



Ministério da Educação
Universidade Federal do Paraná
Setor de Tecnologia
Departamento de Construção Civil

Materiais de Construção II (TC-031)

DOSAGEM DE CONCRETOS

Professores

José de Almendra Freitas Jr. - freitasjose@terra.com.br

Marienne do Rocio de Melo Maron da Costa - mariennemaron@gmail.com

Laila Valduga Artigas - artigas@ufpr.br

Versão 2019

DOSAGEM DE CONCRETOS

Processo para determinar as proporções adequadas dos componentes de um concreto:

Cimento - Agregados - Água - Aditivos - Adições

Inúmeros métodos:

Diversas abordagens para os mesmos tipos de concreto.

IPT/EPUSP, ABCP, ACI ...

Específicos p/ tipos especiais de concretos –

CCR, CAD, CAA, ...

Como os materiais influenciam no concreto ?

Cimento:

Maior consumo acarreta:

- Maior plasticidade
- Maior coesão
- Menor segregação
- Menor exsudação
- Maior calor de hidratação
- Maior retração.

Como os materiais influenciam no concreto ?

Agregado miúdo:

Maior teor acarreta:

- Aumento no consumo de água
- Aumento no consumo de cimento
- Maior plasticidade.

Grãos mais arredondados e lisos acarretam:

- Maior plasticidade.

Grãos lamelares (ou agulhas) acarretam:

- Maiores consumos de cimento e água.

Como os materiais influenciam no concreto ?

Agregado graúdo:

Grãos mais arredondados e lisos acarretam:

- Maior plasticidade
- Menor aderência com a pasta.

Grãos lamelares acarretam:

- Maiores consumos de cimento, água e areia
- Menor resistência do concreto.

Melhores agregados são cúbicos e rugosos.

MÉTODOS

Experimentais:

Partem de alguns parâmetros laboratoriais dos componentes, mas para chegar ao traço final dependem fundamentalmente de experimentos sobre amostras e corpos-de-prova do concreto.

Não experimentais:

Determinam o traço diretamente a partir do levantamento laboratorial das características dos componentes do concreto: granulometria dos agregados, resistência mecânica do cimento, etc.

MÉTODOS

Experimentais:

Estabelecem o traço em função de avaliações da resistência e da trabalhabilidade feitas em laboratório.

São mais eficientes em custos (do concreto), geram um menor desvio-padrão (S_d).

Não experimentais:

Devido a dificuldade de avaliar muitos aspectos dos componentes atuando no conjunto, ocorre uma variação muito grande nos resultados obtidos, implicando em desvio-padrão (S_d) muito alto, elevando custo final do concreto.

Só são aplicáveis em obras pequenas, onde os custos para um método experimental fica muito alto.

NBR 12655:2015

Concreto - Preparo, controle e recebimento

Determinação da resistência de dosagem: f_{cd}

Enquanto não temos referências estatísticas, usamos as condições de preparo do concreto:

a) **Condição A** - aplicável às classes C10 até C80:

O cimento e os agregados são medidos em massa, a água de amassamento é medida em massa ou volume e corrigida em função da umidade dos agregados

NBR 12655:2015

Concreto - Preparo, controle e recebimento

Condições de preparo

b) **Condição B:**

Classes C10 até C25: o cimento medido em massa, a água medida em volume e os agregados medidos em massa ou volume (com controle de umidade e inchamento sempre que for necessário)

Classes C10 até C20: o cimento medido em massa, a água medida em volume e os agregados medidos em volume (com controle de umidade e inchamento 3 x por turno).

NBR 12655:2015

Concreto - Preparo, controle e recebimento

Condições de preparo

c) **Condição C:** Aplicável às classe C10 e C15

O cimento medido em massa, os agregados medidos em volume, a água medida em volume e a sua quantidade é corrigida em função da estimativa da umidade dos agregados e da determinação da consistência do concreto, conforme disposto na NBR 7223.

NBR 12655:2015
Concreto - Preparo, controle e recebimento
Concreto com desvio-padrão desconhecido

Enquanto não temos referências estatísticas, usamos as condições de preparo do concreto:

Condição	S_d - Desvio-padrão (MPa)
A	4
B	5,5
C	7,0

Para condição C, e enquanto não se conhece o desvio-padrão, exige-se para classe C15 o consumo mínimo de 350 kg de cimento por m³.

NBR 12655:2015

Concreto - Preparo, controle e recebimento

Concreto com desvio-padrão conhecido:

Quando o concreto for elaborado com os mesmos materiais, mediante equipamentos similares e sob condições equivalentes, o valor do desvio-padrão S_d deve ser fixado com no mínimo 20 resultados consecutivos obtidos no intervalo de até 30 dias.

Em nenhum caso o S_d pode ser menor que 2 MPa.

NBR 12655:2015

Concreto - Preparo, controle e recebimento

Formação de lotes

A amostragem do concreto para ensaios de resistência à compressão deve ser feita dividindo-se a estrutura em lotes que atendam a todos os limites da tabela.

De cada lote deve ser retirada uma amostra, com número de exemplares de acordo com o tipo de controle.

Limites superiores	Solicitação principal dos elementos da estrutura	
	Compressão ou compressão e flexão	Flexão simples
Volume de concreto	50 m ³	100 m ³
Número de andares	1	1
Tempo de concretagem	3 dias de concretagem	

NBR 12655:2015

Concreto - Preparo, controle e recebimento

Amostragem

As amostras devem ser coletadas aleatoriamente durante a operação de concretagem, conforme a NBR 5750. Cada exemplar é constituído por dois corpos-de-prova da mesma amassada, conforme a NBR 5738, para cada idade de rompimento, moldados no mesmo ato. Toma-se como resistência do exemplar o maior dos dois valores obtidos no ensaio do exemplar.

Tipos de controle da resistência do concreto:

- Controle estatístico do concreto por amostragem parcial
 - Controle do concreto por amostragem total (100%)

NBR 12655:2015

Concreto - Preparo, controle e recebimento

Determinação do Desvio Padrão – S_d :

Quando já temos referências estatísticas, (vinte ou mais concretos consecutivos produzidos em 30 dias), calcular o S_d :

n_i = número de exemplares de cada amostra em questão

$i = 1$ a n , que são os CPs dos concretos.

$$S_d = \sqrt{ \left[\frac{\sum (f_{cm} - f_{ci})^2}{(n - 1)} \right] }^1$$

Conceitos: RESISTÊNCIA DE DOSAGEM: f_{cd}

Resistência Característica do concreto: f_{ck}

f_{ck} = 95% corpos-de-prova romperão com valor \geq definido

f_{cm} = média de resistência dos corpos-de-prova

S_d = Desvio-padrão (*Standard deviation*)

$$S_d = \sqrt{[\Sigma(f_{cm} - f_{ci})^2 / (n - 1)]}$$

f_{cd} = é a resistência para o qual devemos dosar um concreto para que, estatisticamente, esteja assegurado o f_{ck} em função do S_d

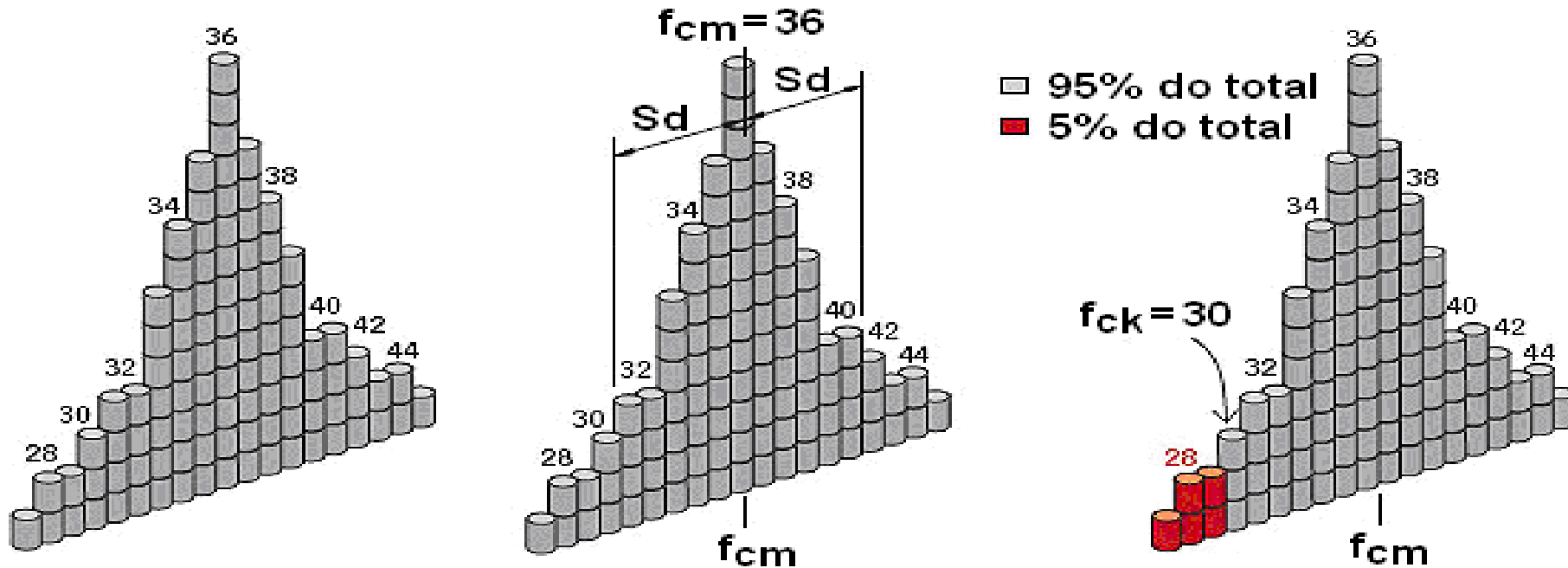
$$f_{cd} = f_{ck} + 1,65 \cdot S_d$$

Valores em MPa - 1 MPa = 10 kgf/cm²

Conceitos:

RESISTÊNCIA CARACTERÍSTICA

Ex.: $f_{ck} = 30$ MPa

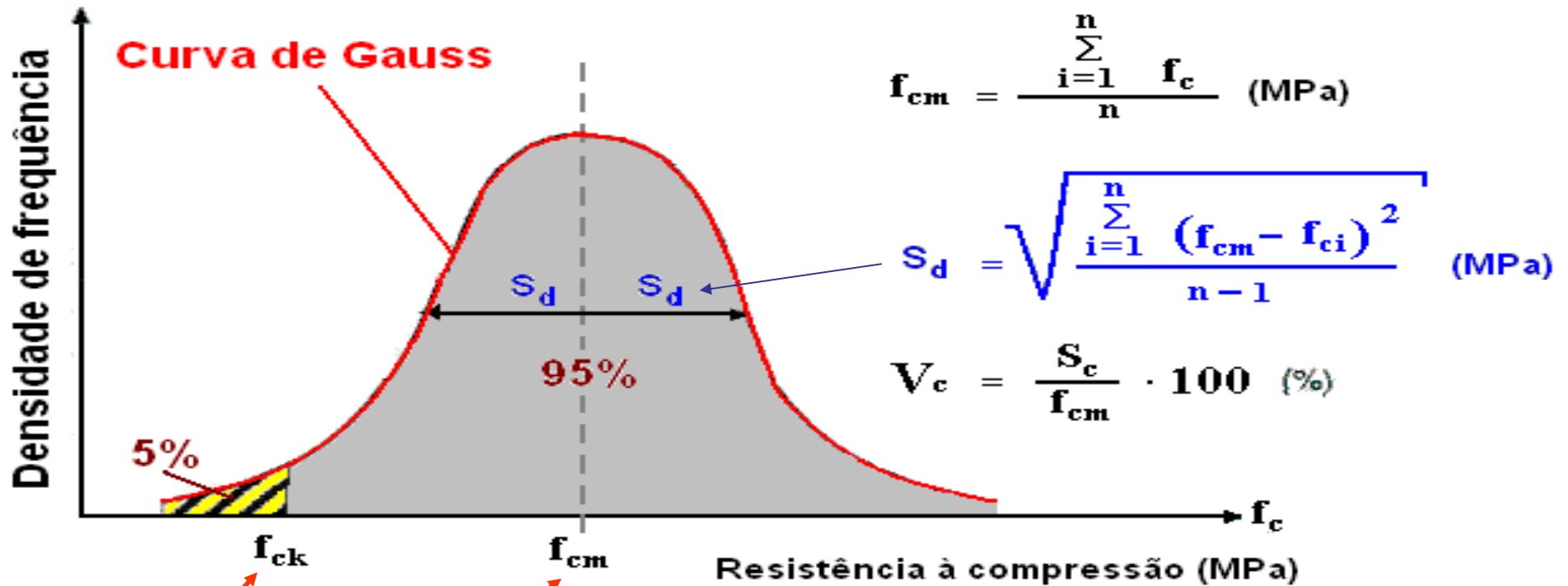


f_{ck} = 95% corpos-de-prova romperão com valor \geq definido

f_{cm} = média de resistência dos corpos-de-prova

Conceitos:

f_{ck} , f_{cm} e S_d



f_{ck} = 95% corpos-de-prova romperão com valor \geq definido

f_{cm} = média de resistência dos corpos-de-prova

Método IPT/EPUSP

Manual de Dosagem e Controle do Concreto

Prof. Paulo Helene e Paulo Terzian

São Paulo, 1993

Ed. Pini.



Método IPT/EPUSP

Consistência desejada:

Valor em milímetros do ensaio de abatimento do tronco de cone, escolhido em função do tipo de transporte e dificuldade de aplicação do concreto.

Elemento estrutural	ABATIMENTO em mm	
	Pouco armada	Muito armada
Laje	$\leq 60 \pm 10$ mm	$\leq 70 \pm 10$ mm
Viga e parede armada	$\leq 60 \pm 10$ mm	$\leq 80 \pm 10$ mm
Pilar do edifício	$\leq 60 \pm 10$ mm	$\leq 80 \pm 10$ mm
Paredes de fundação, Sapatas e tubulões	$\leq 60 \pm 10$ mm	$\leq 70 \pm 10$ mm

(Helene/Terzian, 1993)

P/ concreto bombeado a consistência deve estar entre 70 e 100 mm.

Método IPT/EPUSP

Dimensão Máxima Característica (DMC) do agregado graúdo:

Determinada pelo construtor, limitada no projeto estrutural :

NBR 6118/2014:

DMC do agregado graúdo utilizado no concreto não pode superar em 20% a espessura nominal do cobrimento.

$$DMC \leq 1,2 \times \text{Espessura de cobrimento}$$

Método IPT/EPUSP

Determinação das britas a serem usadas:

Brita de tamanho maior tem, em geral, custo inferior.

Britas comuns são: brita 2 (DMC=25 mm)

brita 1 (DMC=19 mm)

brita 0 (DMC=12,5 mm)

Verifica-se se qual o maior tamanho possível de brita podemos usar, atendendo as limitações da DMC.

Para minimizar os vazios entre os grãos usa-se uma mistura de britas quando é admissível pela DMC.

Método IPT/EPUSP

Determinação da mistura de britas:

Usamos o método previsto na NBR NM 45:2006, p/ determinação da Massa Unitária no estado compactado seco, de diversas misturas entre as britas, até encontrarmos a proporção de maior densidade.

Volume do recipiente = 15,05 dm³

Proporção Brita 2/ Brita 1 (%) (%)	Peso de Brita 2 (kg)	Peso de Brita 1 (kg)	Acréscimo de Brita 1 (kg)	Massa líquida no recipiente (kg)	M.U. Compactada (kg/dm ³)
100 / 0	30,0	-	-	24,2	1,609
90 / 10	30,0	3,33	3,33	24,5	1,629
80 / 20	30,0	7,50	4,17	24,8	1,648
70 / 30	30,0	12,86	5,36	25,4	1,689 *
60 / 40	30,0	20,00	7,14	25,4	1,689
50 / 50	30,0	30,00	10,00	25,4	1,689

A mistura 70/30 (Brita 1/Brita 2) é a mais indicada por obter a maior MU compactada, com menor % de Brita 1.

Método IPT/EPUSP

Determinação da mistura de britas – Cálculos da tabela:

$$\text{Massa total} = \text{Massa Brita 1} + \text{Massa Brita 2}$$

$$\text{Massa Brita 2} = 30 \text{ kg}$$

$$\text{Massa Total} = 30 \text{ kg} / \text{Fração de Brita 2}$$

$$\text{Massa de Brita 1} = \text{Massa Total} - \text{Massa de Brita 2}$$

Exemplo: B2/B1 = 80/20

$$\text{Massa total} = \text{Massa Brita 1} + \text{Massa Brita 2}$$

$$\text{Massa Brita 2} = 30 \text{ kg}$$

$$\text{Massa Total} = 30 / 0,8 = 37,50 \text{ kg}$$

$$\text{Massa de Brita 1} = 37,50 - 30 = 7,50 \text{ kg}$$

Método IPT/EPUSP

Determinação das mistura de britas:



Determinação M. U. compactada da mistura de britas.



Mistura compactada sofrendo arrasamento

Método IPT/EPUSP

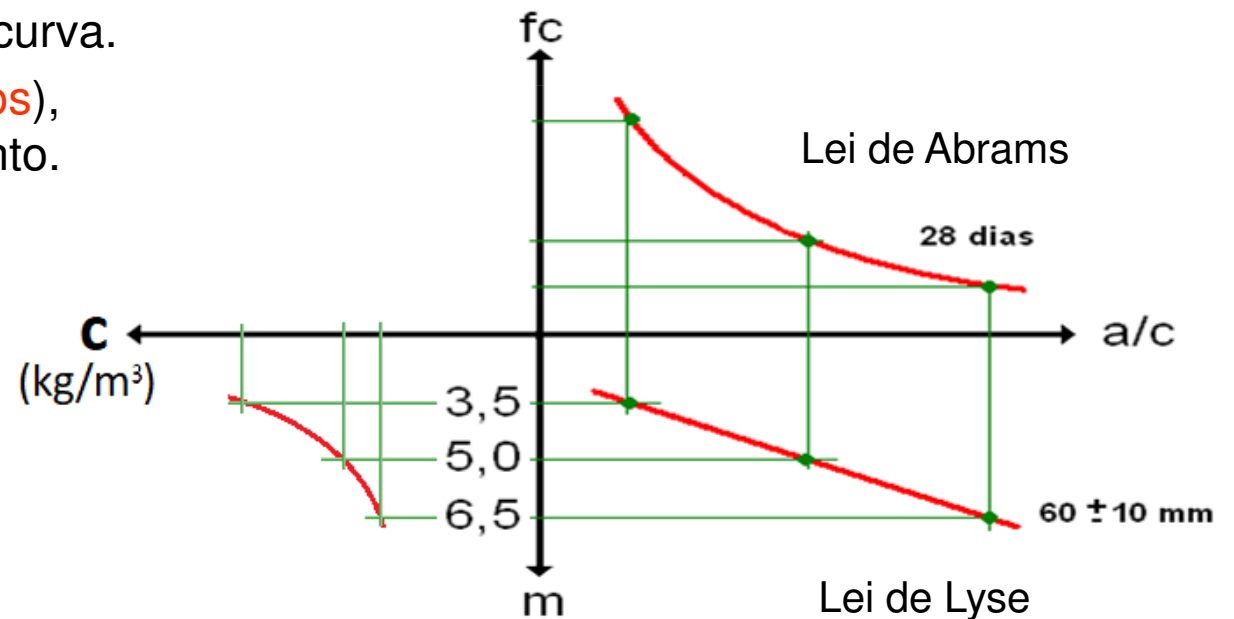
ESTUDO EXPERIMENTAL

Para estabelecer experimentalmente o comportamento de um concreto, já conhecendo os materiais que usaremos (cimento, brita e areia), precisaremos estabelecer a sua correlação própria entre o f_{cd} e o fator água/cimento.

A correlação é determinada por uma curva.

Precisamos de **três** pontos, (**três traços**), fixando o valor do ensaio de abatimento.

Traços: Base = **1: 5,0**
 Rico = **1: 3,5**
 Pobre = **1: 6,5**



Método IPT/EPUSP

TEOR DE ARGAMASSA

Para determinar, quanto será de graúdo e quanto de miúdo, precisamos saber para o nosso agregado o “teor ideal de argamassa”.

Argamassa = agregado miúdo + cimento

O teor ideal de argamassa é o % necessário p/ preencher os vazios entre as pedras dos agregados graúdos.

Cada agregado graúdo tem o seu “teor ideal”.

Usando teor abaixo do ideal, teremos vazios no concreto prejudicando sua resistência mecânica.

Usando teor superior ao ideal, a argamassa estará “sobrando”, e estaremos desperdiçando cimento.

Método IPT/EPUSP

TEOR DE ARGAMASSA – α

Para um traço **1 : a : p**

(**1** kg cimento, **a** kg de agregado miúdo e **p** kg de agregado graúdo)

$$\alpha = (1 + a) / (1 + a + p)$$

p = peso de pedra brita no traço

a = peso de areia no traço

Determinamos o teor ideal, usando o traço 1: 5 ($m = a + p = 5$)

Método IPT/EPUSP

TEOR DE ARGAMASSA – α

Tabela para a determinação do teor ideal (usando traço 1:5):

ABATIMENTO DETERMINADO : mm
QUANT. AGREGADO GRAÚDO: Brita 1 : kg
 Brita 2 : kg
 30 kg

(Helene/Terzian, 1993)

Teor de argamassa (%)	Traço 1 : a : p			Quantidade areia (Kg)		Quantidade cimento (Kg)		Quantidade água (kg)			Abatimento (mm)
				Massa total	Acréscimo de areia	Massa total	Acréscimo de cimento	Massa total	Acréscimo de água	Relação a/c	
35	1	1,10	3,90	8,46		7,69					
37	1	1,22	3,78	9,68	1,22	7,94	0,24				
39	1	1,34	3,66	10,98	1,30	8,20	0,26				
41	1	1,46	3,54	12,37	1,39	8,47	0,28				
43	1	1,58	3,42	13,86	1,49	8,77	0,30				
45	1	1,70	3,30	15,45	1,59	9,09	0,32				
47	1	1,82	3,18	17,17	1,72	9,43	0,34				
49	1	1,94	3,06	19,02	1,85	9,80	0,37				
51	1	2,06	2,94	21,02	2,00	10,20	0,40				
53	1	2,18	2,82	23,19	2,17	10,64	0,43				
55	1	2,30	2,70	25,56	2,36	11,11	0,47				
57	1	2,42	2,58	28,14	2,58	11,63	0,52				
59	1	2,54	2,46	30,98	2,84	12,20	0,57				
61	1	2,66	2,34	34,10	3,13	12,82	0,63				
63	1	2,78	2,22	37,57	3,47	13,51	0,69				
65	1	2,90	2,10	41,43	3,86	14,29	0,77				



$$a + p = 5,0 \quad \alpha = 35\%$$

$$(1 + a) / (1 + a + p) = 0,35$$

$$a = 0,35 \times (1 + 5,0) - 1 = 0,35 \times 6 - 1 = 1,10$$

$$p = 5,0 - 1,10 = 3,90$$

$$\text{Cimento} = 30 / p = 30 / 3,90 = 7,69 \text{ kg}$$

$$\text{Areia} = 7,69 \times a = 7,69 \times 1,10 = 8,46 \text{ kg}$$

$$a + p = 5,0 \quad \alpha = 41\%$$

$$(1 + a) / (1 + a + p) = 0,41$$

$$a = 0,41 \times (1 + 5,0) - 1 = 0,41 \times 6 - 1 = 1,46$$

$$p = 5,0 - 1,46 = 3,54$$

$$\text{Cimento} = 30 / p = 30 / 3,54 = 8,47 \text{ kg}$$

$$\text{Areia} = 8,47 \times a = 8,47 \times 1,46 = 12,36 \text{ kg}$$

$$a + p = 5,0 \quad \alpha = 49\%$$

$$(1 + a) / (1 + a + p) = 0,49$$

$$a = 0,49 \times (1 + 5,0) - 1 = 0,49 \times 6 - 1 = 1,94$$

$$p = 5,0 - 1,94 = 3,06$$

$$\text{Cimento} = 30 / p = 30 / 3,06 = 9,80 \text{ kg}$$

$$\text{Areia} = 9,80 \times a = 9,80 \times 1,94 = 19,02 \text{ kg}$$

$$a + p = 5,0 \quad \alpha = 51\%$$

$$(1 + a) / (1 + a + p) = 0,51$$

$$a = 0,51 \times (1 + 5,0) - 1 = 0,51 \times 6 - 1 = 2,06$$

$$p = 5,0 - 2,06 = 2,94$$

$$\text{Cimento} = 30 / p = 30 / 2,94 = 10,20 \text{ kg}$$

$$\text{Areia} = 10,20 \times a = 10,20 \times 2,06 = 21,02 \text{ kg}$$

Método IPT/EPUSP

Tabela **deve ser usada da seguinte forma:**

- Sempre trabalhando com o **traço 1:5, vamos variando a % de argamassa**, com a quantidade de agregado graúdo fixa, até que este valor seja exatamente o necessário para preencher os vazios do agregado graúdo.
- **Simultaneamente** vamos **adicionando água para obter** o valor do **abatimento desejado**.
- **Iniciamos com % de argamassa baixo** (35% ?) e vamos adicionando cimento e areia até atender as condições que indicam que atingimos o teor ideal de argamassa.
- Inicialmente **imprimamos a betoneira**. Este procedimento é para “sujar” a betoneira com argamassa e não perdermos argamassa durante o nosso estudo desta forma.

Método IPT/EPUSP

Tabela **deve ser usada da seguinte forma:**

- Após pesar e lançar os primeiros materiais na betoneira, deve-se **mistura-los durante cinco minutos**, com uma parada intermediária para a limpeza das pás da betoneira.
- Para a introdução dos materiais de modo individual dentro da betoneira, deve-se obedecer a seguinte ordem: água (80%), agregado graúdo (100%), agregado miúdo (100%), cimento (100%); restante de água e aditivo se houver.
- Após este procedimento, são **realizados os acréscimos sucessivos de argamassa na mistura**, através do lançamento de cimento e areia constantes das colunas de “acréscimos” da tabela de determinação do teor de argamassa. A quantidade de agregado graúdo na mistura não é alterada.
- Com a betoneira desligada, colocar em um carrinho de mão todo o material, inclusive o aderido nas pás e superfície interna.

Método IPT/EPUSP

Condições que indicam que atingimos o teor ideal:

- Passar a colher de pedreiro sobre a superfície do concreto fresco, introduzir dentro da massa e levantar no sentido vertical. Verificar se a superfície exposta está com vazios, indicando a falta de argamassa



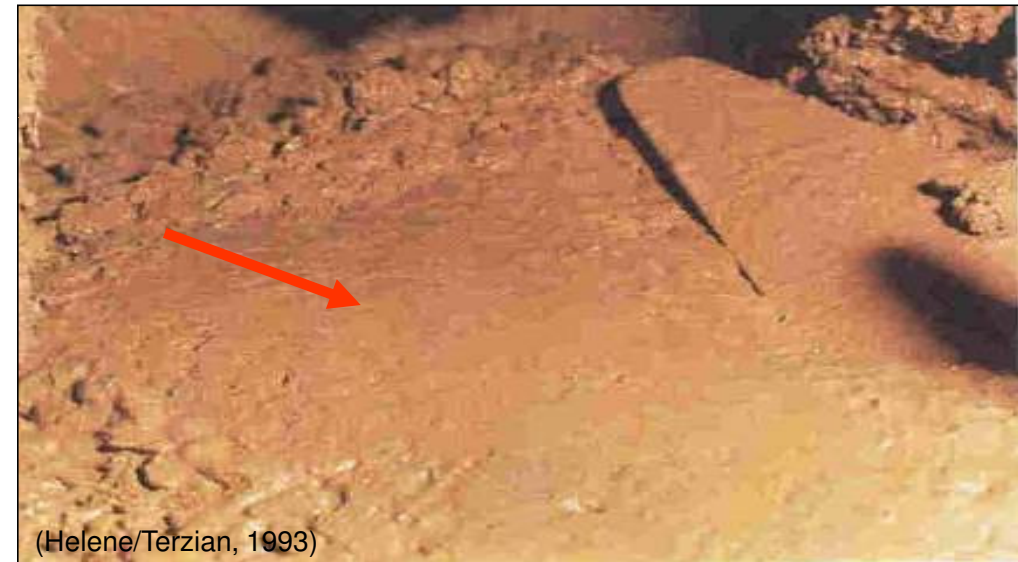
Método IPT/EPUSP

Condições que indicam que atingimos o teor ideal:

- Passar a colher de pedreiro sobre a superfície do concreto fresco, introduzir dentro da massa e levantar no sentido vertical. Verificar se a superfície exposta está com vazios, indicando a falta de argamassa.



Aparência da mistura com superfície áspera pela falta de argamassa



Superfície com o teor ideal de argamassa, após nivelamento a superfície está compacta, sem vazios.

Método IPT/EPUSP

Condições que indicam que atingimos o teor ideal:

- Introduzir a colher de pedreiro no concreto e retirar uma parte do mesmo, levantando-o. Com o material nesta posição, verificar se há desprendimento do agregado graúdo da massa, o que indica falta de argamassa. Soltar então o concreto que está sobre a colher e verificar se o mesmo cai de modo compacto e homogêneo, o que indica o teor de argamassa adequado.

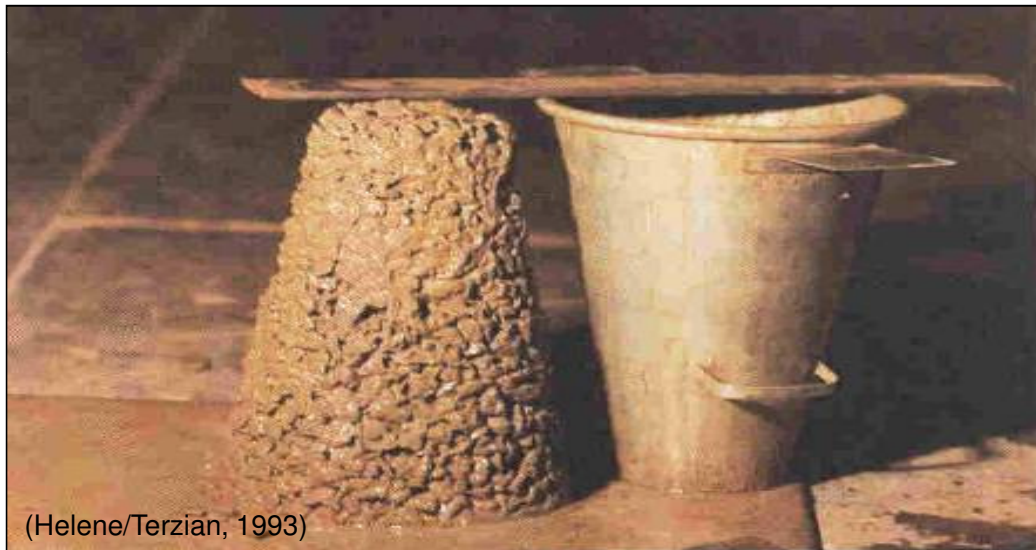


(Helene/Terzian, 1993)

Método IPT/EPUSP

Condições que indicam que atingimos o teor ideal:

- Para misturas sem vazios na superfície e sem desprendimento de agregados e queda do concreto de modo homogêneo e compacto, deve-se determinar o abatimento do tronco de cone.
- Observar, no tronco de cone, se a superfície lateral está compacta, sem apresentar vazios, indicando bom teor de argamassa.



Superfície porosa - falta de argamassa

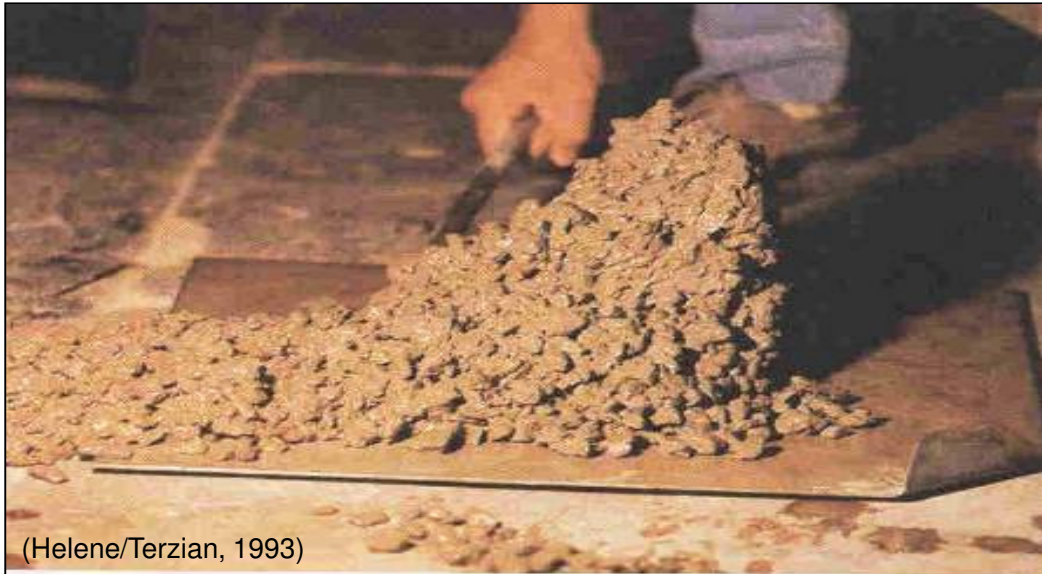


Superfície compacta, sem vazios, indicando o teor ideal de argamassa.

Método IPT/EPUSP

Condições que indicam que atingimos o teor ideal:

- Após o ensaio de abatimento, com o concreto no formato de tronco de cone, bater na lateral inferior do mesmo com o a haste de socamento, objetivando sua queda. Se ocorrer de modo homogêneo, sem desprendimento de porções, indica que o concreto está com o teor de argamassa considerado bom.



Agregados graúdos desprendendo da massa
– argamassa abaixo do ideal

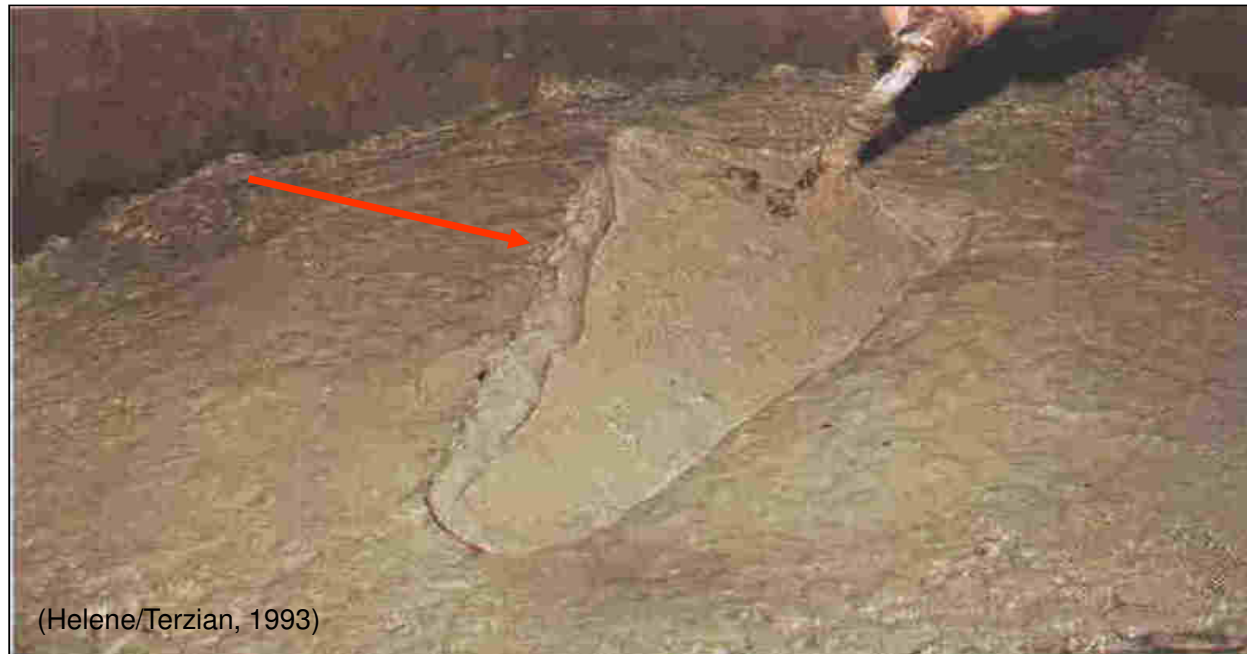


Concreto coeso, sem o desprendimento de agregados
graúdos

Método IPT/EPUSP

Condições que indicam que atingimos o teor ideal:

- Aspecto do concreto final, com o teor de argamassa mais as perdas. Observa-se o pequeno excesso de argamassa ficando retido na superfície da colher, após a sua movimentação na superfície da massa.



Método IPT/EPUSP

Condições que indicam que atingimos o teor ideal:

- Outra observação é se ao redor da base de concreto com formato de tronco de cone aparece uma camada de água oriunda da mistura. Esta ocorrência evidencia que há tendência de exsudação de água nesta mistura por falta de finos, que pode ser corrigida com mudança na granulometria da areia ou aumentando o teor de argamassa.
- O teor final depende ainda de um fator externo que é a possibilidade de perda de argamassa no processo de transporte e lançamento (principalmente a quantidade retida na forma e armadura, e quando se utiliza bica de madeira). Este valor em processos usuais pode ser estimado em 2 a 4 % de perdas.

Método IPT/EPUSP

Condições que indicam que atingimos o teor ideal:

- Em concretos com teor superior ao ideal, pode-se verificar o excesso passando a colher tangencialmente à superfície. Observa-se um pequeno excesso de argamassa ficando retido na colher.



Método IPT/EPUSP

CONCRETO 1:5:

Com o % argamassa (teor ideal + perdas), realizar uma nova mistura com o traço 1:5,0, determinando:

- Traço obtido - $1 : a : p$
- Relação a/c , necessária p/ o abatimento especificado
- Resultado do **abatimento** obtido
- **Massa específica** do concreto fresco (ensaio próprio)

Moldar então os **corpos-de-prova** (10 x 20 cm), p/ **rupturas**:

3 dias (1 CP), 7 dias (1 CP), 28 dias (2 CP), 63 dias (2 CP), 91 dias (1 CP)

Método IPT/EPUSP

Podemos determinar o consumo de cimento por m³ de concreto usando a Massa Específica do concreto fresco:

CONSUMO DE CIMENTO:

Usual em métodos experimentais

Fórmula de Molinari

$$C = \frac{ME}{1 + a + p + a/c}$$

ME = massa/volume



Consumo de cimento – **C** – Fórmula de Molinari:

ME em tf/m³ e **C** em tf de cimento por m³ de concreto

Método IPT/EPUSP

CONSUMO DE CIMENTO:

Podemos determinar o consumo de cimento por m³ de concreto usando as massas específicas dos materiais que compõe o concreto:

C calculado a partir dos volumes ocupados pelos componentes do concreto

Usual em métodos não experimentais

$$C = \frac{1000 - (1000 \times \% \text{ ar} / 100)}{\frac{1}{Y_c} + \frac{a/c}{Y_{\text{água}}} + \frac{a}{Y_{\text{areia}}} + \frac{p}{Y_{\text{brita}}}}$$

Ensaíos

Y_c : Massa Específica do cimento ($\approx 3,05$ a $3,15$ tf/m³)

$Y_{\text{água}}$: Massa Específica da água (=1 tf/m³)

Y_{areia} : Massa Específica da areia ($\approx 2,6$ a $3,0$ tf/m³)

Y_{brita} : Massa Específica da brita ($\approx 2,5$ a $2,7$ tf/m³)

ar % : porcentual de ar incorporado ao concreto ($\approx 1,5$ a $2,0\%$)

Consumo de cimento – C em kgf de cimento por m³ de concreto

ENSAIOS SOBRE OS MATERIAIS:

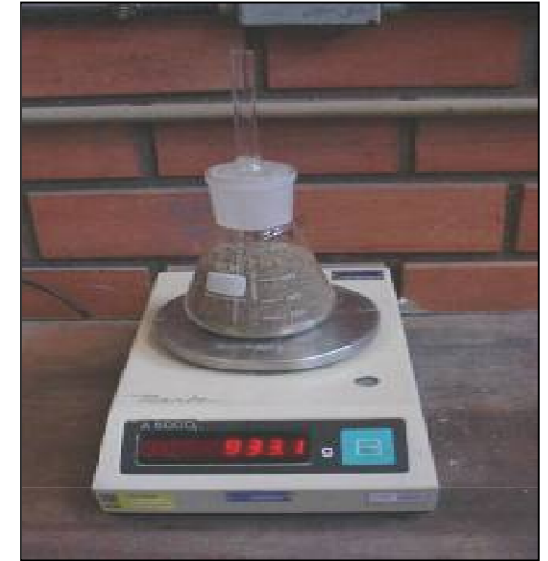
M.E. Cimento

γ_c - Frasco de "Le Chatelier"

Balança



M.E. ou γ_{areia}
Picnômetro



Medidor de % de Ar incorporado

M.E. ou γ_{brita}
Balança hidrostática



Método IPT/EPUSP

MOLDAGEM DOS CORPOS-DE-PROVA



Preenchimento dos
moldes

CPs protegidos
por filme plástico
24 h



(ITAMBÉ - Idécio)



(José Freitas Jr.)

Câmara de imersão
até
o dia da ruptura

Método IPT/EPUSP

TRAÇO AUXILIAR RICO (1:3,5)

Com os mesmos materiais e mesmo o teor de argamassa confeccionamos o concreto 1:3,5.

Traços 1:3,5
para os diferentes %
de argamassa:

Teor de argamassa (%)	Traço Rico 1 : 3,5 1 : a : p			Massa Cimento (kg)	Massa Areia (kg)	Massa Brita (kg)
35	1	0,58	2,93	10,3	5,9	30
37	1	0,67	2,84	10,6	7,0	30
39	1	0,76	2,75	10,9	8,3	30
41	1	0,85	2,66	11,3	9,5	30
43	1	0,94	2,57	11,7	10,9	30
45	1	1,03	2,48	12,1	12,4	30
47	1	1,12	2,39	12,6	14,0	30
49	1	1,21	2,30	13,1	15,8	30
51	1	1,30	2,21	13,6	17,6	30
53	1	1,39	2,12	14,2	19,6	30
55	1	1,48	2,03	14,8	21,9	30
57	1	1,57	1,94	15,5	24,3	30
59	1	1,66	1,85	16,3	26,9	30
61	1	1,75	1,76	17,1	29,8	30
63	1	1,84	1,67	18,0	33,1	30
65	1	1,93	1,58	19,0	36,7	30

(Helene/Terzian, 1993)



$$\begin{cases} a + p = 3,5 & \alpha = 35\% \\ (1 + a) / (1 + a + p) = 0,35 \\ a = 0,35 \times (1 + 3,5) - 1 = 0,35 \times 4,5 - 1 = 0,58 \\ p = 3,5 - 0,58 = 2,93 \\ \text{Cimento} = 30 / p = 30 / 2,93 = 10,3 \text{ kg} \\ \text{Areia} = 10,3 \times a = 10,3 \times 0,58 = 5,9 \text{ kg} \end{cases}$$

$$\begin{cases} a + p = 3,5 & \alpha = 47\% \\ (1 + a) / (1 + a + p) = 0,47 \\ a = 0,47 \times (1 + 3,5) - 1 = 0,47 \times 4,5 - 1 = 1,12 \\ p = 3,5 - 1,12 = 2,39 \\ \text{Cimento} = 30 / p = 30 / 2,39 = 12,6 \text{ kg} \\ \text{Areia} = 12,6 \times a = 12,6 \times 1,12 = 14,0 \text{ kg} \end{cases}$$

$$\begin{cases} a + p = 3,5 & \alpha = 51\% \\ (1 + a) / (1 + a + p) = 0,51 \\ a = 0,51 \times (1 + 3,5) - 1 = 0,51 \times 4,5 - 1 = 1,30 \\ p = 3,5 - 1,30 = 2,21 \\ \text{Cimento} = 30 / p = 30 / 2,21 = 13,6 \text{ kg} \\ \text{Areia} = 13,6 \times a = 13,6 \times 1,30 = 17,6 \text{ kg} \end{cases}$$

Método IPT/EPUSP

TRAÇO AUXILIAR POBRE (1:6,5)

Com os mesmos materiais e mesmo o teor de argamassa confeccionamos o concreto 1:6,5.

Traços 1:6,5
para os diferentes %
de argamassa:

Teor de Argamassa (%)	Traço Pobre 1 : 6,5 1 : a : p			Massa Cimento (kg)	Massa Areia (kg)	Massa Brita (kg)
35	1	1,63	4,88	6,2	10,0	30
37	1	1,78	4,73	6,3	11,3	30
39	1	1,93	4,58	6,6	12,6	30
41	1	2,08	4,43	6,8	14,1	30
43	1	2,23	4,28	7,0	15,6	30
45	1	2,38	4,13	7,3	17,3	30
47	1	2,53	3,98	7,5	19,1	30
49	1	2,68	3,83	7,8	21,0	30
51	1	2,83	3,68	8,2	23,1	30
53	1	2,98	3,53	8,5	25,3	30
55	1	3,13	3,38	8,9	27,8	30
57	1	3,28	3,23	9,3	30,5	30
59	1	3,43	3,08	9,8	33,4	30
61	1	3,58	2,93	10,3	36,7	30
63	1	3,73	2,78	10,8	40,3	30
65	1	3,88	2,63	11,4	44,3	30

(Helene/Terzian, 1993)



$$\begin{cases} a + p = 6,5 & \alpha = 35\% \\ (1 + a) / (1 + a + p) = 0,35 \end{cases}$$
$$a = 0,35 \times (1 + 6,5) - 1 = 0,35 \times 7,5 - 1 = 1,63$$
$$p = 6,5 - 1,63 = 4,88$$
$$\text{Cimento} = 30 / p = 30 / 4,88 = 6,2 \text{ kg}$$
$$\text{Areia} = 6,2 \times a = 6,2 \times 1,63 = 10,0 \text{ kg}$$

$$\begin{cases} a + p = 6,5 & \alpha = 47\% \\ (1 + a) / (1 + a + p) = 0,47 \end{cases}$$
$$a = 0,47 \times (1 + 6,5) - 1 = 0,47 \times 7,5 - 1 = 2,53$$
$$p = 6,5 - 2,53 = 3,98$$
$$\text{Cimento} = 30 / p = 30 / 3,98 = 7,5 \text{ kg}$$
$$\text{Areia} = 7,5 \times a = 7,5 \times 2,53 = 19,1 \text{ kg}$$

$$a + p = 6,5 \quad \alpha = 51\%$$
$$(1 + a) / (1 + a + p) = 0,51$$
$$a = 0,51 \times (1 + 6,5) - 1 = 0,51 \times 7,5 - 1 = 2,83$$
$$p = 6,5 - 2,83 = 3,68$$
$$\text{Cimento} = 30 / p = 30 / 3,68 = 8,2 \text{ kg}$$
$$\text{Areia} = 8,2 \times a = 8,2 \times 2,83 = 23,1 \text{ kg}$$

Método IPT/EPUSP

TRAÇOS AUXILIARES RICO (1:3,5) e POBRE (1:6,5):

Produzir os concretos 1:3,5 e 1:6,5 atendendo ao mesmo abatimento.

Determinar também para cada um:

Traço obtido - 1 : a : p

- Relação a/c , necessária p/ o abatimento especificado
- Resultado do **abatimento** obtido
- **Massa específica** do concreto fresco (ensaio próprio)

Moldar p/ cada os **corpos-de-prova** (10 x 20 cm), p/ **rupturas**:

3 dias (1 CP), 7 dias (1 CP), 28 dias (2 CP), 63 dias (2 CP), 91 dias (1 CP)

QUANTIDADES DE ÁGUA PARA OS TRAÇOS AUXILIARES 1:3,5 e 1:6,5:

Pode-se estimar as quantidades de água necessárias aos traços rico e pobre, baseando-se na quantidade de água utilizada no traço 1:5 e na lei de Lyse, considerando que os três traços tem a mesma consistência (H).

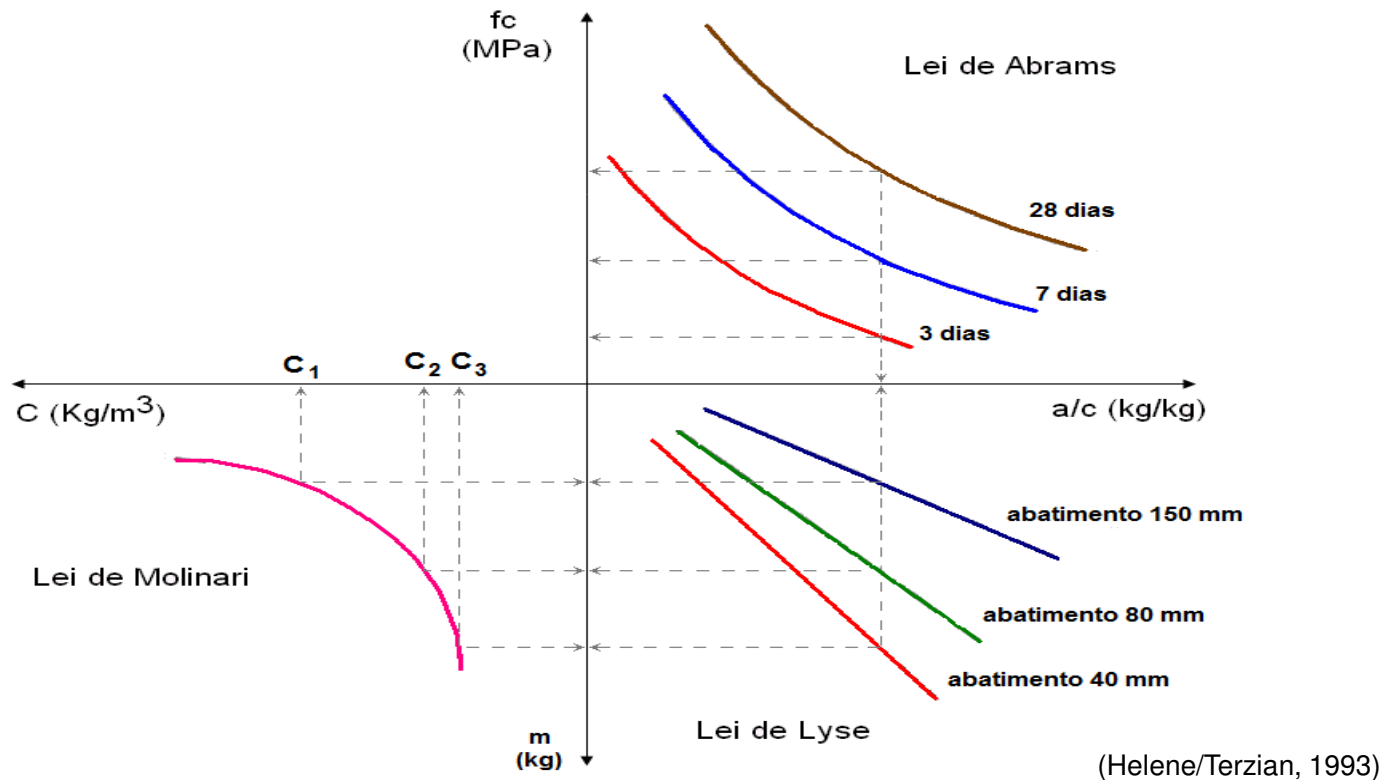
$$H = \frac{a/c}{1 + m}$$

Igualando-se os H dos traços auxiliares (1:3,5 e 1:6,5) com o H do traço base (1:5), obtém-se um valor aproximado dos a/c.

Método IPT/EPUSP

DIAGRAMA DE DOSAGEM:

Montar a tabela com os dados obtidos de cada um dos concretos:
 m (3,5; 5,0 ou 6,5), a/c , C e f_c p/ cada idade.

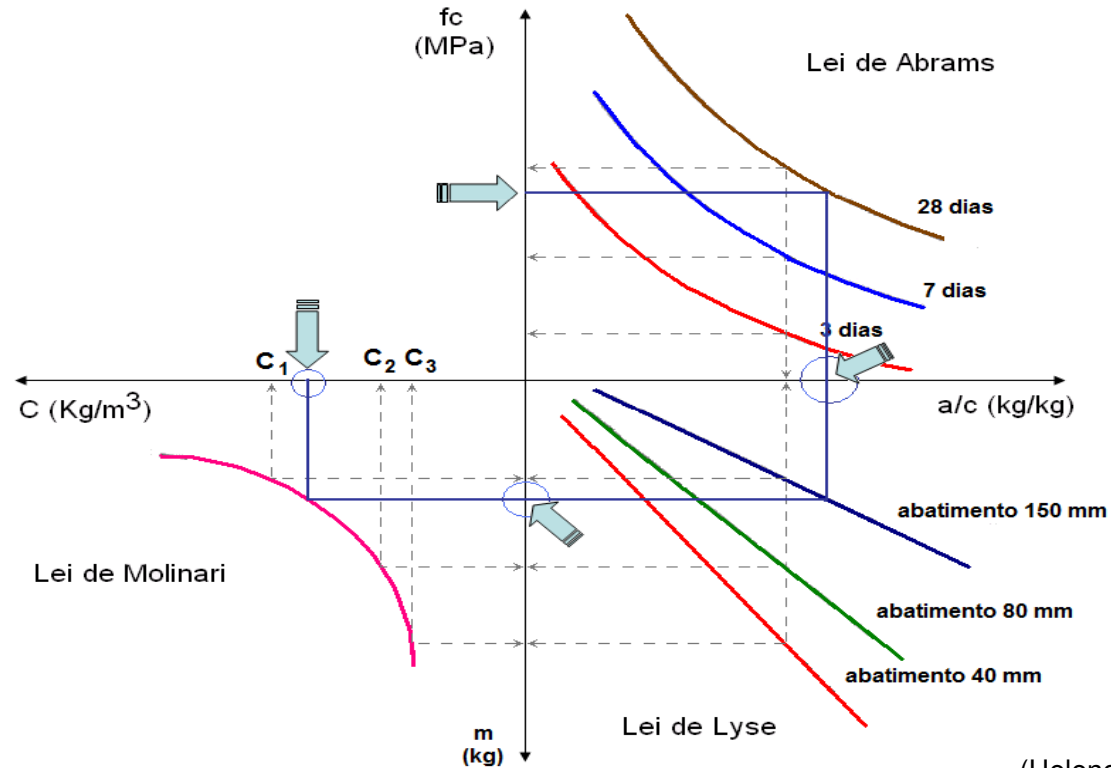


Método IPT/EPUSP

TRAÇO DESEJADO:

O traço para o f_{ck} desejado é obtido do gráfico de correlações.

Não é recomendável fazer extrapolações das curvas.



(Helene/Terzian, 1993)

Método IPT/EPUSP

Agressividade x Concreto

As **NBR-6118 (2014)** e **NBR-12655 (2015)** limitam valores para f_{ck} , a/c e consumo de cimento conforme a agressividade do meio ambiente.

Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto

Concreto	Tipo	Classe de agressividade (tabela 1)			
		I	II	III	IV
Relação água/aglomerante em massa	CA	$\leq 0,65$	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,45$
	CP	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,50$	$\leq 0,45$
Classe de concreto (NBR 8953)	CA	$\geq C20$	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C40$
	CP	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C35$	$\geq C40$
Consumo de cimento por m ³ de concreto (kg/m ³)		≥ 260	≥ 280	≥ 320	≥ 360

NOTAS: CA Componentes e elementos estruturais de concreto armado
 CP Componentes e elementos estruturais de concreto protendido

Método IPT/EPUSP

NBR-6118 (2014)

Classes de agressividade ambiental em função das condições de exposição

Macro-clima	Micro-clima			
	Ambientes internos		Ambientes externos e obras em geral	
	Seco ¹⁾ UR ≤ 65%	Úmido ou ciclos ²⁾ de molhagem e secagem	Seco ³⁾ UR ≤ 65%	Úmido ou ciclos ⁴⁾ de molhagem e secagem
Rural	I	I	I	II
Urbana	I	II	I	II
Marinha	II	III	-----	III
Industrial	II	III	II	III
Especial ⁵⁾	II	III ou IV	III	III ou IV
Respingos de maré	-----	-----	-----	IV
Submersa ≥ 3m	-----	-----	-----	I
Solo	-----	-----	não agressivo I	úmido e agressivo II, III ou IV

1) Salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura.

2) Vestiários, banheiros, cozinhas, lavanderias industriais e garagens.

3) Obras em regiões de clima seco, e partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos.

4) Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

5) Macro clima especial significa ambiente com agressividade bem conhecida, que permite definir a classe de agressividade III ou IV nos ambientes úmidos. Se o ambiente for seco, deve ser considerada classe de agressividade II nos ambientes internos e classe de agressividade III nos externos.

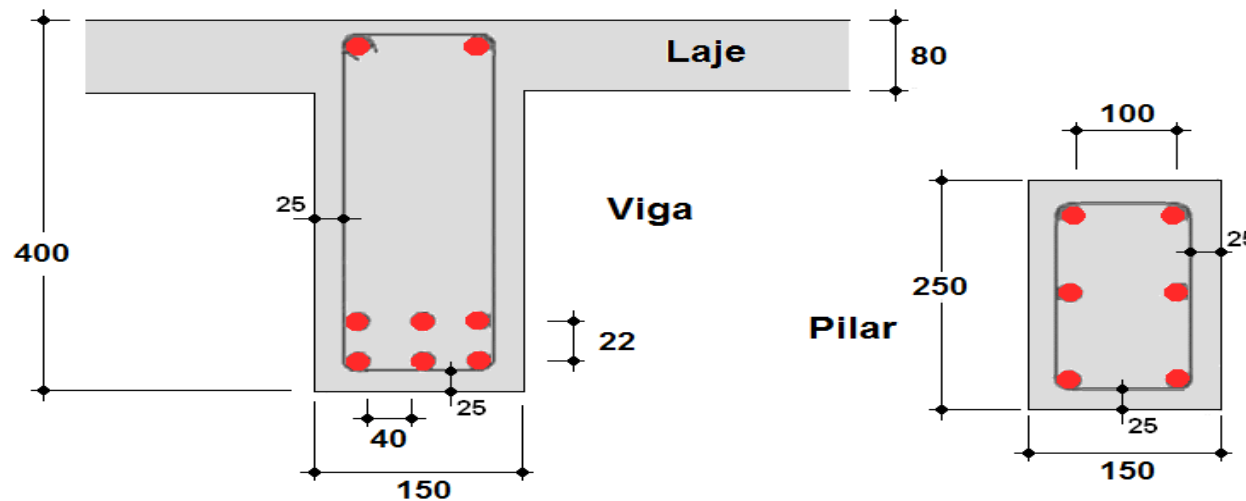
Método IPT/EPUSP

EXEMPLO: Projeto Estrutural - $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$

Estrutura com peças protegidas e sem risco de condensação de umidade.

$DMC \leq 1,2$ cobrimento nominal = $1,2 \times 25 = 30 \text{ mm}$

brita 2 - **DMC = 25 mm**



(Helene/Terzian, 1993)

Método IPT/EPUSP

EXEMPLO:

Cimento CP V - ARI

Adensamento com vibrador por imersão.

Lançamento convencional, sem bomba –

Abatimento 60 ± 10 mm

Produção de concreto dentro da Condição A da

NBR 12655:2015 - **$S_d = 4$ MPa**

Limites para o a/c pela durabilidade (**NBR-6118**) –

Ambiente Classe II – **$a/c \leq 0,60$** **$f_{ck} \geq 25$ MPa**

Método IPT/EPUSP

EXEMPLO:

RESISTÊNCIA DE DOSAGEM - f_{cd}

$$f_{cd} = f_{ck} + 1,65 \cdot S_d$$

$$f_{cd} = 25 + 1,65 \cdot 4 = 32 \text{ MPa}$$

Método IPT/EPUSP

Determinação da brita:

É possível utilizar brita 2, portanto usaremos uma mistura Brita 1 + Brita 2.

Usaremos o resultado da otimização 70/30. Brita 2/Brita 1.

Determinação do teor de argamassa ideal:

$$\begin{cases} a + p = 5,0 \\ \alpha = (1 + a) / (1 + a + p) \end{cases}$$

$$\text{Teor de argamassa \%} = \alpha \times 100$$

Método IPT/EPUSP

Determinação do teor de argamassa ideal:

Primeira tentativa:

Teor de argamassa = 35 %, $\alpha = 0,35$, Traço 1:1,10:3,90

Areia = 8,46 kg Cimento = 7,69 kg Brita = 30 kg (B2/B1)

Água, arbitramos c/ a/c baixo, ex.: 0,50 finalidade de procurar o abatimento desejado, podemos acrescentar água e não retirar.

Água = 3,90 kg (litros).

A ideia é chegar ao abatimento com o menor consumo de cimento possível. Mistura na betoneira por 5 minutos.

Verificações após a mistura: claramente “falta” argamassa

Abatimento obtido = 20 mm.

$$\begin{cases} a + p = 5,0 & \alpha = 35\% \\ (1 + a) / (1 + a + p) = 0,35 \end{cases}$$

$$a = 0,35 \times (1 + 5,0) - 1 = 0,35 \times 6 - 1 = 1,10$$

$$p = 5,0 - 1,10 = 3,90$$

$$\text{Cimento} = 30 / p = 30 / 3,90 = 7,69 \text{ kg}$$

$$\text{Areia} = 7,69 \times a = 7,69 \times 1,10 = 8,46 \text{ kg}$$

Método IPT/EPUSP

Determinação do teor de argamassa ideal:

Segunda tentativa:

Como o teor ficou muito aquém do ideal, passarmos direto para 41 % .

Teor de argamassa = 41 %, $\alpha = 0,41$, Traço 1:1,46:3,54

Acréscimos

Areia = $12,36 - 8,46 = + 3,90 \text{ kg}$ **cimento** = $8,47 - 7,69 = 0,78 \text{ kg}$

Aumentamos água um pouco a, para aumentar o abatimento.

Acréscimo de água = **+ 0,5 kg**, 4,4 kg (litros)

Verificações após a mistura: **ainda há carência de argamassa.**

Abatimento obtido = 40 mm.

$$\begin{cases} a + p = 5,0 & \alpha = 41\% \\ (1 + a) / (1 + a + p) = 0,41 \end{cases}$$

$$a = 0,41 \times (1 + 5,0) - 1 = 0,41 \times 6 - 1 = 1,46$$

$$p = 5,0 - 1,46 = 3,54$$

$$\text{Cimento} = 30 / p = 30 / 3,54 = 8,47 \text{ kg}$$

$$\text{Areia} = 8,47 \times a = 8,46 \times 1,46 = 12,36 \text{ kg}$$

Método IPT/EPUSP

Determinação do teor de argamassa ideal:

Terceira tentativa:

Como o teor de argamassa ficou ainda baixo, pulamos para 49 %.

Teor de argamassa = 49 %, $\alpha = 0,49$, Traço 1:1,94:3,06

Acréscimos

Areia = 19,02 - 12,36 = + 6,66 kg **cimento = 9,80 - 8,47 = + 1,33 kg**

Aumentamos um pouco a água, p/ aumentar o abatimento.

Acréscimo de água = + 0,4 kg, totalizando 4,8 kg (litros).

Verificações após a mistura: **Teor de argamassa OK !!!**

Abatimento obtido = 70 mm. (60 + 10 mm - Ok).

Teor ideal de argamassa é de 49 %.



$$\begin{cases} a + p = 5,0 & \alpha = 49\% \\ (1 + a) / (1 + a + p) = 0,49 \end{cases}$$

$$a = 0,49 \times (1 + 5,0) - 1 = 0,49 \times 6 - 1 = 1,94$$

$$p = 5,0 - 1,94 = 3,06$$

$$\text{Cimento} = 30 / p = 30 / 3,06 = 9,80 \text{ kg}$$

$$\text{Areia} = 9,80 \times a = 9,80 \times 1,94 = 19,02 \text{ kg}$$

Método IPT/EPUSP

Inclusão da porcentagem de perdas da argamassa:

Perda de argamassa no transporte e aplicação : 2 %.

Teor de argamassa: $49+2= 51$ %, $\alpha = 0,51$, Traço 1:2,06:2,94

Acréscimo de areia = $21,02 - 19,02 = + 2,0$ kg

Acréscimo de cimento = $10,20 - 9,80 = + 0,40$ kg

Mantemos a mesma quantidade de água: + 4,8 kg

Verificações após a mistura: OK

Abatimento = 60 mm.

C/ o material na horizontal não é possível “ver” nenhuma pedra isolada, todas estão imersas na argamassa.

$$\begin{cases} a + p = 5,0 & \alpha = 51\% \\ (1 + a) / (1 + a + p) = 0,51 \end{cases}$$

$$a = 0,51 \times (1 + 5,0) - 1 = 0,51 \times 6 - 1 = 2,06$$

$$p = 5,0 - 2,06 = 2,94$$

$$\text{Cimento} = 30 / p = 30 / 2,94 = 10,20 \text{ kg}$$

$$\text{Areia} = 10,20 \times a = 10,20 \times 2,06 = 21,02 \text{ kg}$$

Método IPT/EPUSP

ABATIMENTO DETERMINADO :
 QUANT. AGREGADO GRAÚDO:

60	mm
Brita 1 :	9,00 kg 30 %
Brita 2 :	21,00 kg 70 %
	30 kg

Teor de argamassa (%)	Traço 1 : a : p			Quantidade areia (Kg)		Quantidade cimento (Kg)		Quantidade água (kg)			Abatimento (mm)
				Massa total	Acréscimo de areia	Massa total	Acréscimo de cimento	Massa total	Acréscimo de água	Relação a/c	
35	1	1,10	3,90	8,46		7,69		3,9	3,9		20
37	1	1,22	3,78	9,68	1,22	7,94	0,24				
39	1	1,34	3,66	10,98	1,30	8,20	0,26				
41	1	1,46	3,54	12,37	1,39	8,47	0,28	4,4	+0,5		40
43	1	1,58	3,42	13,86	1,49	8,77	0,30				
45	1	1,70	3,30	15,45	1,59	9,09	0,32				
47	1	1,82	3,18	17,17	1,72	9,43	0,34				
49	1	1,94	3,06	19,02	1,85	9,80	0,37	4,8	+0,4		70
51	1	2,06	2,94	21,02	2,00	10,20	0,40	4,8	-	0,47	60
53	1	2,18	2,82	23,19	2,17	10,64	0,43				
55	1	2,30	2,70	25,56	2,36	11,11	0,47				
57	1	2,42	2,58	28,14	2,58	11,63	0,52				
59	1	2,54	2,46	30,98	2,84	12,20	0,57				
61	1	2,66	2,34	34,10	3,13	12,82	0,63				
63	1	2,78	2,22	37,57	3,47	13,51	0,69				
65	1	2,90	2,10	41,43	3,86	14,29	0,77				

T.Ideal
+ perdas

Método IPT/EPUSP

TRAÇO 1:5

Traço 1 : 2,06 : 2,94 - a/c = 4,8 / 10,20 = 0,47

ME = 35,70 / 15 = 2,38 kg/dm³

Consumo de cimento: $C = ME / (1 + a + p + a/c)$

$C = 2,38 / (1 + 2,06 + 2,94 + 0,47) = 0,368$ t ou 368 kg por m³ de concreto.

C = 368 kg

Consumo de água: Água = C x a/c

Água = 368 x 0,47 = 172 litros por m³ de concreto

Moldar os **corpos-de-prova** (10 x 20 cm), p/ rupturas: 3 dias (1 CP),

7 dias (1 CP), 28 dias (2 CP), 63 dias (2 CP), 91 dias (1 CP)

Método IPT/EPUSP



Betoneira



Abatimento de tronco de cone “*slump test*”

Método IPT/EPUSP



Determinação da Massa Específica

Método IPT/EPUSP



Preparação dos CPs



Ruptura dos CPs

NBR 5739 – Rompendo-se diversos CPs do mesmo concreto, considera-se o resultado de maior valor.

Método IPT/EPUSP

TRAÇO AUXILIAR 1:3,5

Traço com $\alpha = 0,51$; 1 : 1,30 : 2,20

Areia = 17,72 kg Cimento = 13,63 kg Brita = 30 kg (B2/B1)

Por tentativas, medindo o abatimento, vamos acrescentando água até alcançar o abatimento desejado.

Mistura na betoneira por 5 minutos.

Abatimento obtido: 60 mm com 4,8 litros de água

Calcula-se então o $a/c = 0,35$

Mede-se a Massa Específica e molda-se os corpos-de-prova.

Método IPT/EPUSP

TRAÇO AUXILIAR 1:3,5 - 1 : 1,30 : 2,20 - Teor de argamassa 51%

$a/c = 4,8 / 13,63 = 0,35$ Abatimento obtido: 60 mm

Mede-se a massa específica do concreto ME para obter o Consumo de Cimento C.

$$ME = 35,85 / 15 = 2,39 \text{ kg/dm}^3$$

Consumo de cimento: $C = ME / (1 + a + p + a/c)$

$$C = 2,39 / (1 + 1,30 + 2,20 + 0,35) = 0,493 \text{ t ou } 493 \text{ kg por m}^3$$

Consumo de água = $C \cdot a/c = 173$ litros

Corpos-de-prova (10 x 20 cm), p/ rupturas: 3 dias (1 CP),
7 dias (1 CP), 28 dias (2 CP), 63 dias (2 CP), 91 dias (1 CP).

Método IPT/EPUSP

TRAÇO AUXILIAR 1:6,5

Traço com $\alpha = 0,51$; 1 : 2,83 : 3,67

Areia = 23,12 kg Cimento = 8,17 kg Brita = 30 kg (B2/B1)

Por tentativas, medindo o abatimento, vamos acrescentando água até alcançar o abatimento desejado.

Mistura na betoneira por 5 minutos.

Abatimento obtido: 60 mm com 4,8 litros de água

Calcula-se então o $a/c = 4,8 / 8,17 = 0,59$

Mede-se a Massa Específica e molda-se os corpos-de-prova.

Método IPT/EPUSP

TRAÇO AUXILIAR 1:6,5 - 1 : 2,83 : 3,67 – Teor de argamassa = 51%

a/c = 0,59 Abatimento obtido: 60 mm

Mede-se a massa específica do concreto ME para obter o Consumo de Cimento **C**.

$$ME = 35,40 / 15 = 2,37 \text{ kg/dm}^3$$

Consumo de cimento: $C = ME / (1 + a + p + a/c)$

$$C = 2,37 / (1 + 2,83 + 3,67 + 0,59) = 0,293 \text{ t ou } 293 \text{ kg por m}^3$$

Consumo de água = $C \cdot a/c = 173$ litros

Corpos-de-prova (10 x 20 cm), p/ rupturas: 3 dias (1 CP),
7 dias (1 CP), 28 dias (2 CP), 63 dias (2 CP), 91 dias (1 CP).

Método IPT/EPUSP

Resultados Obtidos para os três concretos:

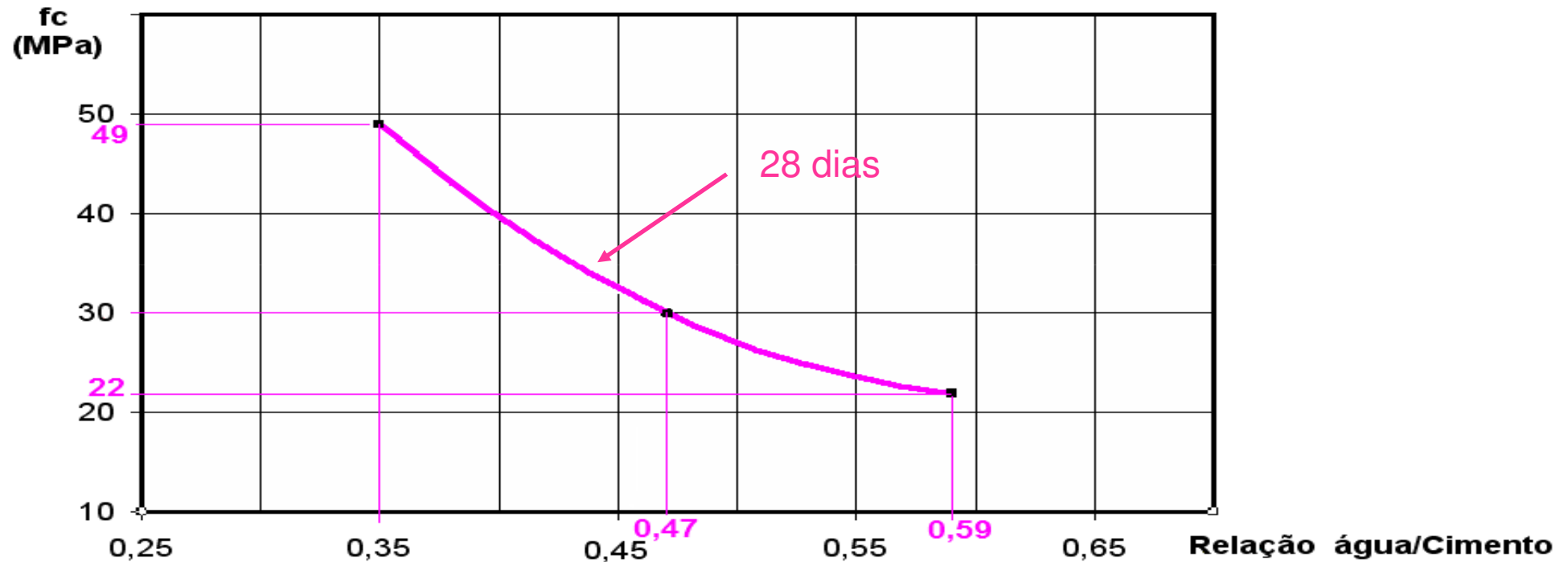
	Traço rico	Traço base	Traço pobre
m	3,5	5	6,5
α	0,51	0,51	0,51
a	1,30	2,06	2,83
p	2,21	2,94	3,68
a/c	0,35	0,47	0,59
ME	2,390 kg/l	2,380 kg/l	2,370 kg/l
C	493 kg/m ³	368 kg/m ³	293 kg/m ³
Água	172 l/m ³	173 l/m ³	173 l/m ³
fc 28	49 MPa	30 MPa	22 MPa

Lei de Lyse: mesmos consumos de água por m³ de concreto devido ao mesmo abatimento devido ao MF dos materiais serem muito semelhantes nos três concretos

Método IPT/EPUSP

Diagrama de Dosagem

Correlação:
 $f_c \times a/c$ – "Lei de Abrams"

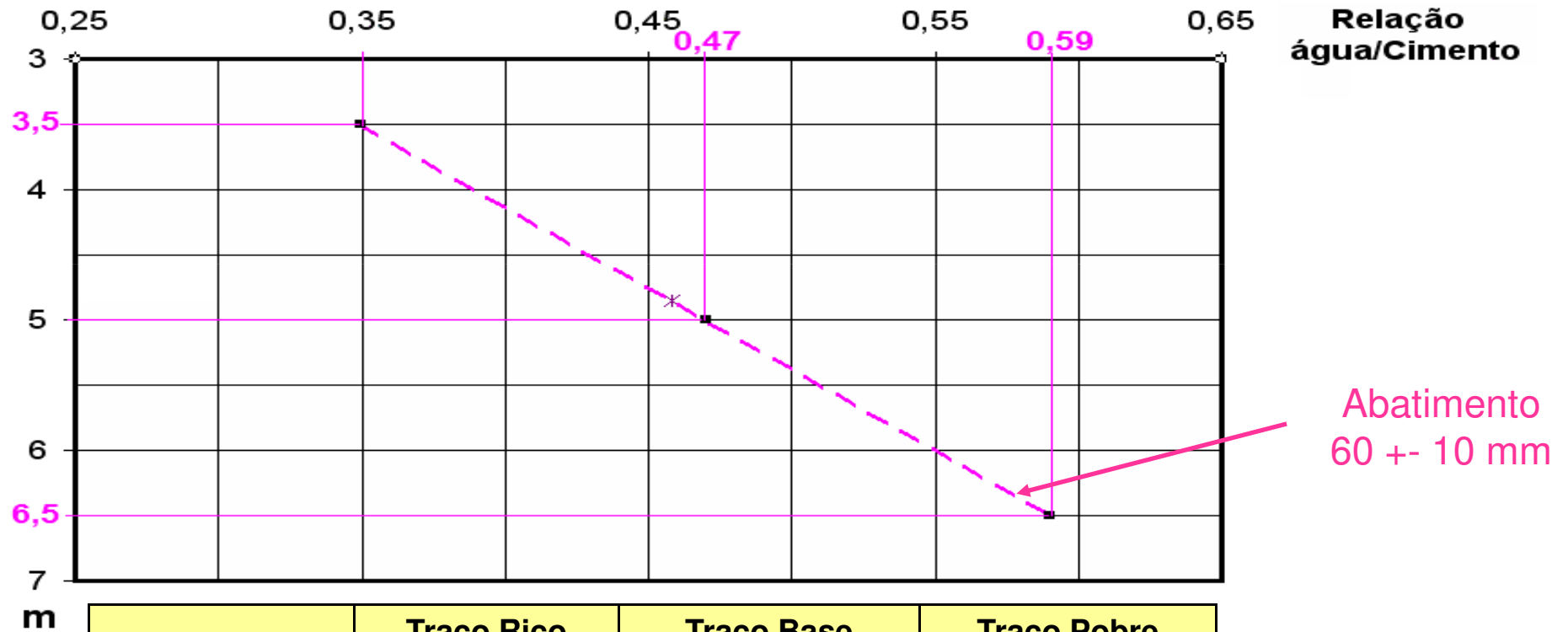


	Traço Rico	Traço Base	Traço Pobre
$f_{c_{28}}$	49 MPa	30 MPa	22 MPa
a/c	0,35	0,47	0,59

Método IPT/EPUSP

Diagrama de Dosagem

Correlação:
a/c x m - "Lei de Lyse"



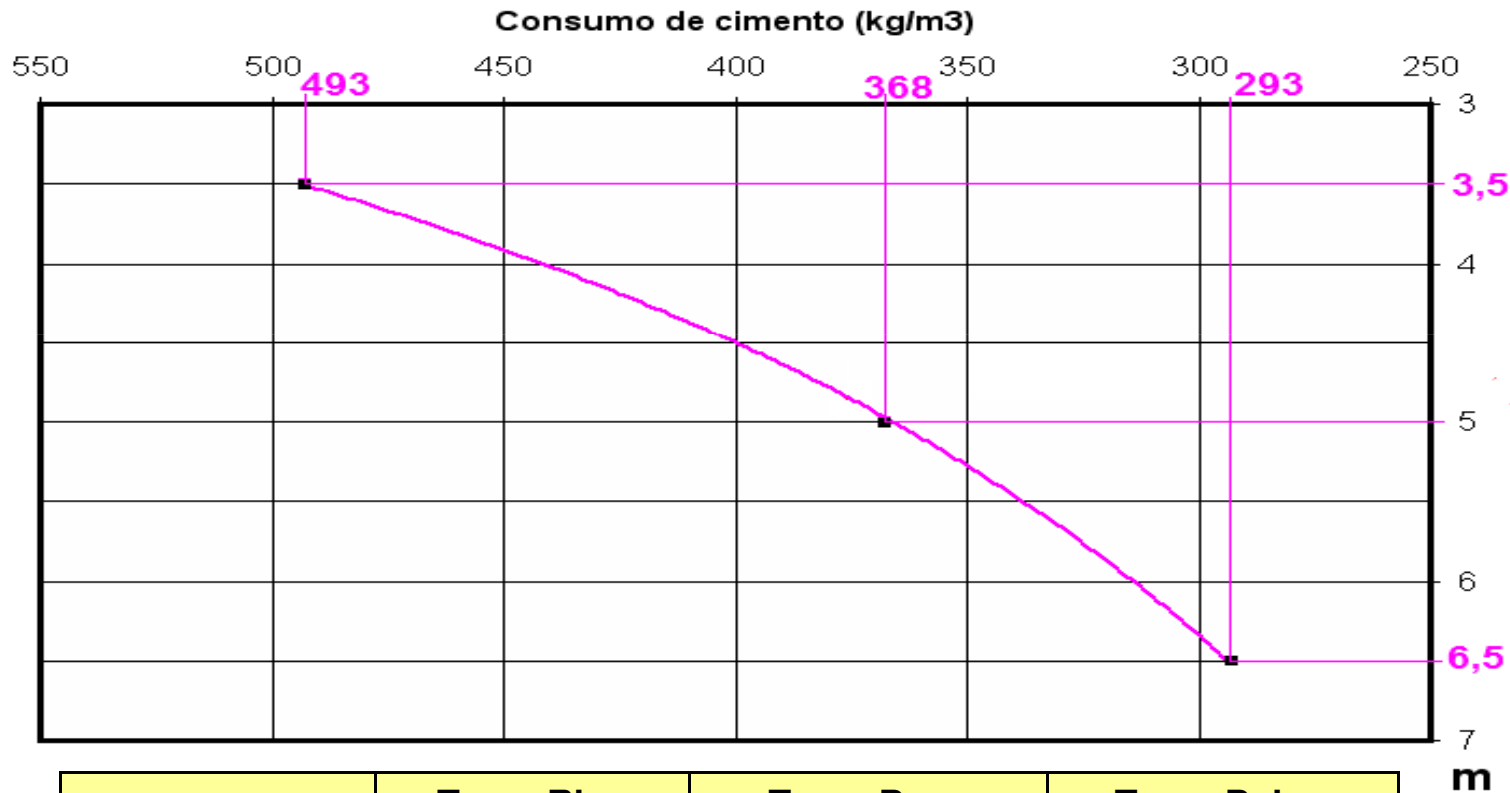
	Traço Rico	Traço Base	Traço Pobre
a/c	0,35	0,47	0,59
m	3,5	5	6,5



Método IPT/EPUSP

Diagrama de Dosagem

Correlação:
m x C - “Lei de Molinari”



	Traço Rico	Traço Base	Traço Pobre
m	3,5	5	6,5
c	493 kg/m ³	368 kg/m ³	293 kg/m ³

Método IPT/EPUSP

Utilizando o Diagrama de Dosagem:

Para o $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$ e $S_d = 4 \text{ MPa}$

$$f_{cd} = 25 + 1,65 \times 4 = 32 \text{ MPa}$$

com o diagrama $f_c \times a/c$, com 32 MPa

obtemos $a/c = 0,46$

com o diagrama $a/c \times m$, obtemos $m = 4,85$

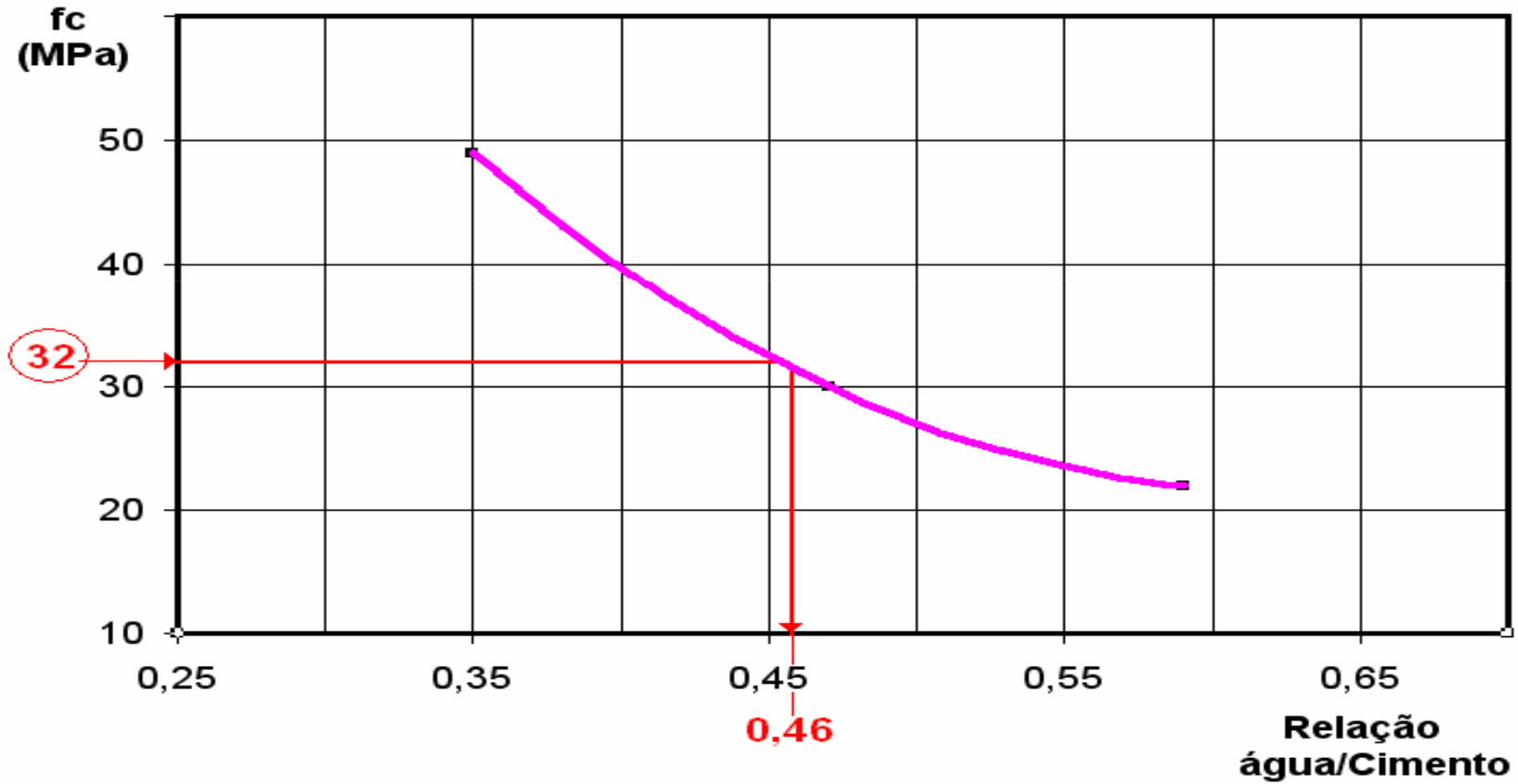
$\alpha = 0,51$ (teor ideal + 2% de perdas)

$$\left\{ \begin{array}{l} a + p = 4,85 \\ \frac{1 + a}{1 + a + p} = 0,51 \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} a = 1,98 \\ p = 2,87 \end{array}$$

com o diagrama $m \times C$, obtemos $C = 375 \text{ kg/m}^3$

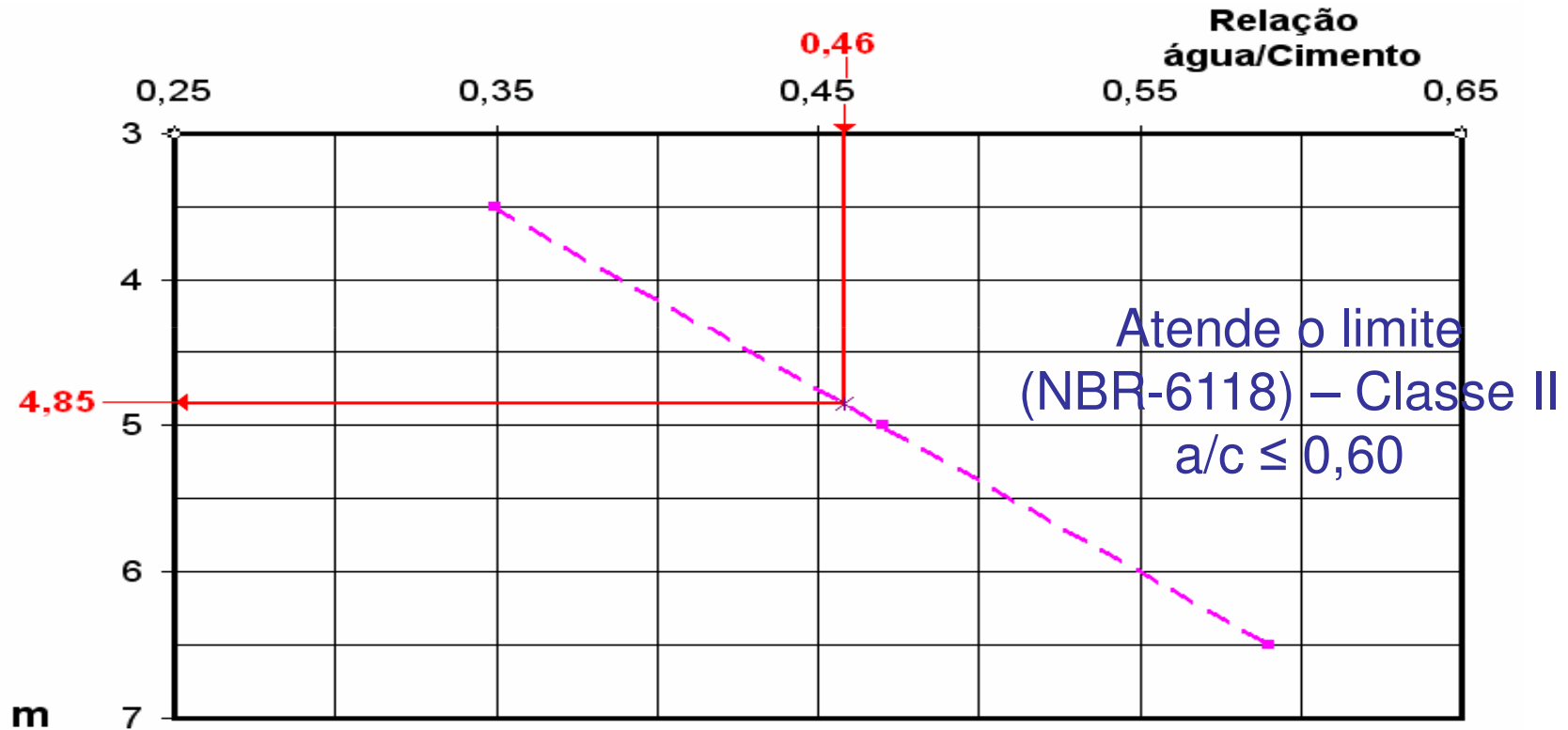
Método IPT/EPUSP

Correlação:
 $f_c \times a/c$ – “Lei de Abrams”



Método IPT/EPUSP

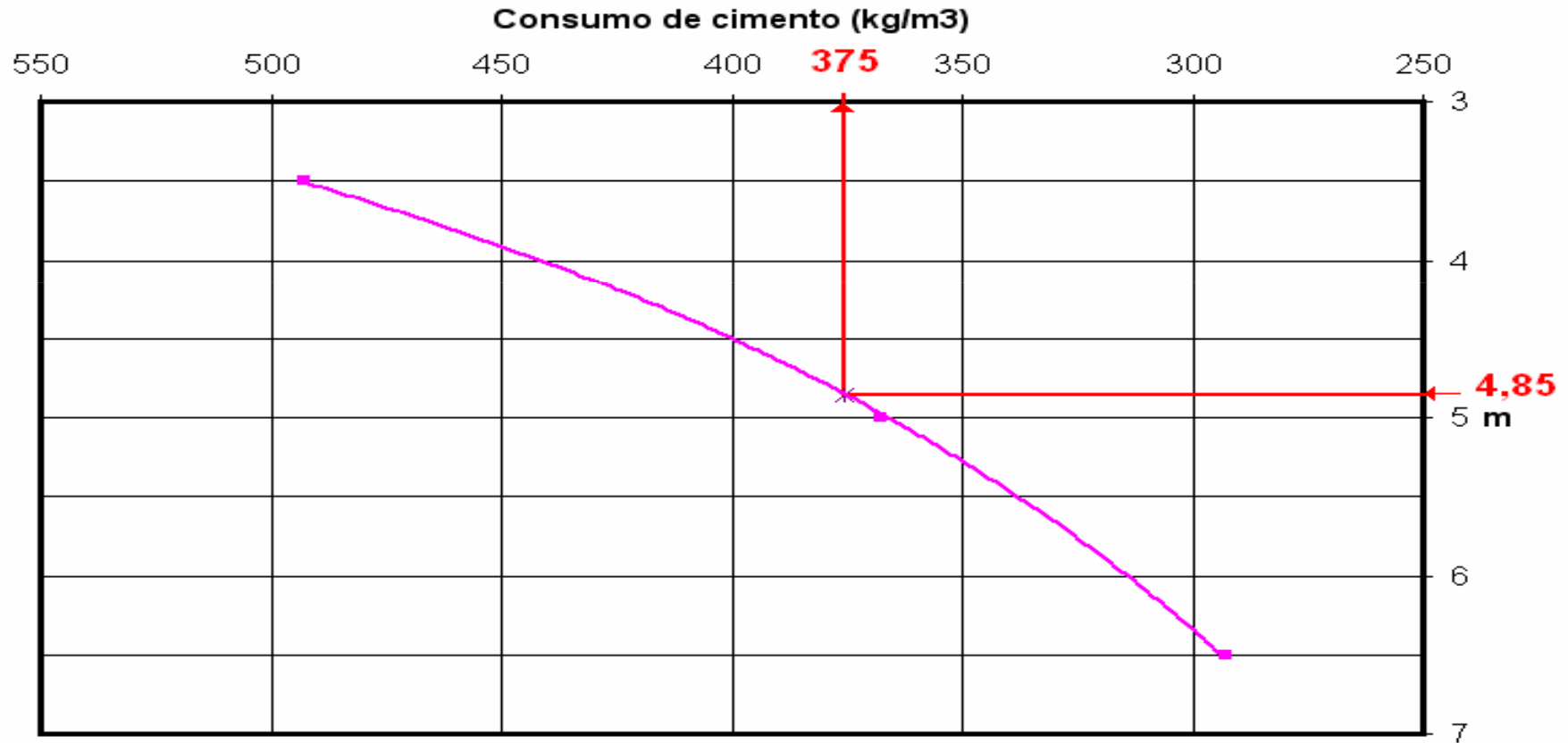
Correlação:
a/c x m - "Lei de Lyse"



Se o a/c obtido pelo f_{cd} ultrapassar o limite da NBR-6118, utilizar o valor limite. O m e o a/c serão reduzidos e automaticamente teremos um f_{cd} maior.

Método IPT/EPUSP

Correlação:
m x C - "Lei de Molinari"



Método IPT/EPUSP

Resultado:

Para $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$... $S_d = 4 \text{ MPa}$... $f_{cd} = 32 \text{ MPa}$

Cimento CP V ARI - Britas 2 / 1 70% / 30%

Abatimento = $60 \pm 10 \text{ mm}$

$m = 4,85$... Traço: **1 : 1,98 : 2,87** $a/c = 0,46$

Consumo de **cimento: 375 kg/m³**

Consumo de **água: 375 x 0,46 = 172,5 l/m³**

Consumo de **areia: 375 x 1,98 = 743 kg/m³**

Consumo de **britas (70/30) : 375 x 2,87 = 1.076 kg/m³**

Correções e transformações:

Correção do peso devido a umidade:

$$h_{\%} = [(P_h - P_s) / P_s] \cdot 100$$

$$P_h = P_s \cdot (1 + h_{\%} / 100)$$

Consumo de agregado corrigido:

$$P_h = P_s \cdot (1 + h_{\%} / 100)$$

Transformação de massa para volume:

$$\text{Volume} = \text{massa} / \text{M.U.}$$

Cálculo dos custos do concreto:

Consumos para 1 m³ de concreto:

Cimento: 375 kg Areia: 743 kg Brita: 1.076 kg

Cimento: R\$ 370,00 por tonelada

$$0,375 \times 370 = \text{R\$ } 138,75$$

Areia: R\$ 45,00 por m³

umidade (ensaio) h=3,5%

$$\text{Correção da massa} = 0,743 \times 1,035 = 0,769 \text{ t}$$

$$\text{Massa Unitária da areia (ensaio)} = 1,44$$

$$\text{Volume de areia} = 0,769/1,44 = 0,534 \text{ m}^3$$

$$0,534 \times 45 = \text{R\$ } 24,03$$

Cálculo dos custos do concreto:

Consumos para 1 m³ de concreto:

Cimento: 375 kg Areia: 743 kg Brita: 1.076 kg

Brita: R\$ 40,00 por m³

umidade (ensaio) $h=2,1\%$

Correção da massa = $1,076 \times 1,021 = 1,099$ t

Massa Unitária da brita (ensaio) = 1,52

Volume de brita = $1,099/1,52 = 0,723$ m³

$0,723 \times 40 = \text{R\$ } 28,92$

Cálculo dos custos do concreto:

Custo para 1 m³ de concreto:

Cimento: R\$ 138,75

Areia: R\$ 24,03

Brita: R\$ 28,92

R\$ 191,70

Correção da água:

Para não aumentar a a/c:

Água na areia úmida ($h=3,5\%$): $769 - 743 = 26$ litros

Água na brita úmida ($h=2,1\%$): $1099 - 1076 = 23$ litros

$$26 + 23 = 49 \text{ litros}$$

Água total: $a/c \times C = 0,46 \times 375 = 172,5$ litros

Água líquida a ser colocada na betoneira

$$172,5 - 49 = 123,5 \text{ litros}$$

Método IPT/EPUSP

Produção de concreto:

$f_{ck,est}$ = resistência característica estimada
 S_c = desvio-padrão, resultado da produção
 S_d = desvio padrão de dosagem adotado

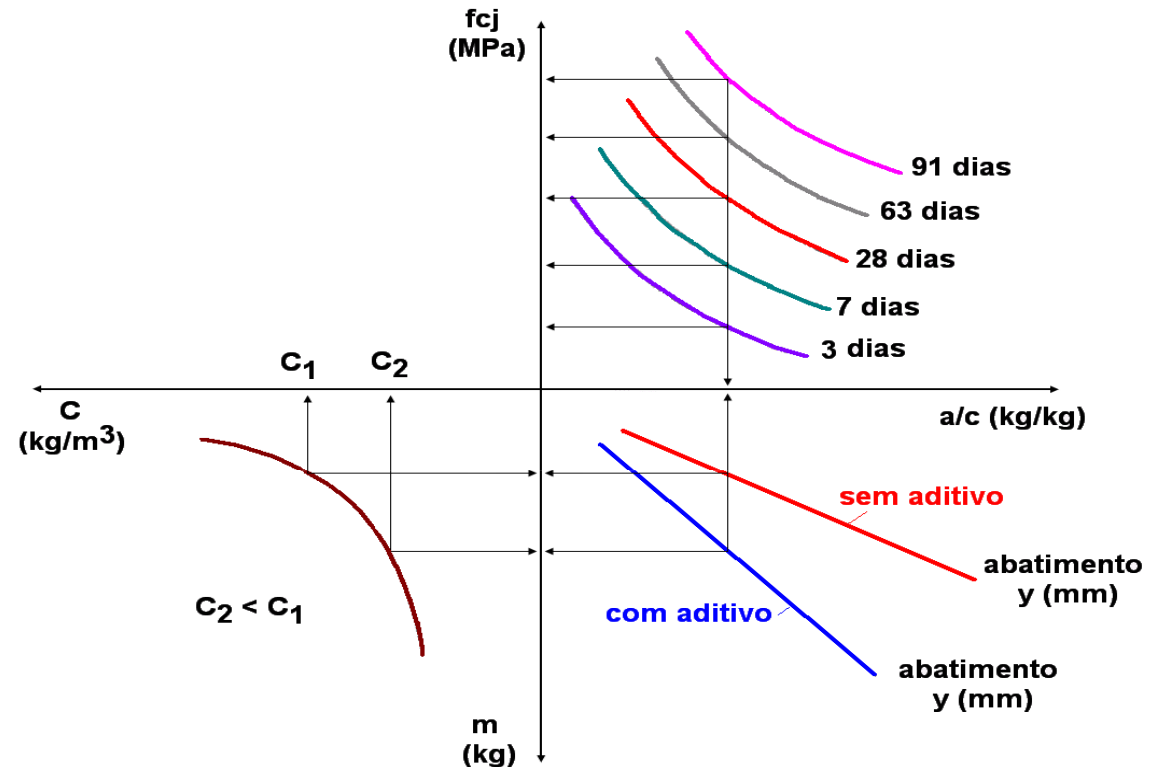
Condições	Justificativa	Providências
$f_{ck} < f_{ck,est}$ e $S_c \leq S_d$	1- O cimento apresenta resultados inferiores ao da média esperada; 2 - O traço do concreto pode estar errado	1- Verificar de o traço está correto; 2- Se o traço está correto, modificar com um aumento do consumo; 3- Mudar o fabricante de cimento (quando for possível).
$\bar{f}_{ck} < f_{ck,est}$ e $S_c > S_d$	1 - A produção de concreto não está conforme esperado.	1- Mudar o traço com aumento do consumo; 2- Melhorar a produção de concreto.
$f_{ck} \geq f_{ck,est}$ e $S_c \leq S_d$	1 - O cimento está na média esperada; 2 - A produção de concreto está conforme planejado.	1 - Manter o traço; 2 - Manter o fornecedor de cimento; 3 - Manter o sistema de produção.
$f_{ck} \geq f_{ck,est}$ e $S_c > S_d$	1 - O cimento apresenta-se com resultados acima da média; 2 - O traço pode estar errado; 3 - A produção de concreto não está conforme planejado.	1 - Melhorar a produção de concreto; 2 - Manter o fornecedor de cimento; 3 - Verificar se o traço está errado.
$f_{ck} > 1,15 f_{ck,est}$ e $S_c \leq S_d$	1 - O cimento apresenta-se com resultados acima da média; 2 - O traço de concreto pode estar errado.	1 - Verificar se o traço está errado; 2 - Se o traço está correto, modificar com diminuição do consumo; 3 - Manter o fornecedor de cimento.

Método IPT/EPUSP

Aditivos Plastificantes:

Dentro da dosagem –
avaliação como redutor do
consumo de cimento.

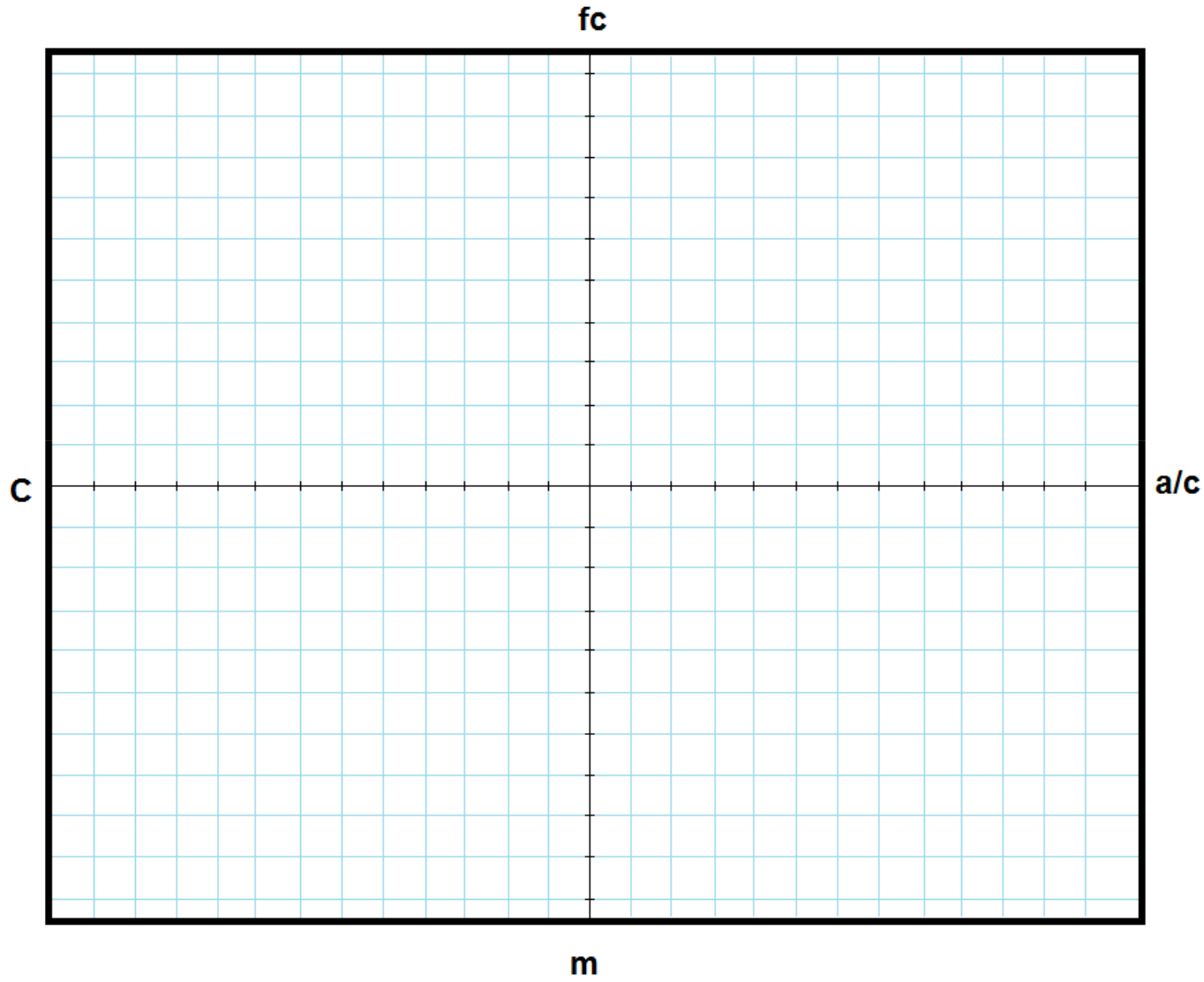
Devem economizar cimento,
mantendo consistência, a/c e f_c .



(Helene/Terzian, 1993)

$\$$ cimento economizado - $\$$ aditivo utilizado = viabilidade econômica ??

Em geral c/ aditivos P e PF – economia de $\$$ 2 a 4 %





Agregado Graúdo: ME= 2,35 kg/dm³

Agregado Miúdo: ME= 2,20 kg/dm³

Cimento: ME= 3,05 kg/dm³

Ar incorporado: 2,5% (25 litros)

$$C = \frac{1000 - 25}{\frac{1}{3,05} + \frac{a/c}{1} + \frac{a}{2,20} + \frac{p}{2,35}}$$

$$C = \frac{1000 - (1000 \times ar \%)}{\frac{1}{Y_c} + \frac{a/c}{Y_{\text{água}}} + \frac{a}{Y_{\text{areia}}} + \frac{p}{Y_{\text{brita}}}}$$





*Em quanto isso a turma da pavimentação errando na dosagem do concreto
asfáltico*



Materiais de Construção II

DOSAGEM DE CONCRETOS

Referências bibliográficas:

- NBR 6118:2014 - Projeto de estruturas de concreto - Procedimento.
- NBR 12655:2015 - Concreto - Preparo, controle e recebimento.
 - Manual de Dosagem e Controle do Concreto
Prof. Paulo Helene e Paulo Terzian
São Paulo, 1993, Ed. Pini.