



MINISTÉRIO DO TRABALHO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO  
INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA  
Diretor-Geral: SYLVIO FRÓES ABREU

# D O S A G E M D E C O N C R E T O S

Por  
**Fernando Luiz Lobo B. Carneiro**  
Engenheiro Civil

2.<sup>a</sup> EDIÇÃO

**MÉTODO I.N.T.**



Rio de Janeiro  
1953



Resumo do Livro “*Dosagem de Concretos*”, que tem 102 folhas.

## CAPÍTULO V

# MÉTODO DE DOSAGEM E CONTRÔLE NA OBRA

### 1 — ESCOLHA DO FATOR ÁGUA/CIMENTO

A escolha do fator água/cimento é em geral baseada na resistência média à compressão a ser obtida aos 28 dias de idade, fixada em função das tensões adotadas no cálculo, de acordo com os diferentes critérios expostos no Capítulo II. Para isso basta consultar as curvas que ligam a resistência à compressão ao fator água/cimento, determinadas experimentalmente em laboratório com o cimento a ser empregado, análogas às curvas das figuras 5 e 6.

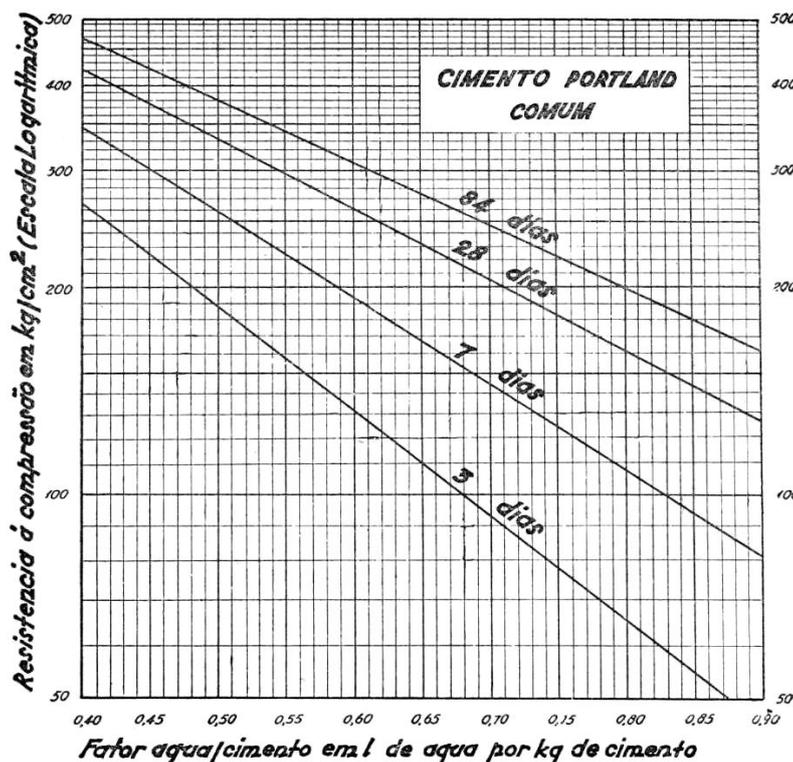


Fig. 5

Exemplo de um cimento CPI de 1953 ( curva deve ser atualizada para os cimentos de hoje )

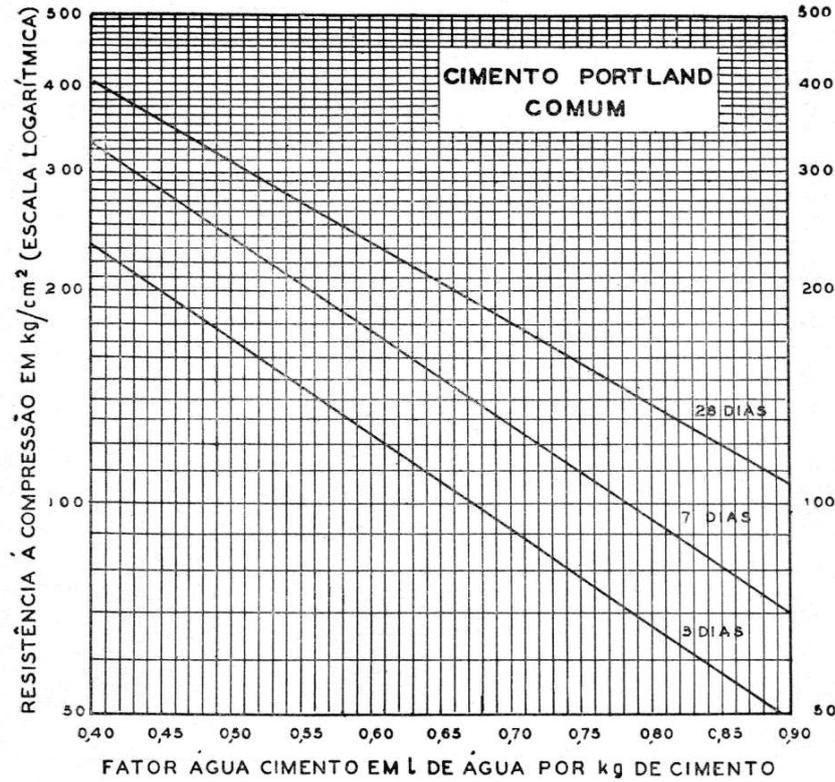


Fig. 6

Exemplo de um outro cimento CPI de 1953 (curva deve ser atualizada para os cimentos de hoje)

Quando a escolha do fator água/cimento é baseada na resistência à tração, ou na resistência à tração na flexão, determina-se previamente, de acordo com a figura 9, a resistência à compressão correspondente.

CORRELAÇÃO ENTRE AS RESISTÊNCIAS À TRAÇÃO E À COMPRESSÃO

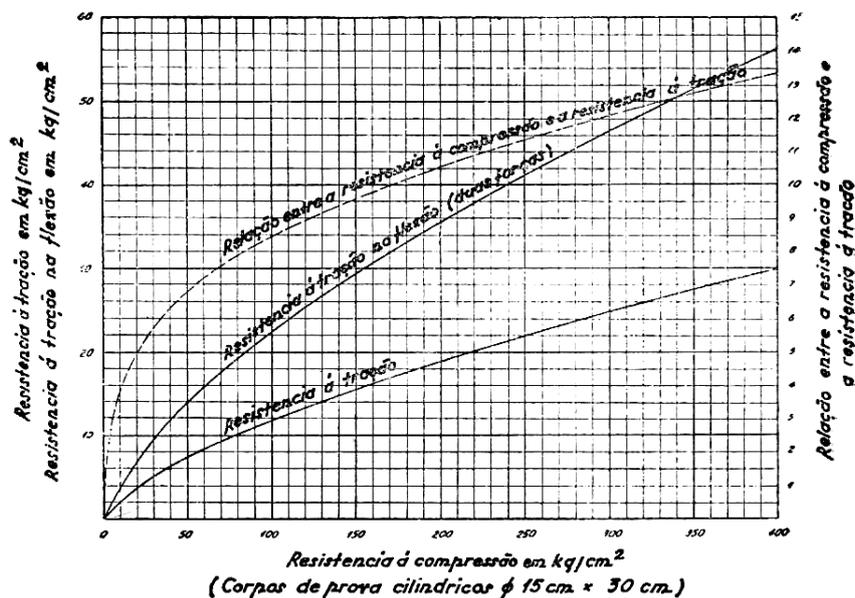


Fig. 9



Se o concreto é submetido a ações externas agressivas, ou deve ser impermeável, não convém adotar fator água/cimento superior ao dado no quadro abaixo.

### DA NORMA BRASILEIRA NB-2 (CÁLCULO E EXECUÇÃO DE PONTES DE CONCRETO ARMADO)

#### Condições gerais

Art. 59 — Será obedecido o disposto no Capítulo VI da NB-1, não se admitindo, porém, nas superestruturas:

a) concreto com fator água/cimento maior que 0,65;

b) concreto com  $\sigma_{c28} < 150$  kg/cm<sup>2</sup>;

c) concreto com mais de 400 kg de cimento por metro cúbico de concreto, salvo nos pêndulos e articulações.

Condições de exposição		EXTREMA	SEVERA	MODERADA
		Concreto imerso em meio agressivo.	Concreto em contato com água sob pressão. Concreto alternadamente em contato com água e ar. Concreto exposto às intempéries e ao desgaste.	Concreto exposto às intempéries. Concreto permanentemente imerso em meio não agressivo.
da obra Natureza	Peças delgadas	0,48 1/kg ou 20,5 1/saco	0,54 1/kg ou 23,0 1/saco	0,60 1/kg ou 25,5 1/saco
	Peças de grandes dimensões	0,54 1/kg ou 23,0 1/saco	0,60 1/kg ou 25,5 1/saco	0,65 1/kg ou 27,5 1/saco

Quando na execução da obra não fôr previsto um controle rigoroso da umidade dos agregados, principalmente da areia, sendo esta apenas avaliada de acordo com o critério que adiante exporemos, a dosagem deve ser baseada em uma resistência à compressão superior de 15 % a 20 % à que fôr julgada necessária.



## 2 — DETERMINAÇÃO EM PRIMEIRA APROXIMAÇÃO DA PROPORÇÃO CIMENTO : AGREGADO

Em um dos quadros abaixo, na coluna correspondente ao diâmetro máximo que tiver sido fixado de acordo com o critério exposto no Capítulo III, obtém-se o valor aproximado A % da porcentagem de água referida ao peso da mistura cimento-agregado, suposta seca.

### CONCRETOS PLÁSTICOS, COM GRANULOMETRIA COMPREENDIDA ENTRE AS CURVAS I e II, DESTINADOS A ADENSAMENTO MANUAL

Diâmetro máximo	Porcentagem A % de água, referida ao peso da mistura seca cimento-agregado
9,5 mm	11,0 %
19 mm	10,0 %
25 mm	9,5 %
38 mm	9,0 %
50 mm	8,5 %

### CONCRETOS DE CONSISTÊNCIA PRÓPRIA PARA ADENSAMENTO VIBRATÓRIO, COM GRANULOMETRIA COMPREENDIDA ENTRE AS CURVAS II E III

Diâmetro máximo	Porcentagem A % de água, referida ao peso da mistura seca cimento-agregado
9,5 mm	9,0 %
19 mm	8,0 %
25 mm	7,5 %
38 mm	7,0 %
50 mm	6,5 %



D máx. = 9,5mm

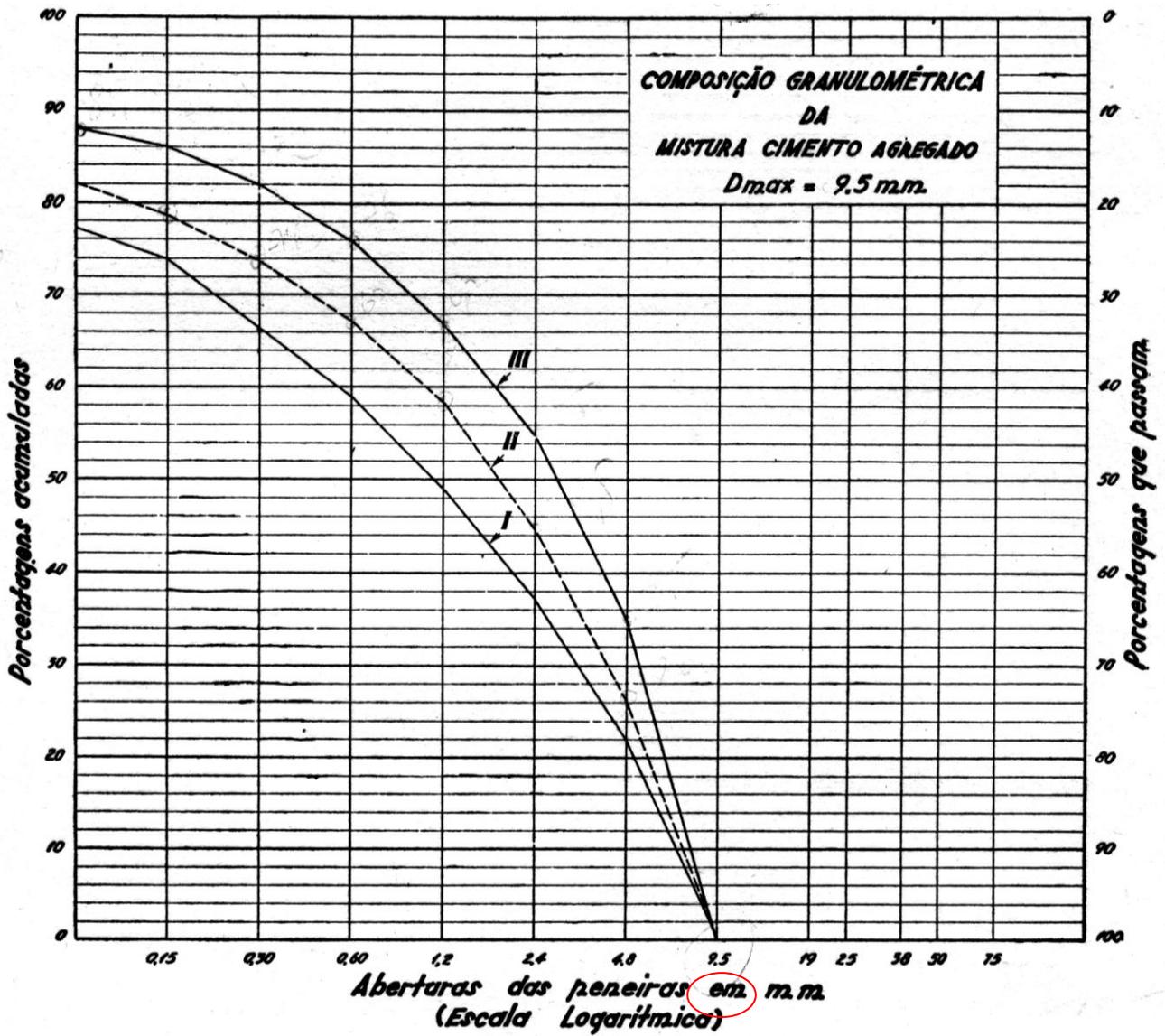


Fig. 11



D máx. = 19 mm

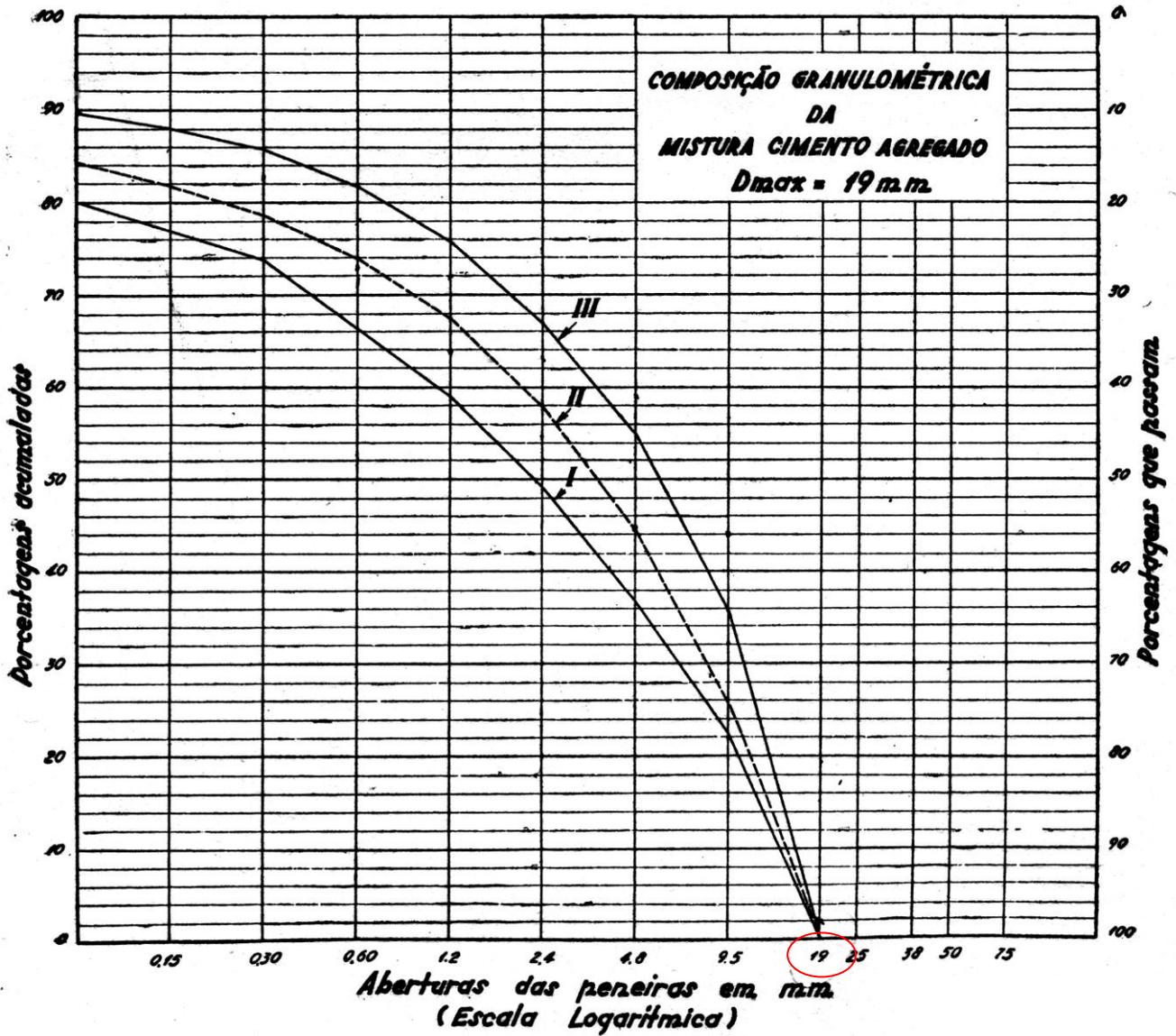


Fig. 12



D máx. = 25 mm

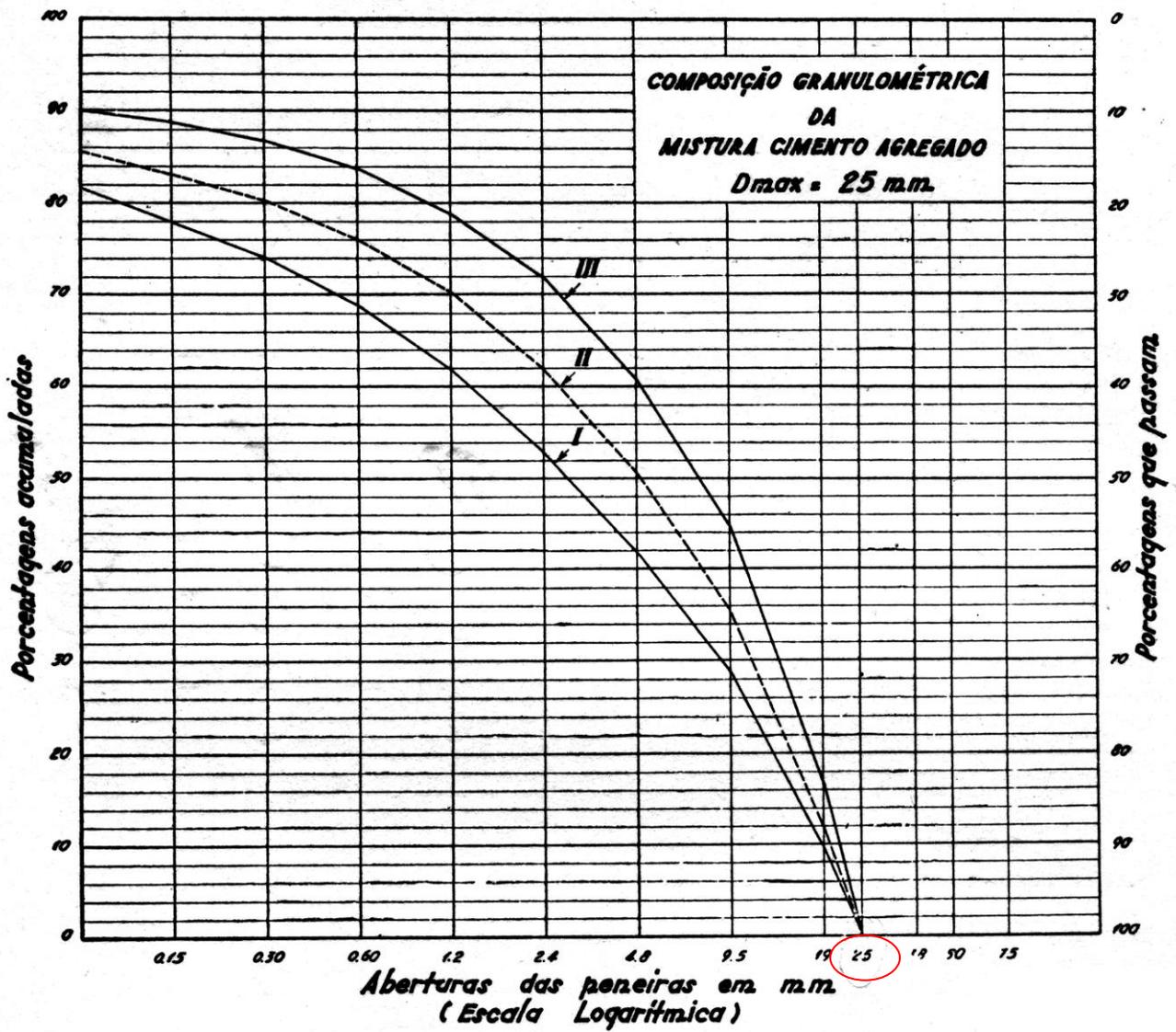


Fig. 13



D máx. = 38 mm

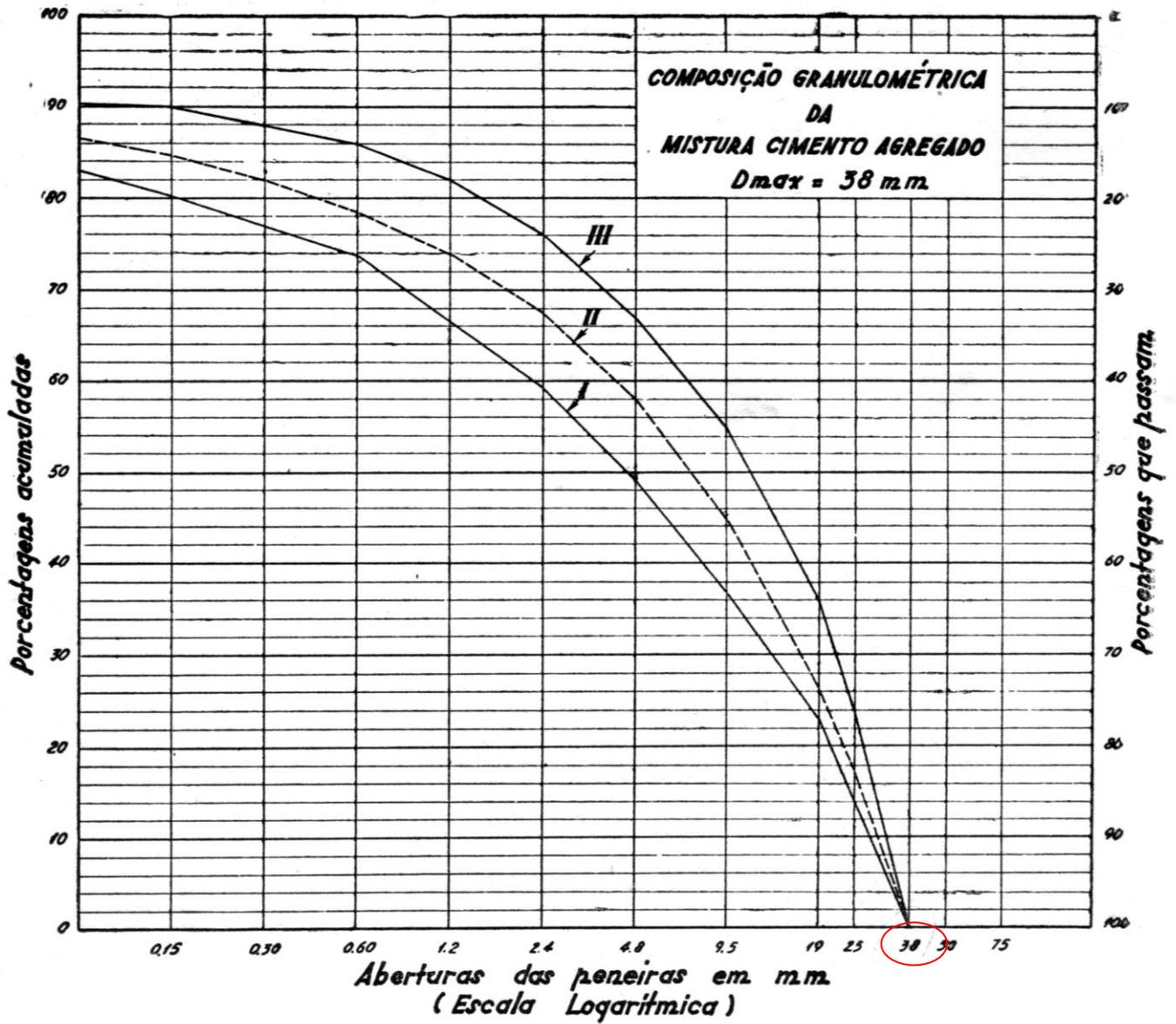


Fig. 14



D máx. = 50 mm

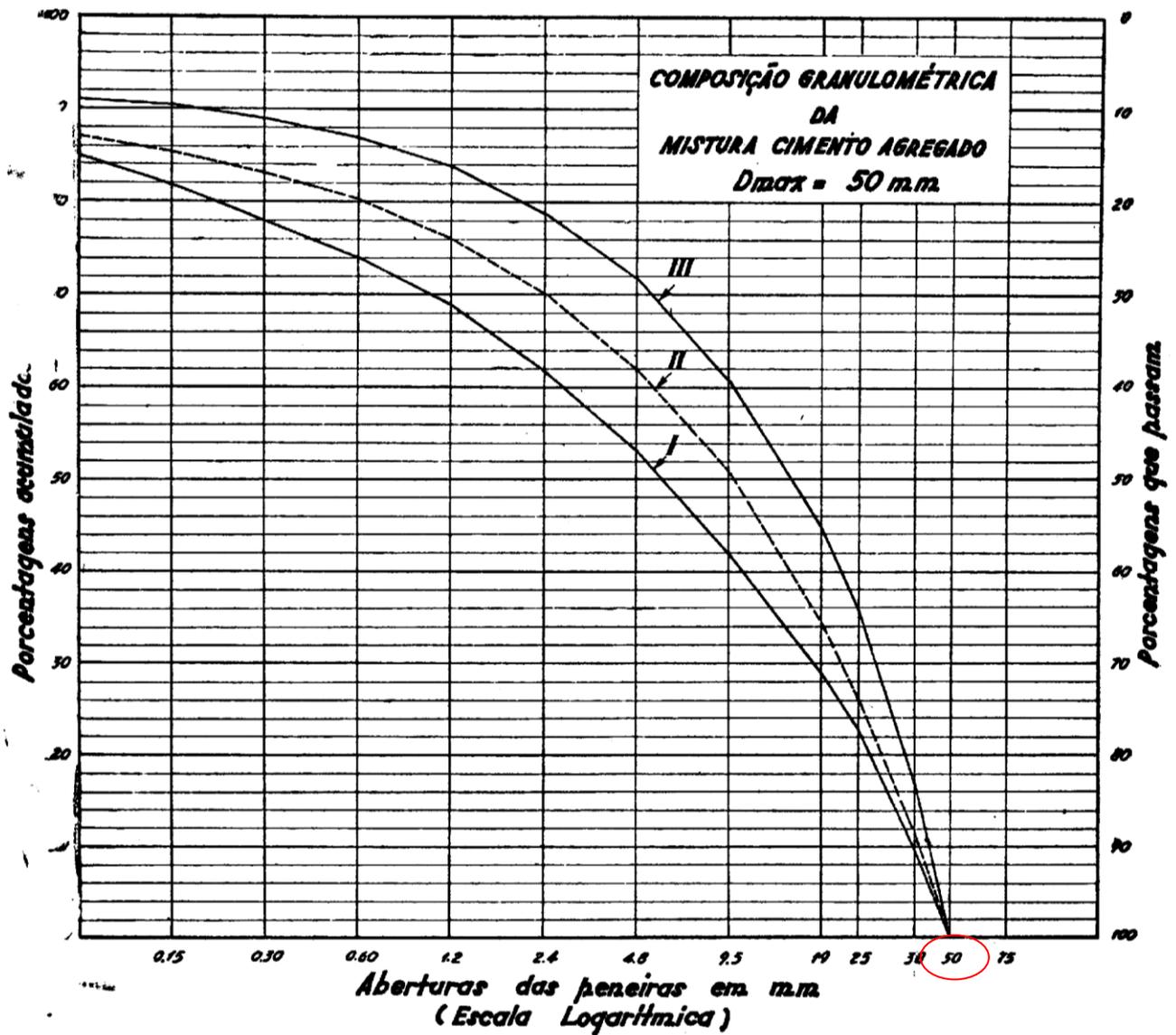


Fig. 15



A tabela abaixo fornece aproximadamente os consumos de cimento em diversos casos.

Fator água/cimento	Consumo de cimento em kg por m <sup>3</sup>									
	D <sub>max</sub> = 50mm		D <sub>max</sub> = 38mm		D <sub>max</sub> = 25mm		D <sub>max</sub> = 19mm		D <sub>max</sub> = 9,5mm	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
0,5	370	300	390	320	400	340	420	360	460	390
0,6	310	250	330	260	340	280	360	300	380	330
0,7	260	220	280	230	290	240	310	250	330	280
0,9	230	—	240	—	250	—	270	—	290	—

Na tabela acima : I = adensamento manual ; II = adensamento vibratório

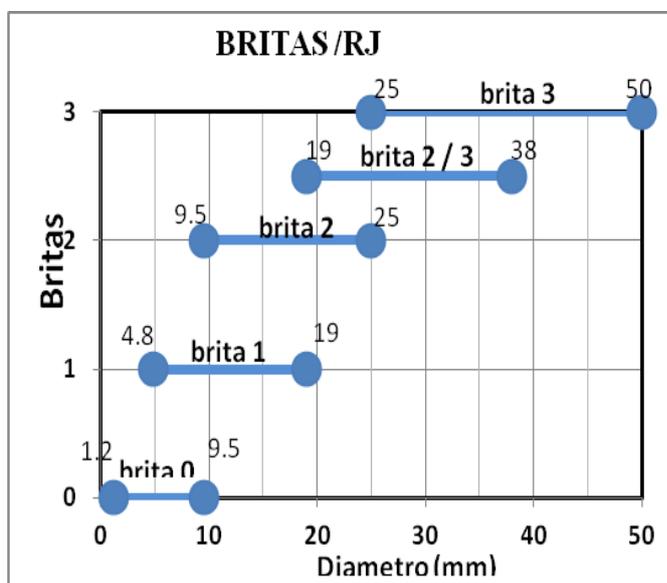
Exemplo :

D máx. = 25mm;

x = água / cimento = 0,50 ;

II = concreto vibrado

→ cimento = 340 kg/m<sup>3</sup>





Com esse valor  $A\%$  e o fator água/cimento  $x$  prefixado, obtem-se no ábaco da figura 17 a proporção cimento : agregado  $1 : m$ , calculada por meio da fórmula  $m = \frac{100x}{A} - 1$ .

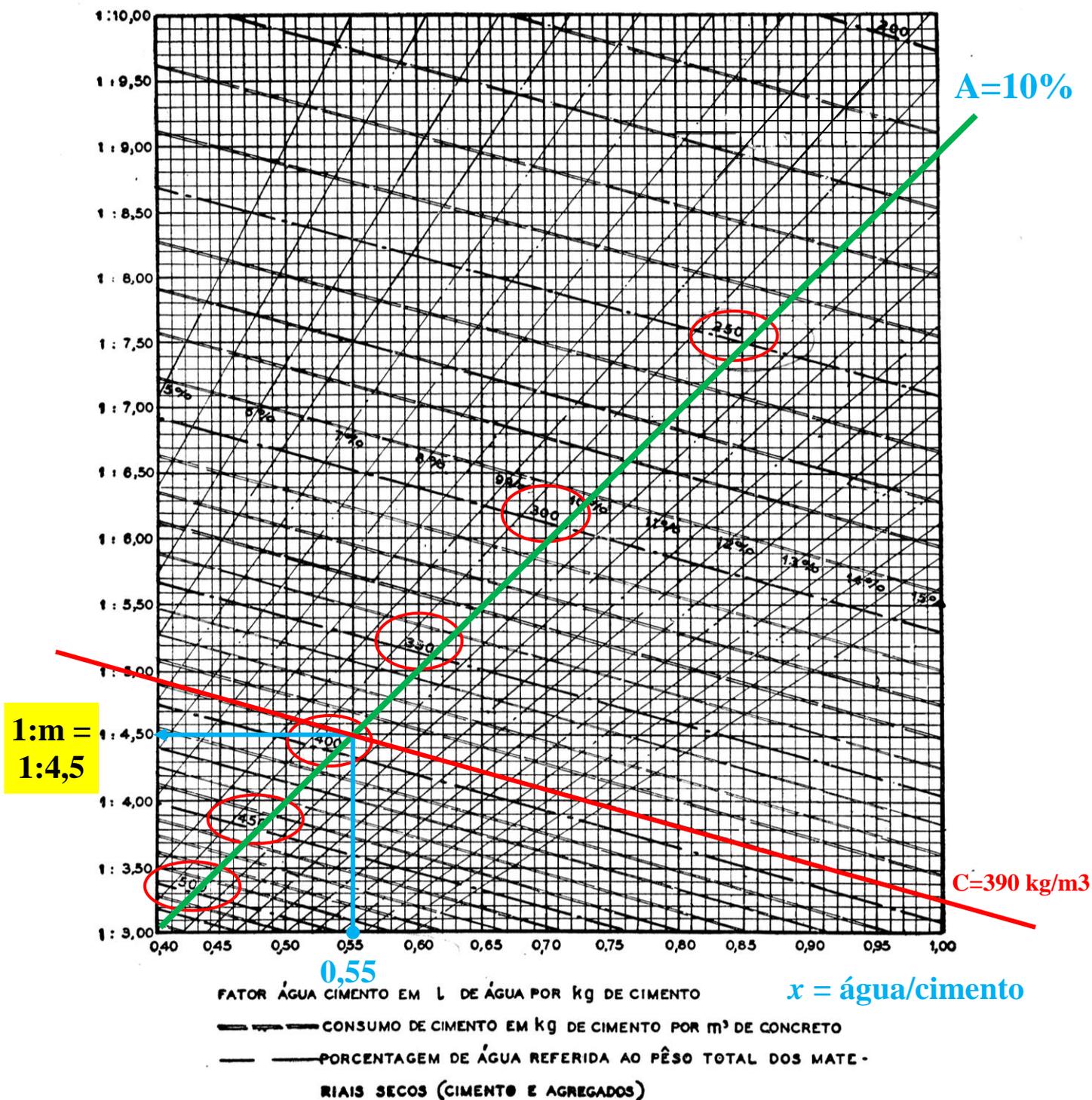


Fig. 17

Exemplo :  $x = \text{água / cimento} = 0,55$  ;  $A = \text{água} = 10\%$   
 $\rightarrow 1/m = 1 / 4,5$        $\rightarrow \text{cimento} = 390 \text{ kg/m}^3$



### 3 — DETERMINAÇÃO EM PRIMEIRA APROXIMAÇÃO DAS PROPORÇÕES DOS DIFERENTES CONSTITUINTES DO AGREGADO

Conhecidas as composições granulométricas dos diferentes constituintes do agregado, como por exemplo areia e várias britas, as proporções desses constituintes são obtidas por meio de tentativas de modo que a composição granulométrica da mistura cimento : agregado fique compreendida entre as curvas I e II, no caso de concretos plásticos, ou II e III, no caso dos concretos vibrados, de uma das figuras 12, 13, 14, 15, ou 16, correspondente ao diâmetro máximo adotado.

Como primeira tentativa poderão ser adotadas as porcentagens indicadas no quadro abaixo.

	D máx. =50 mm		D máx. =38 mm		D máx. =25 mm		D máx. =19 mm		D máx. =9,5 mm	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Brita 25 a 50	26	36	-	-	-	-	-	-	-	-
Brita 19 a 38	-	-	28	33	-	-	-	-	-	-
Brita 9,5 a 25	17	17	-	-	25	30	-	-	-	-
Brita 4,8 a 19	17	17	28	33	25	30	35	45	-	-
Brita 1,2 a 9,5	-	-	-	-	-	-	15	15	45	55
Cimento +Areia	40	30	44	34	50	40	50	40	55	45

Na tabela acima : I = adensamento manual ; II = adensamento vibratório

O “traço” em pêso será pois dado sob a forma

$$1 : a : b_1 : b_2$$

no caso de uma areia e duas britas, sendo

$$a + b_1 + b_2 = m$$

$a$  = kg de areia por kg de cimento

$b_1$  = kg de brita 1 por kg de cimento

$b_2$  = kg de brita 2 por kg de cimento



— 95 —

$100 \frac{a}{1+m}$  = porcentagem de areia na mistura cimento-agregado.

$100 \frac{b_1}{1+m}$  = porcentagem de brita 1 na mistura cimento-agregado.

$100 \frac{b_2}{1+m}$  = porcentagem de brita 2 na mistura cimento-agregado.

Como mostramos no Capítulo II, a composição granulométrica da mistura cimento-agregado será calculada da seguinte maneira:

sejam  $p_a$ ,  $p_1$  e  $p_2$  as “porcentagens acumuladas” da areia e de cada uma das duas britas em uma dada peneira; a “porcentagem acumulada” da mistura cimento-agregado nessa mesma peneira será

$$p = \frac{a}{1+m} p_a + \frac{b_1}{1+m} p_1 + \frac{b_2}{1+m} p_2$$

#### 4 — ENSAIO DE CONSISTÊNCIA DA PRIMEIRA APROXIMAÇÃO DO TRAÇO EM PÊSO — CORREÇÃO DÊSSE TRAÇO

De acôrdo com o traço em pêso assim obtido será executada uma pequena quantidade de concreto, tendo-se o cuidado de adicionar a água lentamente até obter a consistência conveniente para o fim em vista.

A quantidade de água empregada, expressa como porcentagem do pêso total de cimento e agregados, fornecerá o valor exato de A %. Frequentemente êsse valor coincidirá com o adotado em primeira aproximação. Se isso não se der, o “traço em pêso” definitivo será calculado da mesma maneira, com o novo valor de A.



## 5 — MEDIDA DOS MATERIAIS SÓLIDOS NA OBRA

O cimento será sempre medido em pêso. Para isso basta adotar como unidade o saco de cimento, de 50 kg, e calcular o traço em pêso correspondente a 1 saco, da seguinte maneira:

1 saco de cimento:  $a \times 50$  kg de areia:  $b_1 \times 50$  kg  
de brita 1:  $b_2 \times 50$  kg de brita 2.

Os agregados serão medidos em pêso nas obras de grande importância. O pêso da areia deverá ser acrescido do pêso da água que ela transportar sob forma de umidade.

Usualmente podem os agregados ser medidos em volume.

Os pêsos específicos aparentes serão de preferência determinados em caixas de madeira com cêrca de 50 litros, por meio de simples pesagem da caixa vazia e da caixa cheia. O pêso específico aparente da areia varia com seu grau de umidade, em virtude do conhecido fenômeno do “inchamento”.

Para os materiais do Distrito Federal poderão ser adotados os seguintes valores, em primeira aproximação:

Areia sêca .....	1,50 <i>kg/l</i>
Areia pouco úmida .....	1,40 <i>kg/l</i>
Areia muito úmida .....	1,20 <i>kg/l</i>
Britas . . . . .	1,40 <i>kg/l</i>

As misturas de várias britas e os pedregulhos naturais têm em geral pêsos específicos aparentes maiores, em tôrno de 1,6 *kg/l*.

Chamando  $d_a^{ap}$ ,  $d_{b_1}^{ap}$ ,  $d_{b_2}^{ap}$  aos pêsos específicos aparentes dos agregados em *kg/l*, será o traço, em pêso transformado em traço “cimento em pêso-agregados em volume”, da seguinte maneira:

1 saco de cimento:  $\frac{a \times 50}{d_a^{ap}}$  litros de areia:  $\frac{a \times 50}{d_{b_1}^{ap}}$



— 97 —

litros de brita 1:  $\frac{b_2 \times 50}{d^{ap}_{b_2}}$  litros de brita 2.

Com êsses dados serão calculadas as dimensões dos caixões de madeira destinados a medir os diferentes agregados.

Êsses caixões não deverão ser de capacidade superior a 50 ou 60 litros, para que o transporte dos agregados não se torne penoso. Frequentemente o volume de areia será medido em dois caixões iguais, sendo suficiente um único caixão para cada brita.

Conhecido o consumo, de cimento  $C$ , em  $\text{kg}/\text{m}^3$ , por meio do ábaco da fig. 17, é fácil calcular os consumos dos diferentes agregados, multiplicando os volumes correspondentes a 1 saco de cimento por  $\frac{C}{50}$ .

## 6 — MEDIDA DA ÁGUA

A água adicionada aos materiais sólidos será medida rigorosamente. Em geral os medidores das betoneiras funcionam mal, sendo indispensável aferi-los e evitar que lancem graxa ou óleo na água. Se isso não fôr feito, é preferível medir a água em vasilhas de capacidade conhecida. A água correspondente a um saco de cimento será

$$x \times 50 \text{ litros}$$

Dessa quantidade deve ser deduzida a água transportada pela areia sob a forma de umidade.

## 7 — DETERMINAÇÃO DA UMIDADE DA AREIA

A umidade da areia será determinada por meio de uma balança com sensibilidade suficiente, pesando-se certa quantidade de areia em seu estado natural e depois de sêca ao fogo. O emprêgo de frascos de Chapman, quando adotados, é delicado, por sua extrema fragilidade.



Desde que a resistência à compressão desejada seja acrescida de 15 a 20 % para fins de dosagem, poderá a umidade da areia, em obras correntes, ser simplesmente avaliada, de acôrdo com o seguinte critério:

Areia sêca .....	$h = 0 \%$
Areia pouco úmida .....	$h = 3 \%$
Areia muito úmida .....	$h = 6 \%$

A areia sêca ocorre muito raramente, e se reconhece pela facilidade com que seus grãos correm quando derramada sôbre uma superfície inclinada. Em geral, a não ser após exposição à chuva, a umidade varia em tôrno de 3 %.

A água transportada pela quantidade de areia correspondente a 1 saco de cimento será:

$$\frac{h}{100} a \times 50 \text{ kg}$$

Algumas vêzes é preciso também levar em conta a umidade de agregado graúdo.

## 8 — CORREÇÃO DE UM TRAÇO, QUANDO NA OBRA VERIFICA-SE QUE A SUA CONSISTÊNCIA É DEMASIADO SÊCA

Muitas vêzes verifica-se na obra, conforme as condições existentes, que o traço enviado pelo laboratório é pouco trabalhável. Nesse caso em hipótese alguma deve ser aumentado o fator água/cimento; as quantidades de agregado adicionadas a 1 saco de cimento é que devem ser diminuídas, embora isso aumente um pouco o consumo de cimento.

Em casos de pequena importância, quando não se quiser proceder corretamente de acôrdo com o item 4 dêste Capítulo, essa correção poderá ser feita por tentativas, diminuindo ligeiramente e aproximadamente na mesma proporção, as quantidades de areia e das diferentes britas, sem aumentar a quantidade de água correspondente a um saco de cimento.



— 99 —

## 9 — TEMPO DE AMASSAMENTO

O amassamento, que deverá sempre ser feito em betoneira, deverá durar pelos menos 1 minuto.

## 10 — CONTRÔLE DO CONCRETO

Periòdicamente serão retirados corpos de prova, moldados de acòrdo com o método transcrito na página 72, e cuidadosamente arrematados com pasta de cimento, de modo que os tôpos fiquem planos. É aconselhável retirar, de cada vez, 4 corpos de prova, 2 para serem rompidos a 7 dias e 2 a 28 dias. Êsses corpos de prova serão enviados ao laboratório tão cedo quanto possível, identificados por meio de números, e acompanhados de papeletas com tôdas as indicações necessàrias (obra, traço, data da moldagem, etc.).

Obtida a resistênciã a 7 dias, pode ser prevista aproximadamente a resistênciã a 28 dias, por meio das curvas que ligam a resistênciã ao fator água/cimento. A resistênciã provável a 28 dias estará na curva correspondente a essa idade, na mesma vertical que a resistênciã a 7 dias, localizada na respectiva curva.

Oscilações de 10 % ou 15 % em tôrno da resistênciã média para a qual é dosado o concreto são normais, mesmo quando a umidade da areia é determinada com rigor e os agregados são medidos em pêso. Entre duas partidas de um mesmo cimento podem ser encontradas diferenças até 10 %. Essas oscilações não devem impressionar; os coeficientes de segurança as tomam em consideração.

Prevenimos que mesmo numa obra bem controlada podem apresentar-se eventualmente alguns corpos de prova excepcionais, de resistênciã igual a apenas 2/3 da exigida. Isso não é motivo para alarme, a não ser em caso de reincidência; não se justifica que ao simples aparecimento de um ou dois dêsses resultados, ao lado de muitos outros satisfatórios, os engenheiros fiscais se assustem e embarguem a obra.



— 100 —

Devem pois ser considerados inevitáveis resultados 10 % ou 15 % abaixo da resistência exigida, e tolerado um ou outro resultado igual a  $\frac{2}{3}$  dessa resistência, o que não dispensa um inquérito sôbre o contrôle da dosagem, para evitar que isso se repita ou se agrave.

Pequenas oscilações da composição granulométrica dos agregados são inevitáveis e devem ser toleradas; em geral, desde que a areia seja da mesma procedência, e que as britas se enquadrem dentro das mesmas “bitolas” (v. Cap. I), não há necessidade de estudar novos traços. Se essas oscilações modificarem um pouco a consistência do concreto, deve-se agir como mostramos no item 8, exceto no caso de serem fornecidas britas contendo “pó de pedra”; estas devem ser rejeitadas, pois o “pó de pedra” obrigará, em igualdade de traço, a um consumo de água consideravelmente maior.

+++



### Comentário de E.C.S.Thomaz :

O método do INT é válido quando não se quer usar superplastificantes , i.e.  $f_{ck} < 40$  MPa .  
O método do INT dá bons resultados, principalmente com o Gnaisse do Rio de Janeiro.  
É apenas necessário atualizar as curvas “ RESISTENCIA x (ÁGUA/CIMENTO) ” para os cimentos de hoje.

+++

**Marcha para dosagem de concretos**, segundo apostila do Prof. Fernando Lobo Carneiro, na Escola Nacional de Engenharia da Universidade do Brasil ( atual UFRJ ).

1 – Escolha de  $x$  = fator água /cimento,  $D_{m\acute{a}x}$  = diâmetro máximo do agregado e da Consistência

2 – Traço em pêso : relação (cimento /agregado) =  $\frac{\text{cimento}}{\text{agregado}} = \frac{1}{m}$  ;  $m = \frac{x}{A\%} - 1$

Primeira aproximação com os valores do quadro abaixo para A%.

Valores de A% = porcentagem de água referida ao pêso da mistura ( cimento + agregado ) , suposta sêca.			
D máx.	Adensamento manual	Vibração moderada	Vibração intensa
12,5mm	11,5 %	10,5 %	9,5 %
19mm	10,5 %	9,5 %	8,5 %
25mm	9,5 %	8,5 %	7,5 %
50mm	8,5 %	7,5 %	6,5 %

3 – Traço em peso : relação cimento: areia: agregado graudo = [1: Areia (Ar) : Brita(B)]  
Brita [  $B = K ( m + 1 )$  ] ; Areia (  $Ar = m - B$  )

Valores aproximados de <b>K</b>			
D máx.	Adensamento manual	Vibração	
12,5mm	0,3	0,4	
19mm	0,4	0,5	
25mm	0,5	0,6	Areia média + mistura de britas 1 e 2
50mm	0,6	0,7	Areia média + Brita 1 + Brita 2 + Brita 3



4- Correção do traço : Executar o traço assim obtido em primeira aproximação, adicionando água até obter a consistência desejada. Com o valor de A%, assim obtido experimentalmente, calcular o novo traço :  $m = \frac{x}{A\%} - 1$ , mantendo  $x$ .

5- Conversão do traço em pêsos para traço, com cimento medido em pêsos e com agregados medidos em volume.

Traço em pêsos :

1 saco de cimento

Areia = Ar x 50 kg

Brita = B x 50 kg

Agregados em volume :

**1 saco de cimento**

$$\text{Areia} = \frac{\text{Ar} \times 50\text{kg}}{(1,3 \text{ a } 1,4) \left( \frac{\text{kg}}{\text{litro}} \right)} = \dots \text{ litros}$$

sendo o pêsos aparente da areia úmida igual a 1,3 a 1,4 kg/ litro.

$$\text{Brita} = \frac{\text{B} \times 50\text{kg}}{(1,4) \left( \frac{\text{kg}}{\text{litro}} \right)} = \dots \text{ litros}$$

sendo o pêsos aparente da brita igual a 1,4 kg/ litro.

**6- Água a adicionar na mistura** = (  $50 \times x - \text{Água contida na areia úmida}$  ) ;  
( onde  $x = \text{fator água/cimento}$  )

Água contida na areia sêca = 0 ( zero )

Água contida na areia úmida = 3% do peso da areia

Água contida na areia muito úmida = 6% do peso da areia

**7- Consumo de cimento** por metro cúbico de concreto pronto

$$C = \frac{1000}{\frac{1}{3,1} + \frac{m}{(2,5 \text{ a } 2,65)} + x} = \dots \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

Sendo :

3,1 o pêsos específico absoluto do cimento

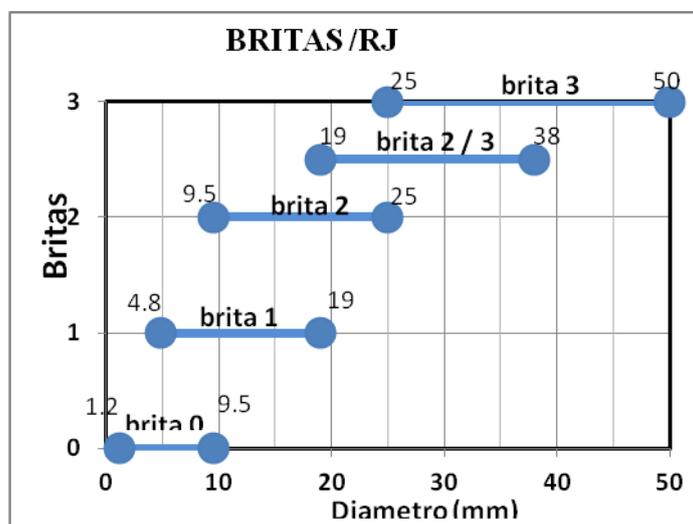
2,5 a 2,65 o pêsos específico absoluto dos agregados



## 8- Tipos de controle

- A –Riguroso** . Em centrais de concreto. Todos os materiais medidos em pêso.  
Umidade da areia determinada com rigor  
Resistência mínima :  $\sigma_R$  ( atual fck) = 0,75  $\sigma_{c28}$   
*Obs.* :  $\sigma_{c28}$  =resistência média aos 28dias= $f_{cm28}$
- B –Razoável** . Cimento medido em pêso (sacos).  
Agregados medidos em volume.  
Umidade da areia determinada com rigor  
Resistência mínima :  $\sigma_R$  ( atual fck) = 0,66  $\sigma_{c28}$
- C –Razoável** . Cimento medido em pêso (sacos).  
Agregados medidos em volume.  
Umidade da areia apenas estimada (sem rigor)  
Resistência mínima :  $\sigma_R$  ( atual fck) =0,60  $\sigma_{c28}$

Teor de cimento em kg / m3 de concreto					
Fator água / cimento	Diâmetro máximo do agregado = D máx.				
	9,5mm	19mm	25mm	38mm	50mm
0,3	550	520	500	480	460
0,4	460	430	410	390	370
0,5	390	360	340	320	300
0,6	330	300	280	260	250
0,7	280	250	240	230	220



Adiante, um resumo dos resultados com diferentes concretos.



**Características do concreto em função do fator (água / cimento =  $x$ )**

*Cimento nacional médio com 1 mês de armazenagem*

<b><math>x</math></b> litros de água / kg de cimento	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75
<b>água</b> litros / saco de cimento de 50kg	17,5	20,0	22,5	25,0	27,5	30,0	32,5	35,0	37,5
<b><math>\sigma_{c28} = f_{cm28}</math></b> kgf/cm <sup>2</sup>	455	395	345	300	260	230	200	175	150
<b><math>\sigma_{c7} = f_{cm7}</math></b> kgf/cm <sup>2</sup>	345	315	270	225	190	160	135	115	100
<b><math>\sigma_{c7} / \sigma_{c28}</math></b>	0,82	0,80	0,78	0,75	0,72	0,70	0,68	0,65	0,65
<b><math>\sigma_{tf}</math> 28 dias</b> tração na flexão kgf/cm <sup>2</sup>	61	56	51	47	43	39	36	33	30
<b><math>\sigma_{ts}</math> 28 dias</b> tração na compressão diametral kgf/cm <sup>2</sup>	31	28	25	22	20	18	16	15	13
<i>Peças delgadas</i>	<b>Exposição extrema, peças imersas em ambiente agressivo</b>		<b>Exposição severa (2)</b>	<b>Exposição moderada (3)</b>	<b>Estruturas protegidas ( edifícios )</b>				
<i>Grandes dimensões</i>	<b>Exposição extrema, peças imersas em ambiente agressivo</b>			<b>Exposição severa (2)</b>	<b>Exposição moderada (3)</b>	<b>Estruturas protegidas ( edifícios )</b>			

(2) = Concreto em água doce sob pressão ou com molhagem e secagem alternadas.

(3) = Concreto exposto às intempéries ou imerso em água doce.

$$\sigma_{c28} \left( \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \right) = f_{cm28} = \frac{1200}{16^x} ; \quad \sigma_{c7} \left( \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \right) = f_{cm7} = \frac{1200}{28^x}$$

$$\sigma_{\text{tração na flexão}} \left( \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \right) = 1,1 \times \sigma_{ck}^{0,658} = \text{Ensaio de flexão com duas forças}$$

$$\sigma_{\text{tração na compressão diametral}} \left( \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \right) = 0,339 \times \sigma_{ck}^{0,735}$$