53,00	52,52	52,04	51,58	51,07	50,60

OBSERVAÇÃO : As medidas acima estão expressas em milímetros.

Tabela 5



A tabela 6 abaixo, nos fornece em mm, para cada corpo de prova ensaiado cinco valores, traduzindo cada um, a diferença entre uma leitura e a imediatamente seguinte, ambas constantes da tabela anterior.

DIFERENÇA ENTRE LEITURAS SUCESSIVAS

DIFERENÇA	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	SOMA
TACOS DE PEROBA	0,08	0,07	0,08	0,08	0,07	0,38
CONCRETO 1:4:8	0,09	0,08	0,08	0,09	0,08	0,42
CERÂMICA	0,12	0,12	0,11	0,13	0,11	0,59
LAJOTA DE BARRO RECOZIDO	0,15	0,14	0,14	0,15	0,12	0,70
SOLO-CIMENTO II (12%)	0,15	0,15	0,14	0,15	0,13	0,72
SOLO-CIMENTO I (10%)	0,16	0,17	0,17	0,18	0,16	0,84
LADRILHO HIDRÁULICO	0,17	0,15	0,19	0,17	0,17	0,85
TIJOLO REQUEIMADO	0,29	0,30	0,28	0,28	0,27	1,42
TIJOLO	0,48	0,48	0,46	0,51	0,47	2,40

OBSERVAÇÃO : Diferenças expressas em mm.

Tabela 6



A tabela 7 abaixo, nos fornece o desgaste, expresso em mm, ocorrido em cada corpo de prova ao cabo de 10 minutos de ensaio e também o índice comparativo de resistência ao desgaste por atrito, relativamente ao concreto, como termo de comparação.

DESGASTE
E
ÍNDICE COMPARATIVO

MATERIAL	DESGASTE EM 10 MINUTOS	ÍNDICE
TACO DE PEROBA	0,38	110,0
CONCRETO	0,42	100,0
CERÂMICA	0,59	71,0
LAJOTA DE BARRO RECOZIDO	0,70	60,0
SOLO-CIMENTO II (12%)	0,72	58,0
SOLO-CIMENTO I (10%)	0,84	50,0
LADRILHO HIDRÁULICO	0,85	49,5
TIJOLO REQUEIMADO	1,42	29,5
TIJOLO	2,40	17,5

OBSERVAÇÃO : 1 - Desgaste em 10 minutos expresso em mm/
2 - Índice comparativo de resistência ao desgaste por atrito.

$$3 - \text{Índice} = \frac{\text{Concreto}}{\text{outro material}} \times 100$$

Tabela 7

A análise da tabela 7, constante do item anterior, nos permite concluir:

6.1 - O posicionamento dos solo-cimento I e II no rol dos demais materiais testados, em função das resistências opostas ao desgaste por atrito.

Na tabela 7, os materiais testados foram ordenados decrescentemente, segundo as intensidades das resistências opostas ao desgaste por atrito, ou em outras palavras, segundo ao menor desgaste apresentado ao atrito.

Os solo-cimento I e II, ocupam no rol traduzido pela tabela 7, respectivamente, as sexta e quinta posições.

Isto equivale dizer que os solo-cimento I e II apresentam maior desgaste ao atrito que os taco de pe-roba, concreto 1:4:8 de 200 KGf/m³, cerâmica, lajota de barro recozido e menor desgaste que o ladrilho hidráulico, tijolo requeimado e tijolo comum;

6.2 - O teor de cimento aumentando de 10% no solo-cimento I para 12% no solo-cimento II provoca uma diminuição de desgaste por atrito nos corpos de prova de 0,84 mm para 0,72 mm. Isto equivale dizer que, para nossas misturas, ao acréscimo de 2% no teor de cimento corresponde um decréscimo no desgaste por atrito de 14,28%.



CAPÍTULO V

ENSAIO DE PENETRAÇÃO

1 - INTRODUÇÃO

2 - EQUIPAMENTO UTILIZADO

2.1 - Concret Test Hammer

2.1.1 - Sequência de operação

2.2 - Dispositivo idealizado

2.2.1 - Sequência de operação

3 - CORPO DE PROVA

3.1 - Forma

3.2 - Enchimento

3.2.1 - Para bases de piso

3.2.2 - Para revestimento de piso

4 - RESULTADOS

5 - CONCLUSÃO

CAPÍTULO V

ENSAIO DE PENETRAÇÃO

1 - INTRODUÇÃO

Estabelecemos no capítulo III, por resistência à compressão, dois teores de cimento para misturas indicadas de solo-cimento, em função das condições normal ou severa de trabalho, respectivamente, solo-cimento I e II.

Posteriormente, no capítulo IV, testamos, por comparação, os desgastes decorrentes do atrito sofrido por corpos de prova confeccionados com concreto empírico de 200 KGf/m³, traço 1:4:8 e 28 dias de cura e com as misturas empíricas de solo-cimento I e II correspondentes à condição normal e severa de trabalho (10% e 12% de teor de cimento).

A seguir, consideramos importante verificar neste capítulo o comportamento de resistência à penetração experimentado por aquelas misturas ensaiadas ao desgaste por atrito e em comparação com o de outros materiais empregados em construção civil para base de pisos (concreto 1:4:8) ou seus revestimentos, (taco de madeira, lajota, tijolo, tijolo requeimado, cerâmica, ladrilho hidráulico).

Escolhemos, para a realização dos ensaios de resistência à penetração, o aparelho "Concret Test Hammer-Model CT 320" da Soiltest (CTH). Ele nos fornece, por leitura em seu mostrador, um número com o qual entramos nos gráficos que, por sua vez, nos fornecem os valores de resistência à penetração. Estes gráficos são confeccionados para algumas inclinações pré-fixadas, com as quais o equipamento pode incidir no corpo a ser testado. Sendo difícil, na hora de operar, precisar a inclinação, os resultados daí auferidos estão condicionados à habilidade do operador.

Para corrigir essa deficiência, isto é, manter corretamente o aparelho numa das inclinações indicadas, idealizamos e executamos um dispositivo eletro-mecânico capaz de manter o CTH perfeitamente na horizontal (incidência de esforço a 0°), com funcionamento mecânico semi-automatizado e, portanto, isento dos erros decorrentes de seu posicionamento.

No próximo item mostraremos rapidamente o aparelho da Soiltest e, em seguida, nosso dispositivo.

2 - EQUIPAMENTO UTILIZADO

Utilizamos, na realização dos ensaios de penetração, o Concret Test Hammer CT-320 da Soiltest, adaptado a nosso dispositivo. Vejamos, de per-sí, o aparelho e o dispositivo.

2.1 - CONCRET TEST HAMMER CT-320 DA SOILTEST - CTH

É um aparelho da Soiltest, utilizado para testes de resistência à penetração.

Sua forma lembra uma garrafa, onde corpo e pescoço são cilíndricos com, respectivamente, cerca de 180 e 80 mm de altura e 60 e 40mm de diâmetro.

Externamente, sobreposta ao cilindro maior, encontramos uma escala graduada de 0 a 100, justaposta a uma abertura existente no sentido longitudinal do aparelho. Em sentido transversal a essa abertura, protegido por capa plástica, corre uma fina haste metálica a título de indicador. Adjacente à escala existe um gráfico para unidades inglesas constituído por 9 curvas traçadas, cada uma, para uma diferente inclinação de emprego do aparelho, relativamente ao plano horizontal.

Acompanham o aparelho, impresso em papel resistente, gráficos expressos em unidades métricas, destinados a corpos de prova de superfícies cilíndrica e plana.

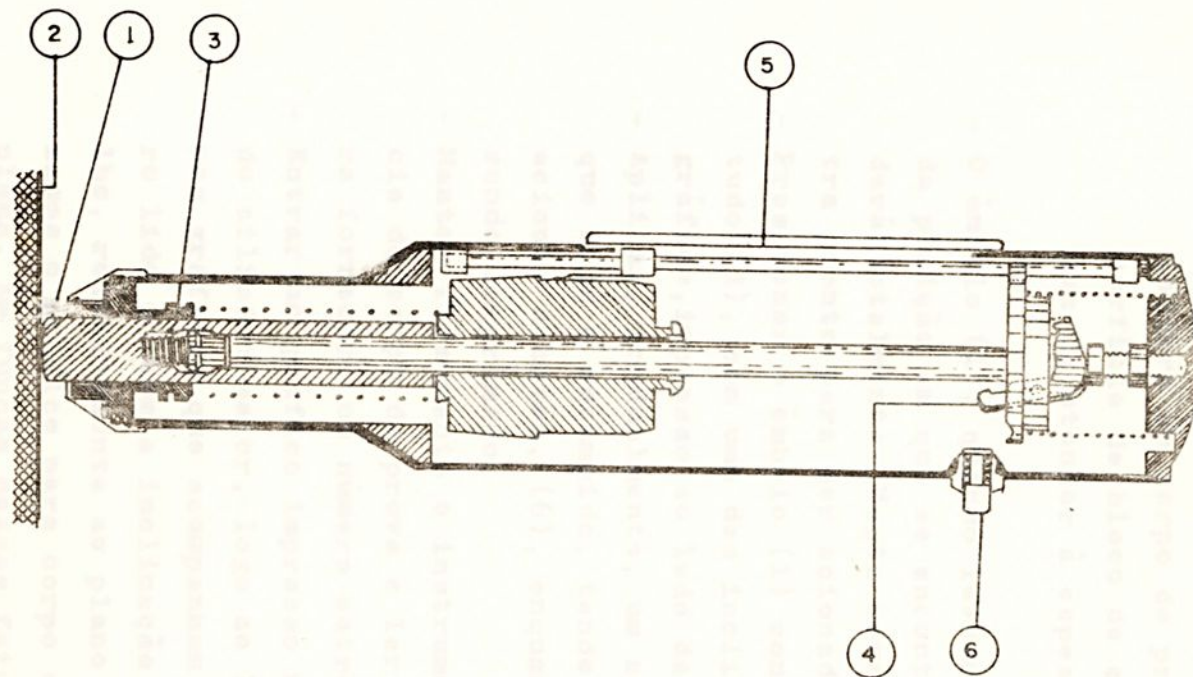
Estes gráficos traduzem o resultado de inúmeras experiências com o C.T.H, feitas em concretos de diversas dosagens e tempos de cura, segundo as inclinações pré-fixadas.

Para o concreto a escala (5) de C.T.H, fornece leituras cujos valores estão entre os números 20 e 55, correspondentes à resistência acima de 100 KGf/cm^2 .

Do centro da base externa do cilindro menor sai um êmbolo metálico com cerca de 80 mm de comprimento e 15 mm de diâmetro.

Internamente, o corte esquemático apresenta-se conforme a figura 19.

Concret Test Hammer CT - 320 Corte Longitudinal



6	Botão
5	Escala
4	Martelo de Estampido
3	Mola de Compressão
2	Superfície em Estudo
1	Êmbolo
Disposição	DISCRIMINAÇÃO

FIGURA - 19

- Verificar, como condição de emprego do aparelho, se a superfície a ser testada
 - é lisa e uniforme e, em consequência, evitar superfície rugosa, porosa ou minada;
 - apresenta espessura mínima de 100 mm. Espessura inferior poderá alterar a ação do êmbolo (1) da figura 19 por destruição de corpo de prova. O recurso para uso do aparelho, quando ocorrer o caso de insuficiência de espessura do corpo de prova, é chumbá-lo na superfície de bloco de cimento ou concreto capaz de atender à espessura mínima especificada.
- O êmbolo (1), quando levemente pressionado, sairá da posição em que se encontra travado e se estenderá totalmente. Nesta nova posição ele se encontra pronto para ser acionado;
- Pressionar o êmbolo (1) contra a superfície em estudo (2), com uma das inclinações preconizadas no gráfico, impresso ao lado da escala (5);
- Aplicar, gradualmente, um aumento de pressão até que haja o estampido, tendo a preocupação de não acionar o botão, (6), enquanto o êmbolo estiver sendo comprimido;
- Manter firmemente o instrumento contra a superfície do corpo de prova e ler a escala (5). A leitura fornecerá um número entre 0 e 100;
- Entrar no gráfico impresso na superfície lateral do cilindro maior, logo ao lado da escala (5), ou nos gráficos que acompanham o aparelho com o número lido e com a inclinação de emprego do aparelho, relativamente ao plano horizontal. Nós utilizamos o gráfico para corpo de prova de superfície plana. Em função desses fatores, obter a resistência oposta à penetração pelo corpo testado;
- Se por qualquer motivo não for conveniente a leitura da escala (5), enquanto o aparelho estiver mantido pressionado contra a superfície em teste, pressionar o botão (6) depois de realizado o estampido. Com isso o êmbolo (1) fica travado,

permitindo afastar o aparelho da superfície testada, sem prejuízo da leitura;

- O êmbolo (1), quando levemente pressionado, sairá da posição em que se encontra travado e se estenderá totalmente, ficando pronto para novo teste.
- Ensaiar tantas vezes quantas as necessárias à obtenção de 15 leituras. Elas nos permitem obter uma leitura média, capaz de afastar erros provocados pela presença de bolhas de ar próximas à superfície a ser testada.

2.2 - DISPOSITIVO IDEALIZADO

O dispositivo eletro-mecânico que idealizamos e construímos permite a realização do ensaio de penetração com o aparelho Concret Test Hammer (C.T.H), de modo semi-automático, com garantia do posicionamento horizontal, correspondente a inclinação 0° . Esquemáticamente acha-se representado nas figuras 20, e constitui-se, conforme figuras 21. de

- uma bancada suporte confeccionada com cantoneiras perfuradas em chapas de aço 14;
- Um motor elétrico trifásico de 0,5 C.V. e 1750 r.p.m, acoplado a um redutor de velocidade de 1:2400. Este conjunto moto-redutor fornece, na saída do redutor, velocidade de rotação bastante baixa de, aproximadamente, 0,73 r.p.m e, em consequência, realizando-se o ensaio lentamente, apresenta o mínimo de variações;
- Chave de faca reversora de 30 A e 250 V para comando do motor elétrico e com a finalidade de inverter o sentido de rotação do motor, permitindo com isso a repetição do teste tantas vezes quantas desejarmos;
- Parafuso em aço S.A.E 1020, vide figura 22, intimamente ligado ao eixo de saída do redutor através de um sistema de chavetas fixo-deslizantes, onde a parte fixa está no eixo do redutor e a deslizante no parafuso de acionamento, de sorte que o movimento no parafuso seja do tipo de rotação - translação;
- Receptáculo para o aparelho C.T.H, intimamente ligado à extremidade livre do parafuso, através

DISPOSITIVO IDEALIZADO PARA ENSAIO DE PENETRAÇÃO

FOTOGRAFIA

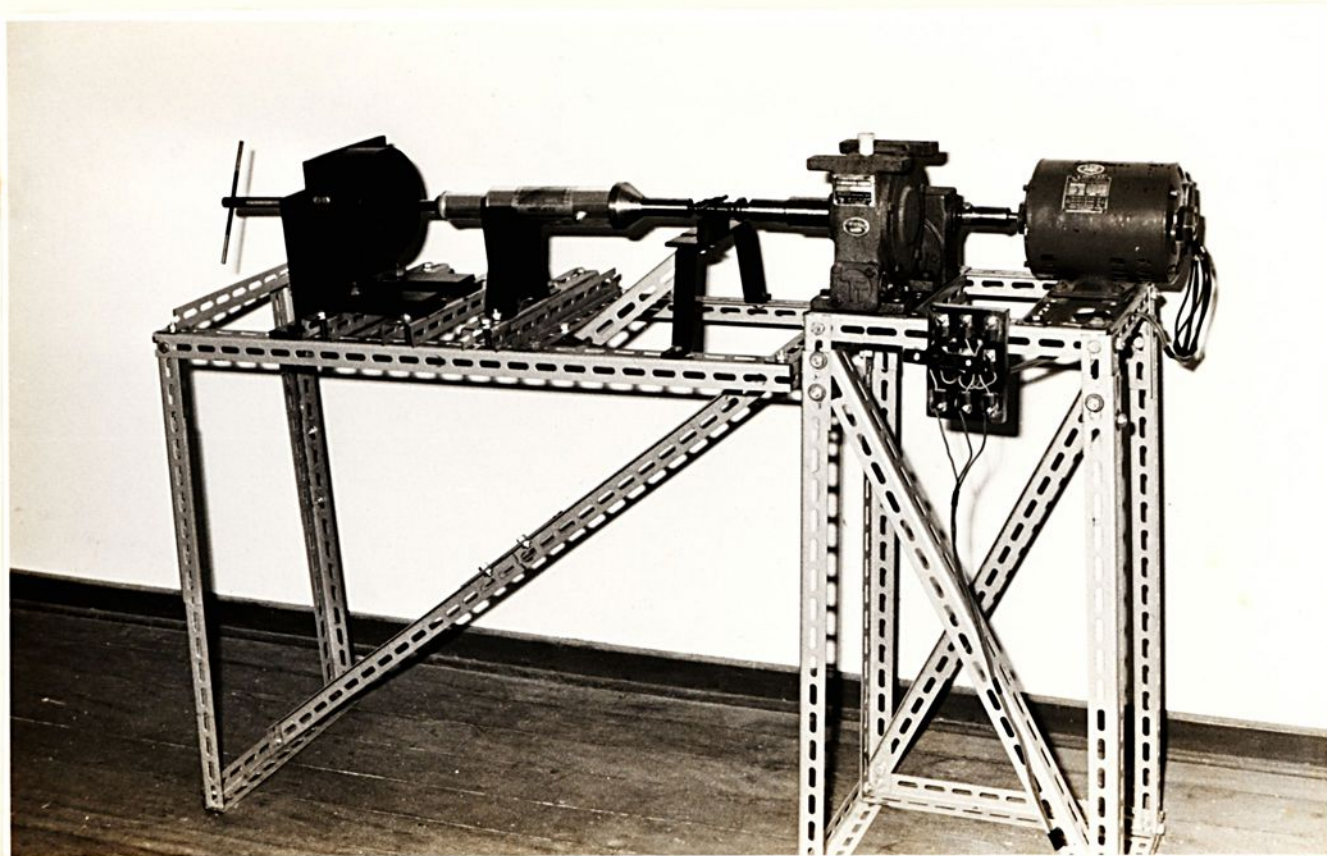


Figura 20

DISPOSITIVO IDEALIZADO PARA ENSAIO DE PENETRAÇÃO

FOTOGRAFIA

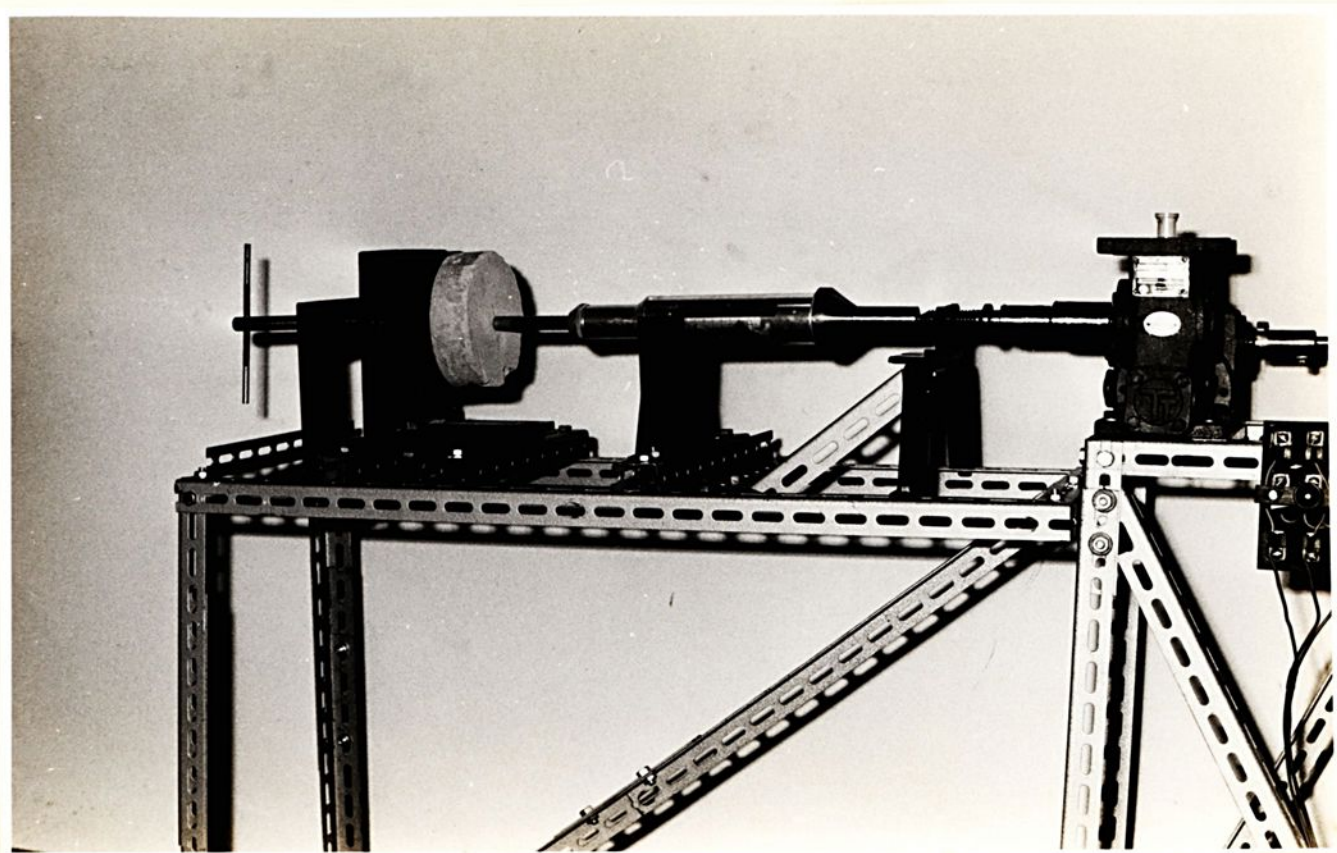


Figura 20

DISPOSITIVO IDEALIZADO PARA ENSAIO DE PENETRAÇÃO

FOTOGRAFIA

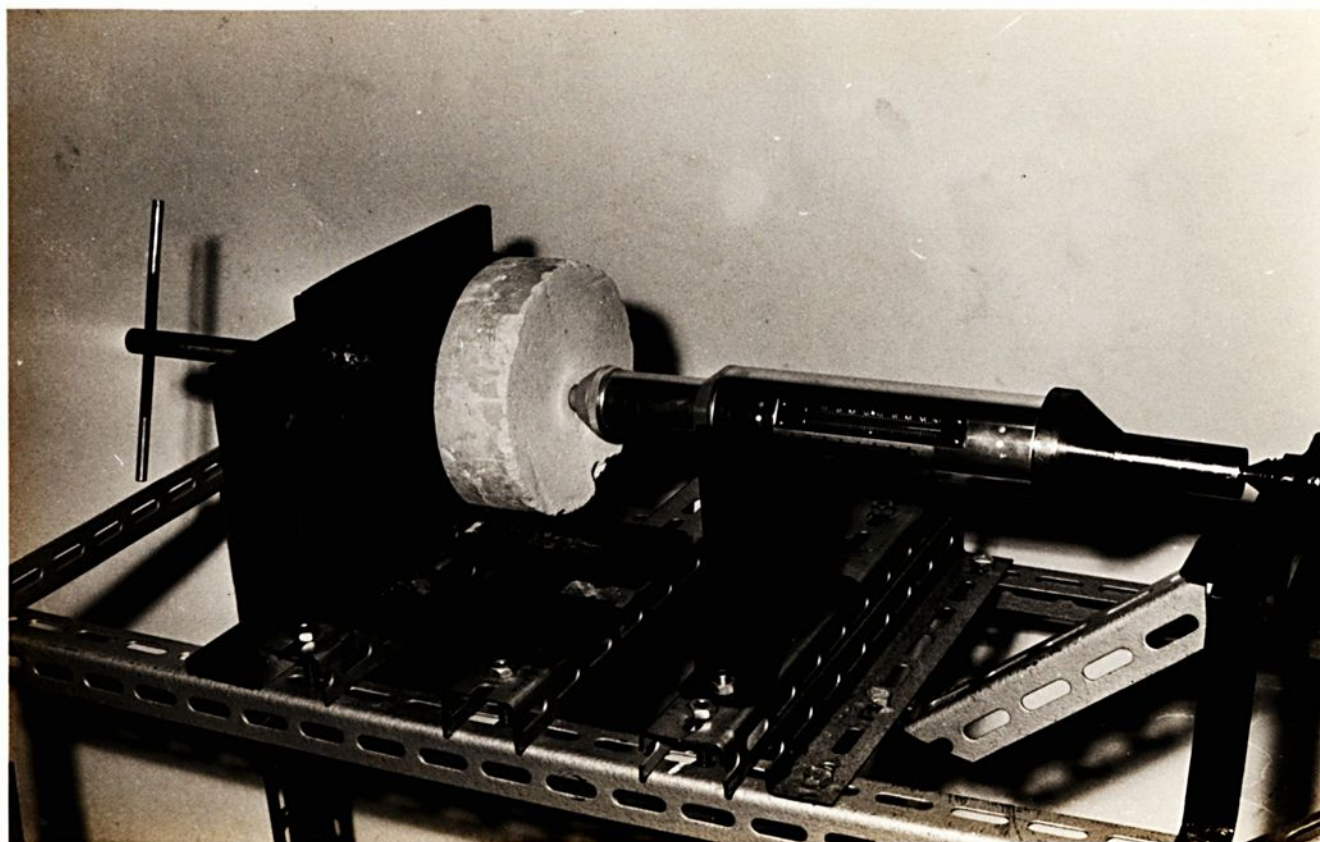


Figura 20

Dispositivo Idealizado Semi-automático para Ensaio de Penetração
Esquema

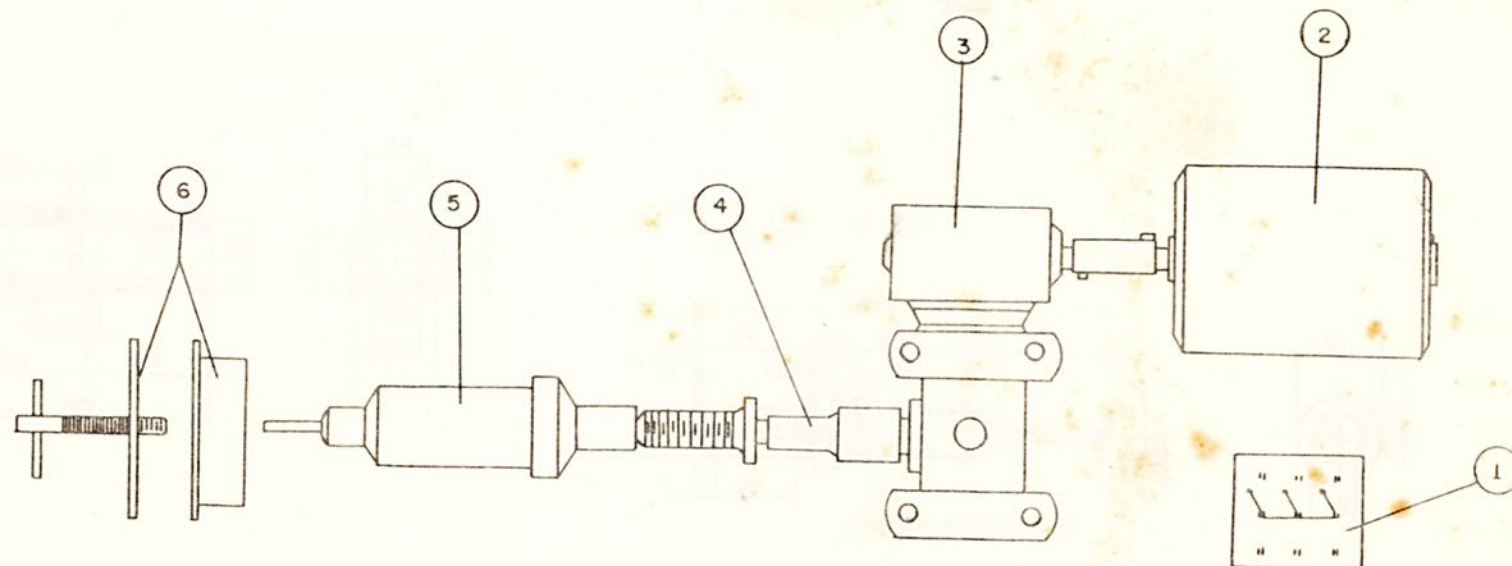
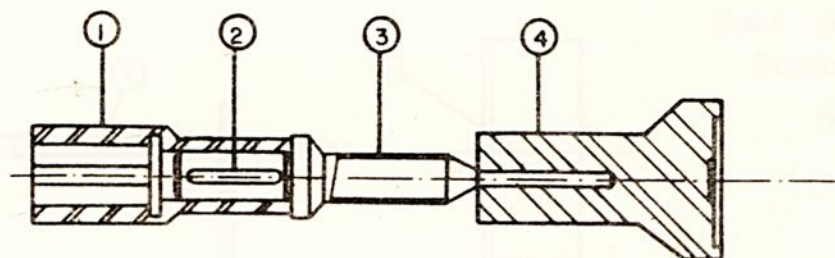


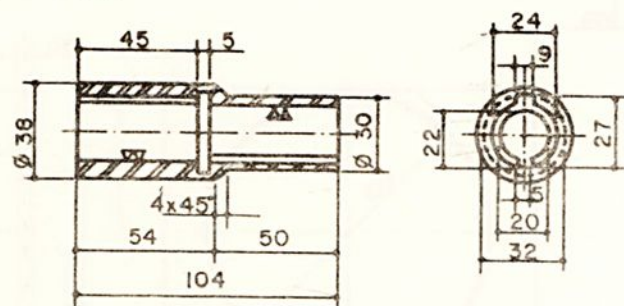
FIGURA - 20

6	Base para fixação do Corpo de Prova
5	Dispositivo Soitest - C.T.H. -
4	Parafuso de Acionamento
3	Redutor
2	Motor Elétrico
1	Chave Reversora
posição	DISCRIMINAÇÃO

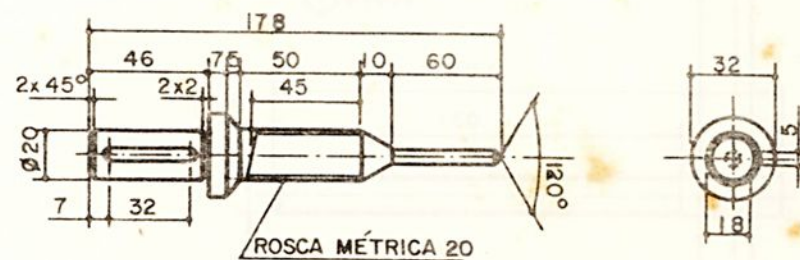
Parafuso de Acionamento Detalhes



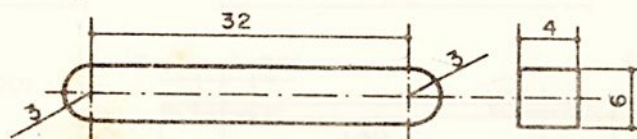
① ▽ (▽)



③ ▽ (▽)



② ▽ (▽)



④ ▽

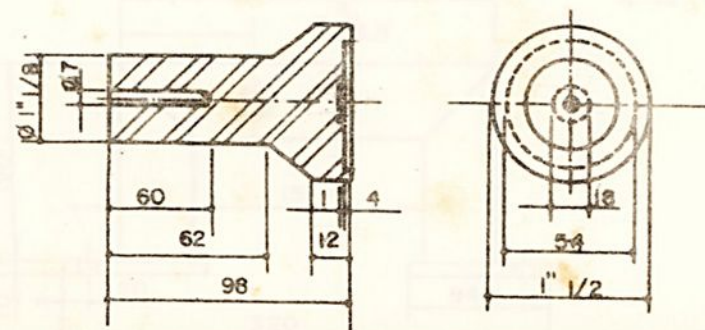


FIGURA - 21

Base de Fixação dos Corpos de Prova

Detalhes

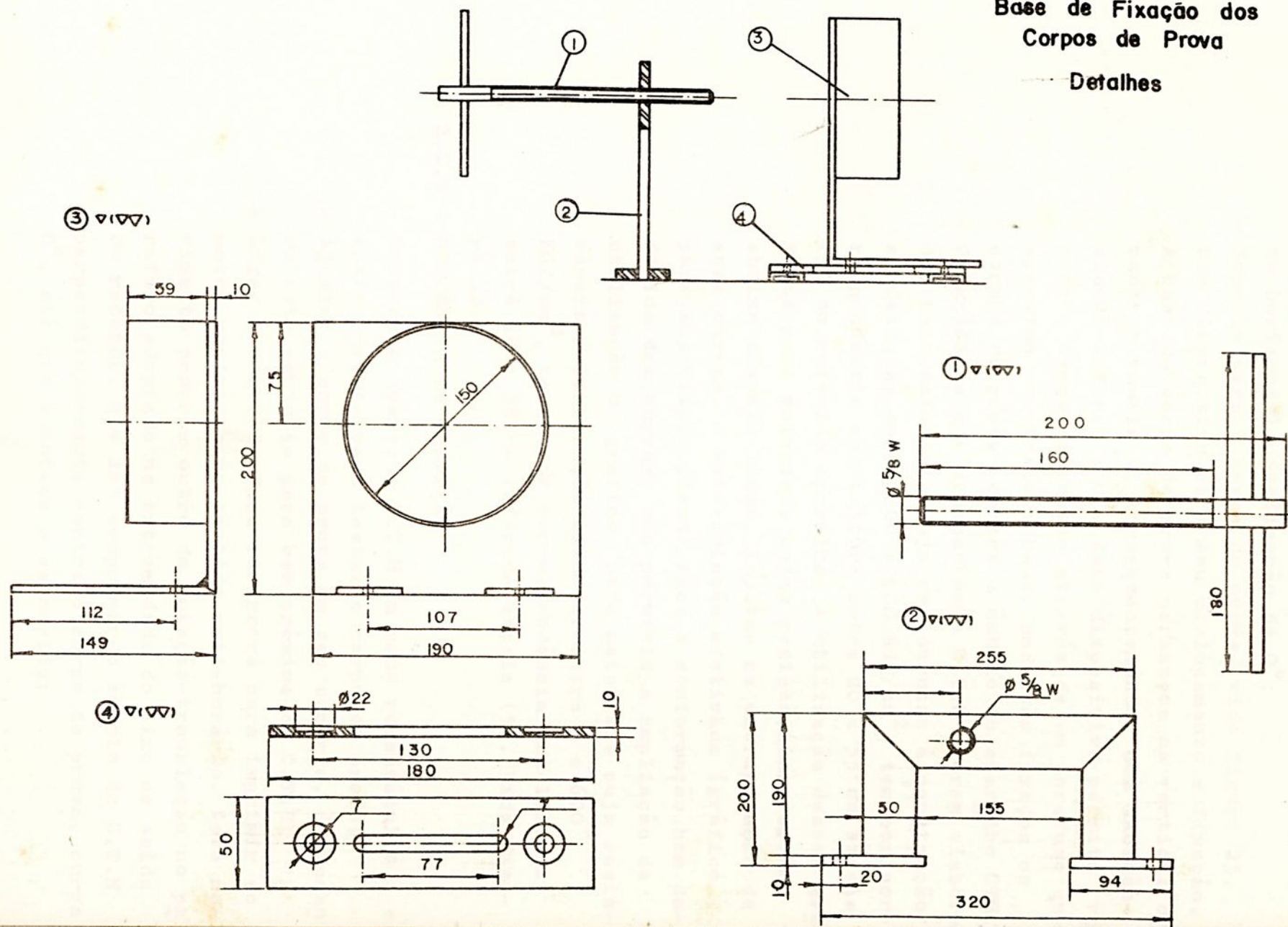


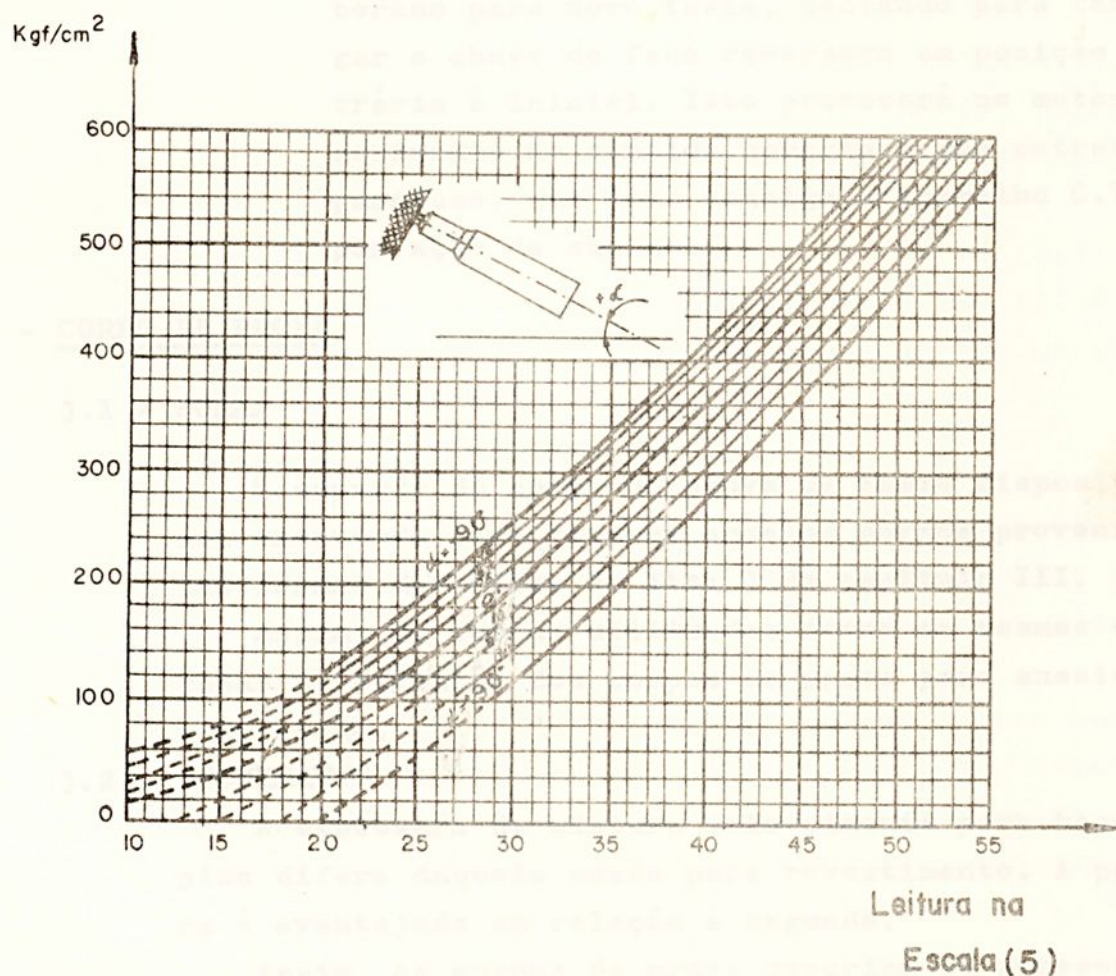
FIGURA - 21

- de haste cilíndrica;
- Aparelho Concret Test Hammer CT-320 da Soiltest (CTH), devidamente apoiado no receptáculo supra mencionado e num berço forrado com espuma de borracha. O aparelho fica com seu eixo longitudinal na horizontal, inclinação de 0° ;
 - Suporte para o corpo de prova, vide figura 23, com dispositivo para seu deslocamento e fixação. A base do corpo de prova permanece na vertical durante o ensaio e, conseqüentemente, com incidência de esforço a 0° . Este dispositivo permite variar o tempo de ensaio através de um parafuso que aproxima ou afasta a base, onde são fixados os corpos de prova contra o êmbolo do aparelho CTH.
 - Os gráficos que acompanham o C.T.H foram elaborados para materiais cuja resistência à penetração, situando-se entre 100 e 600 KGf/cm^2 , tem por correspondência uma leitura entre 20 e 55 da escala (5) do referido aparelho. A utilização desses gráficos para materiais cujas resistências estão abaixo daquela faixa, implica na extrapolação de suas curvas. A extrapolação efetivada (gráfico para superfície plana), face a conformação bem definida das curvas, nos permitiu a ampliação de utilização do gráfico para materiais cuja resistência à penetração situe-se entre 0 e 600 KGf/cm^2 , tendo por correspondência uma leitura entre 10 e 55 na referida escala (5). Vide figura 22.

2.2.1 - SEQUÊNCIA DE OPERAÇÃO

- Colocar o aparelho C.T.H em seus receptáculos e apoio, pronto para testar o corpo de prova;
- Ajustar o corpo de prova em seu suporte, deslocando este conjunto para bem próximo do C.T.H;
- Ligar a chave de faca reversora para imprimir ao motor, movimento no sentido anti-horário. Este movimento provoca outro de rotação-translação no parafuso adaptado na extremidade do eixo de saída do redutor, que irá comprimir o êmbolo do C.T.H perpendicularmente contra o corpo de prova, curva 0° , até que aconteça o estampido;

Grafico para Superfícies Planas



----- Curvas Extrapoladas

FIGURA - 22

- Desligar a chave de faca reversora imediatamente após o estampido. Em consequência, haverá paralização de movimento de todos os componentes do sistema e o êmbolo do C.T.H permanecerá comprimido contra o elemento em teste. Esta situação nos permite, calmamente, a leitura da escala graduada no C.T.H.
- Conhecida a leitura, procedemos como no caso do aparelho sem este dispositivo.
- A partir da leitura, o dispositivo pode ser liberado para novo teste, bastando para tanto ligar a chave de faca reversora em posição contrária à inicial. Isto provecerá no motor um movimento no sentido horário e uma retração do parafuso, que traz consigo o aparelho C.T.H, por ação de sua mola.

3 - CORPO DE PROVA

3.1 - FORMA

O suporte do corpo de prova de nosso dispositivo foi executado para receber aqueles corpos provenientes das formas descritas no item 3 do capítulo III.

Assim, as formas utilizadas foram as mesmas empregadas na obtenção dos corpos de prova para ensaios de compressão.

3.2 - ENCHIMENTO

A espessura da mistura solo-cimento para base de piso difere daquela usada para revestimento. A primeira é avantajada em relação à segunda.

Assim, os corpos de prova deveriam se apresentar com espessuras compatíveis com o fim a que se destina a mistura, isto é, com cerca de 60 mm para base e 20mm para revestimento. Isto, todavia, contraria a recomendação de uma espessura mínima de 100 mm para utilização de nosso aparelho de teste.

Para contornar o problema, confeccionamos corpos de prova como a seguir explicamos.

3.2.1 - PARA BASE DE PISO

Confeccionamos 45 discos de papelão com área igual a da base da forma acima citada. Enchemos, em três séries de 15 cada, 45 dessas formas com areia umedecida até uma altura que, recoberta com um dos discos de papelão, permitisse uma sobra de 100 mm.

Em 30 dessas formas esses 100 mm restantes foram cheios, cada 15, com uma das nossas misturas empíricas de solo-cimento I e II, confeccionados com as dosagens recomendadas, respectivamente, de 10% e 12% de cimento, submetidas à secagem de 15 dias, obedecendo ao prescrito no item 3 do capítulo II.

Nas demais 15 formas os 100 mm restantes foram cheios com concreto empírico 1:4:8 de 200 KGf/m³, obedecendo ao prescrito no item 4 do capítulo IV.

3.2.2 - PARA REVESTIMENTO DE PISO

Tomamos 7 das formas há pouco citadas e as enchemos com areia umedecida e disco de papelão, conforme o fizemos para o caso das bases de piso.

Os 100 mm restantes foram cheios com o mesmo concreto 1:4:8 de 200 KGf/m³, usado para base de piso e obedecendo a mesma técnica.

A seguir, incrustamos nesse concreto, ainda mole, amostras de taco de peroba, de lajota de barro cozido, de tijolo comum com queima normal e requeimado, de cerâmica, de ladrilho hidráulico, de gnaiss e de solo-cimento I e II, todas com forma de prisma reto de base quadrada com 70 mm de lado da base e com 10 mm de altura (espessura). Deixamos esse concreto curar por 28 dias.

O ensaio do concreto realizado para base de piso foi o mesmo para o de revestimento de piso.

4 - RESULTADOS

Os corpos de prova foram ensaiados, conforme expresso em síntese neste capítulo, repetimos, sob as condições de:

- Ângulo de incidência do aparelho de teste com a horizontal - 0° ;
- Corpos de prova padronizados em forma e dimensões;
- Emprego de equipamento constituído de aparelho Concret Test Hammer Model CT-320 de Soiltest, adaptado a nosso dispositivo;
- Os resultados obtidos, nos permitiram a elaboração das tabelas 8 e 9.



ENSAIO DE PENETRAÇÃO

A tabela 8 abaixo, nos fornece, para 15 ensaios em cada corpo de prova, as respectivas leituras feitas na escala (5) do Concret Test Hammer Model C.T-320

FIM	LEITURA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	SOMA	MÉDIA ARITMÉTICA
	C. PROVA																	
REV. BASE	PARALELEPÍPEDO	42	43	44	36	41	38	42	44	40	39	40	42	41	43	45	620	41,3
REV. BASE	CERÂMICA	27	25	24	21	26	25	27	22	24	21	20	27	26	21	22	358	23,8
REV. TIMENTO	CONCRETO 1:4:8	22	19	21	20	21	24	18	23	24	18	22	20	25	23	22	322	21,4
	LAJOTA DE BARRO RECOZIDO	23	20	21	21	26	22	24	18	23	18	22	19	16	22	23	318	21,2
	TACO DE PEROBA	18	23	19	18	16	16	14	14	13	22	21	16	17	21	17	265	17,6
	LADRILHO HIDRÁULICO	16	18	13	15	18	17	13	18	16	14	14	18	15	13	13	231	15,4
	SOLO-CIMENTO II (12%)	15	12	11	13	17	17	15	12	14	15	18	15	12	17	15	218	14,5
	SOLO-CIMENTO I (10%)	14	11	11	14	16	17	16	13	12	17	11	16	13	14	14	209	13,9
	TIJOLO REQUEIMADO	16	12	15	14	14	15	14	16	14	13	13	15	16	13	14	214	14,2
	TIJOLO	12	11	12	10	10	10	11	11	9	9	10	9	9	11	11	155	10,3

Tabela 8



A tabela 9 nos fornece em função da média aritmética das leituras, constante da tabela 8, as resistências opostas à penetração, pelos diferentes corpos ensaiados.

RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO

ELEMENTO ENSAIADO	MÉDIA ARITMÉTICA (ESCALA)	TENSÃO KGf/cm^2 (GRÁFICO)
PARALELEPÍPEDO	41,3	380
CERÂMICA	23,8	108
CONCRETO 1:4:8	21,9	94
LAJOTA DE BARRO RE- COZIDO	21,2	92
TACO DE PEROBA	17,6	61
LADRILHO HIDRÁULI- CO	25,4	49
SOLO-CIMENTO II (12%)	14,5	42
SOLO-CIMENTO I (10%)	13,9	37
TIJOLO REQUEIMADO	14,2	40
TIJOLO	10,3	20

Tabela 9

CAPÍTULO VI

CONCLUSÕES

As tiradas dos ensaios III, IV e V, no último item de cada um, apresentaram as respectivas conclusões que agora repetiremos, de maneira sintetizada, para cada ensaio.

1 - COMPRESSÃO

CAPÍTULO VI

1.1 - Tempo de secagem recomendada - 17 dias.

1.2 - Composição de duas misturas experimentais de solo-cimento, segundo o Tm a que se destinam.

C O N C L U S Õ E S

de peças resistentes, civis, agrícolas e industriais.

Solo : 44,5-litros de solo-cimento, para terraplenagem, etc.

Cimento : 10% do volume de solo.

Água : A necessária à obtenção de uma massa pastosa, de 100% de solo-cimento e água, para a obtenção de peças resistentes sob condições de secagem.

Solo-Cimento II: destinado a peças resistentes, de concreto de estruturas e revestimentos de paredes e pequenas estruturas de concreto.

Solo : 10 litros de solo-cimento I

Cimento : 10% do volume de solo

Água : 1 litro de solo-cimento I

2 - DEGRADAÇÃO

2.1 - O comportamento das amostras I e II, no rol de alguns materiais usados na construção civil na região, em função das resistências opostas ao desgaste por atrito.

Em ordem decrescente, segundo as intensidades das resistências opostas ao desgaste por atrito, assim como os materiais testados.

CAPÍTULO VI

CONCLUSÕES

Ao término dos capítulos III, IV e V, no último item de cada um, apresentamos as respectivas conclusões que agora repetimos, de maneira sintetizada, para cada ensaio.

1 - COMPRESSÃO

- 1.1 - Tempo de secagem recomendada - 15 dias.
- 1.2 - Composição de duas misturas empíricas de solo-cimento, segundo o fim a que se destinam.

Solo-Cimento I - destinado à base de pisos residenciais, comerciais e industriais.

Solo : LV_t-Latosol Vermelho-Amarelo, fase terraço, seco ao ar.

Cimento : 10% do volume de solo.

Água : A necessária à obtenção de uma mistura pastosa, de fácil manuseio e aparentemente com boas condições de emprego.

Solo-Cimento II: destinado a pisos residenciais, comerciais e industriais de construções econômicas e a revestimentos de terreiros e pequenas estradas em zonas rurais.

Solo : O mesmo do solo-cimento I

Cimento : 12% do volume de solo

Água : O mesmo do solo-cimento I

2 - DESGASTE

- 2.1 - O posicionamento dos solo-cimento I e II no rol de alguns materiais usados em construção civil na região, em função das resistências opostas ao desgaste por atrito.

Em ordem decrescente, segundo as intensidades das resistências opostas ao desgaste por atrito, assim escalonamos os materiais testados:

taco de peroba
 concreto 1:4:8 de 200 KGf/m³
 cerâmica
 lajota de barro recozido
 SOLO-CIMENTO II
 SOLO-CIMENTO I
 ladrilho hidráulico
 tijolo requeimado
 tijolo comum

- 2.2 - O teor de cimento aumentando de 2%, para passar do Solo-Cimento I ao Solo-Cimento II, acarreta um decréscimo no desgaste por atrito de 14,28%

3 - PENETRAÇÃO

- 3.1 - O posicionamento dos solo-cimento I e II no rol de alguns materiais usados na região em construção civil, em função das resistências opostas à penetração.

Em ordem decrescente, segundo as intensidades das resistências opostas à penetração, assim escalonamos os materiais testados:

paralelepípedo de gnaiss
 cerâmica
 concreto 1:4:8 de 200 KGf/m³
 lajota de barro recozido
 taco de peroba
 ladrilho hidráulico
 SOLO-CIMENTO II
 SOLO-CIMENTO I
 tijolo requeimado
 tijolo comum

- 3.2 O teor de cimento aumentando de 2%, para passar do solo-cimento I ao solo-cimento II, acarreta um acréscimo de 13,51% no valor da resistência oposta à penetração.

4 -

A comparação do expresso em 2.2 e 2.3 deste capítulo, nos permite concluir que, um aumento de 2% no teor de cimento na mistura Solo-Cimento I, provoca o Solo-Cimento II, com aumento da resistência ao desgaste por atrito, superior ao aumento

da resistência à penetração, de 0,77%.

Face às conclusões resumidamente expostas, julgamos ter atingido o objetivo a que nos propusemos, dando ao pequeno proprietário duas misturas: os solo-cimento I e II, para atendimento de suas necessidades, relativamente à construção de pisos e suas bases.

Nesta oportunidade, desejamos destacar alguns aspectos que escapam ao objetivo da tese, mas que merecerão nossa atenção em próximos trabalhos:

- 1 - Estudo da influência do teor de água na determinação do teor de cimento nas misturas solo-cimento I e II;
- 2 - Estudo do comportamento das misturas solo-cimento I e II como impermeabilizantes;
- 3 - Estudo do comportamento das misturas solo-cimento I e II face a ação de agentes corrosivos;
- 4 - Estudo dos limites, para validade de 2.2, 3.2 e 4 deste capítulo.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Soils. Philadelphia ASTM, 1 957. (Special Technical Publication, 206).
- 2 - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. Construção de bases de solo-cimento. 1 965
- 3 - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. Controle e fiscalização de obras de solo-cimento. 1 973.
- 4 - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. Curso de solo-cimento: normas de dosagens e métodos de ensaio, dosagem das misturas de solo-cimento. 1 965. (SC-2 e SC-4).
- 5 - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. Curso de solo-cimento: proporcionamento da mistura de dois solos.
- 6 - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. Ensaio de solo. 1 966.
- 7 - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. Propriedades e usos do solo modificado por cimento. 1 973.
- 8 - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. Solo-cimento: normas de dosagem e métodos de ensaio. 1 960
- 9 - THE BALDWIN LOCOMOTIVE WORKS. Stress-strain recorder and strain followers. (Bulletin 262)
- 10- BASÍLIO, Francisco de Assis. Aplicação de solo-cimento no Brasil. 1 942.
- 11- BASÍLIO, Francisco de Assis. Considerações sobre dimensionamento e durabilidade dos pavimentos de solo-cimento. Associação Brasileira de Cimento Portland, 1 971.
- 12- BASÍLIO, Francisco de Assis. Dimensionamento dos pavimentos de concreto. Rio de Janeiro, IPR, 1 959. (A-25-59)
- 13- BASÍLIO, Francisco de Assis. Vida útil das pavimentações. Associação Brasileira de Cimento Portland, 1 966.
- 14- BRITISH STANDARDS INSTITUTION. London - Methods of test for stabilized soils: 58-84. (B.S. 1924-1957)
- 15- CATTON, M. D. Research on the physical relations of soil-cement mixtures. Proc. of the Highway Research Board, Washington, 20: 821-855, 1 940.
- 16- CATTON, M. D. Soil-cement: a construction material. In: Proc. of the conference on soil stabilization, Massachusetts, Institute of Technology, Cambridge, 1 952. p. 26-58
- 17- COSTA, Paulo. Caderno de encargos. 8.ed. Rio de Janeiro, Científica, 1 962.
- 18- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. Brasil - Manual de pavimentação. vol. 2. 1 960.

