



MINISTÉRIO DO PLANO E DA ADMINISTRAÇÃO DO TERRITÓRIO

**COMISSÃO DE COORDENAÇÃO
DA REGIÃO CENTRO**

NÚCLEO REGIONAL DE
COORDENAÇÃO DOS CAT (NRC)

**O CÁLCULO AUTOMÁTICO NO PROJECTO
DE COMPOSIÇÃO DE BETÕES
(Métodos de Bolomey e de Faury)**

*Jorge Lourenço
José Coutinho*

SÉRIE
MONOGRAFIAS
TÉCNICAS

2

COIMBRA
1986

Fotocomposição:

- Mário Matos

Secção de Offset:

- **Fotografia:** Adelino Bandeira
- **Paginação e Montagem:** Adelino Bandeira
- **Transporte:** João Carlos
- **Impressão:** Joaquim Felício

**O CÁLCULO AUTOMÁTICO NO PROJECTO
DE COMPOSIÇÃO DE BETÕES
(Métodos de Bolomey e de Faury)**

*Por: Jorge Lourenço (★)
José Coutinho (★)*

(★) Engenheiro Civil da Secção Autónoma de Engenharia Civil da FCTUC.

ÍNDICE

1. Introdução

2. Métodos baseados nas curvas granulométricas de referência

3. Explicação sucinta dos métodos (incluindo a apresentação dos parâmetros utilizados)

3.1. Método de Bolomey

3.2. Método de Faury

4. Ajustamento da curva da mistura à de referência

4.1. Alguns processos

4.2. Método dos mínimos quadrados

5. Programa para o cálculo da composição de betões. Sua forma de utilização

5.1. Generalidades

5.2. Preparação prévia dos dados

5.3. Entrada de dados

5.3.1. Inertes

5.3.2. Cimento

5.3.3. Métodos de Bolomey e de Faury

5.4. Saída de dados e de resultados

a) Apresentação de dados

b) Saída de resultados

5.5. Comentário

5.6. Responsabilidades

6. Exemplo de aplicação

ANEXO

I — Listagem do programa «PROJECTO DE COMPOSIÇÃO DE BETÕES»

II — Impresso para inscrição de dados e resultados

1. Introdução

O Regulamento de Betões de Ligantes Hidráulicos recomenda o estudo da composição do betão, antes do seu fabrico, com base em teorias de reconhecida validade e apoiado em resultados experimentais. E este estudo deve ser feito para todos os betões cujas características de resistência têm de ser controladas estatisticamente [1].

Os métodos de Bolomey e de Faury são relativamente bem conhecidos dos engenheiros portugueses, na maioria dos casos, através do seu estudo nas escolas de engenharia.

Mas, apesar deste conhecimento adquirido, a acção de projectar a composição de um betão é ainda hoje uma prática muito pouco vulgarizada.

Já em 1962, Sousa Coutinho [3] afirmava:

«Apesar da importância extraordinária das obras de betão, a qualidade deste material ainda hoje é deixada ao critério e experiência dos operários, sobretudo entre nós».

Em 1985, esta situação mantém-se em muitos casos.

Realizámos esta monografia tendo como objectivo vulgarizar o Estudo da Composição dos Betões, entre os técnicos interessados.

E fizemo-lo,

DIVULGANDO, pois:

1. Mostramos alguns dos problemas que se põem no estudo de uma composição.
2. Efectuamos uma descrição completa da utilização dos dois métodos.
3. Descrevemos o método dos mínimos quadrados, que utilizamos como processo de ajustamento da curva da mistura real à curva de referência.

e *SIMPLIFICANDO*, uma vez que:

Pomos ao dispor dos engenheiros civis um programa de cálculo, de utilização muito simples, que reduz o trabalho de gabinete a escassos minutos, mesmo procurando um variado número de soluções, com as informações disponíveis.

Brevemente, esperamos complementar este trabalho com um outro, onde abordaremos os ensaios necessários e as acções de controlo e de correcção a efectuar.

Para nós, a qualidade desta monografia será avaliada pelo auxílio prestado aos engenheiros, que pretendendo assumir as suas responsabilidades, querem tomar decisões numa base tecnologicamente válida.

2. Métodos baseados nas curvas granulométricas de referência

São vários os problemas que se põem, quando pretendemos estudar a Composição de um Betão, para a execução de uma determinada Obra. Distinguiremos os seguintes:

1. O cumprimento da classe de resistência prevista no projecto.
2. As eventuais condicionantes locais da Obra, por exemplo do tipo climático, ou relativas a qualquer agressividade química do meio.
3. Os tipos de inertes disponíveis na região.
4. A consistência pretendida para o betão, que tem a ver com o tipo de elemento que se vai betonar, e muito fundamentalmente com os meios de transporte e de colocação a utilizar. Consistência essa que está fortemente correlacionada com a própria resistência dos elementos estruturais a betonar.
5. Condicionantes geométricas relativamente ao tipo de peças a betonar:
 - a) Para evitar a segregação do betão, quando vertido nos moldes, devem-se analisar as dimensões das malhas constituídas pelas armaduras, os espaçamentos de fendas, ou os raios de possíveis orifícios.
 - b) O efeito de parede, que acontece e que é função do quociente entre o raio hidráulico de uma peça e o diâmetro máximo do inerte mais grosseiro, que pensamos utilizar.
6. A apreciação dos níveis de qualidade, relativamente a:
 - a) Equipamento de fabrico do betão.
 - b) Operadores desse mesmo equipamento de fabrico.
 - c) Fiscalização do fabrico.

Perante estas condições, pretendemos racionalmente, efectuar uma mistura de todos os componentes, que seja a mais compacta possível, de modo a satisfazer, em princípio, os requisitos pretendidos.

Referindo a nossa composição ao volume de 1m^3 de betão, diremos que esse volume será preenchido por todos os inertes utilizados, pelo cimento, água e ainda por um volume de vazios que não é possível evitar.

Isto traduz-se na seguinte expressão (a «dos volumes absolutos», ou também designada «fórmula fundamental da composição do betão»):

$$c+m+A+V_v=1\text{m}^3 \text{ de betão} \quad (1),$$

sendo

c — volume absoluto do cimento em m^3 por m^3 de betão.

$m = \sum_{i=1}^r m_i$ — volume absoluto dos inertes, que é igual à soma dos volumes absolutos de cada uma das classes de inertes utilizadas. Os volumes são medidos em m^3 e referidos ao volume de 1m^3 de betão.

A — volume da água de amassadura em m^3 por m^3 de betão.

V_v — volume de vazios em m^3 por m^3 de betão. Este volume que é difícil quantificá-lo correctamente, será por nós apreciado, utilizando o quadro I, com origem na norma 613 do American Concrete Institute [4].

QUADRO I

VOLUME DE VAZIOS DO BETÃO COMPACTADO [4]

Máxima dimensão do inerte (mm)	9,5	12,7	19,1	25,4	38,1	50,8	76,2	152,4
Volume de vazios V_v (m^3/m^3)	0,030	0,025	0,020	0,015	0,010	0,005	0,003	0,002

Depois de obtidos os pesos específicos do cimento e de cada uma das classes de inertes a utilizar, poderemos usar a expressão (1) com o seguinte aspecto:

$$\frac{c}{\delta_c} + \sum_{i=1}^r \frac{M_i}{\delta_i} + A + V_v = 1\text{m}^3 \text{ de betão} \quad (2),$$

em que

C — a dosagem do cimento, em Kg por m^3 de betão.

δ_c — peso específico determinado para o cimento em Kg por m^3 .

M_i — peso com que o inerte da classe i entra na mistura de $1 m^3$ de betão; mede-se em Kg por m^3 de betão.

δ_i — peso específico determinado para o inerte da classe i , em Kg por m^3 .

As expressões (1) ou (2) sendo necessárias, não são suficientes. Vejamos:

- Teremos de decidir acerca da dosagem de cimento, fundamentalmente levando em consideração a Resistência necessária para o betão. Há diversas correlações entre a Resistência e outros parâmetros (por exemplo, com a razão A/C , com a compactidade e com a máxima dimensão do inerte mais grosso).
- A água de amassadura, é um elemento que exige grande rigor na sua determinação e temos bastantes métodos para o seu cálculo. Mas, em nenhum podemos confiar completamente, sendo de «boa norma» efectuarem-se acertos da água, através de uma amassadura experimental, após o cálculo de toda a composição.
- A análise da expressão (1) mostra-nos que utilizando os meios descritos para as decisões relativas às quantidades do cimento, água e volume de vazios, nos é permitido calcular a quantidade global dos inertes utilizados.
O problema está agora em determinar a proporção com que cada uma das classes de inertes utilizadas, entra nessa quantidade global.

É aqui que surge a oportunidade de se utilizar um método baseado numa curva de referência.

- Como funciona?
- Através de uma função estudada pelo autor desse método, podemos traçar uma curva granulométrica de referência, que será, segundo esse mesmo autor, a curva ideal para mistura mais compacta possível.

Depois de havermos obtido as granulometrias de cada uma das classes de inertes a utilizar, através dos ensaios de peneiração necessários, vamos tentar uma composição granulométrica com estes inertes, incluindo também o

cimento (★), cuja curva seja o mais próxima possível da curva de referência.

Bolomey e Faury foram os autores de dois dos métodos de composição de betões baseados numa curva de referência, que ainda hoje têm larga utilização.

Estes métodos baseados em curvas de referência, que deram origem às críticas mais contundentes feitas por Roger Vallette, mantiveram-se e continuaram mesmo a serem desenvolvidas por outros engenheiros.

A experiência posterior tem mostrado que os betões destes métodos, mesmo que não representem a mistura óptima dos materiais existentes, dão origem a massas de boa trabalhabilidade na colocação e depois, a resistências aceitáveis.

Se pensarmos que após as indicações sobre as granulometrias dos inertes e as densidades destes e do cimento, qualquer destes métodos se reduz a algum trabalho de cálculo, encontramos aqui uma das fortes razões do interesse que muitos lhes manifestam.

Por isso e aproveitando a grande divulgação dos microcomputadores ZX Spectrum no mercado português, desenvolvemos um programa, que muito rapidamente calcula a composição do betão pretendido, pelos métodos de Bolomey e de Faury.

É claro, que após a determinação das proporções da mistura, deveremos fazer uma ou várias amassaduras em laboratório para ensaios de verificação e eventuais correcções a efectuar; um dos elementos a corrigir com frequência é a água. E mesmo em Obra, esse betão estudado, terá de ser controlado e poderá ser corrigido. Um dos acertos correntes, é consequência da alteração das percentagens de humidade dos inertes, que deverão ser frequentemente observadas.

(★) O cimento é também um material granular, enquanto seco. Faury atribui-lhe a classe 0,0065/0,1 [5]. Veremos em 3., que é hoje muito frequente descontar o cimento, acabando por se estudar a composição granulométrica somente dos inertes.

3. Explicação sucinta dos métodos (incluindo a apresentação dos parâmetros utilizados)

3.1. Método de Bolomey

Bolomey definiu uma lei com a seguinte expressão:

$$p(d) = A + (100 - A) \pi \sqrt{d/D_{\max}} \quad (3),$$

(fig. 1) onde,

$p(d)$ — ordenada da curva de referência no ponto de abscissa d , representando, portanto, a percentagem do peso da totalidade dos inertes e do cimento que passam através das malhas do peneiro de diâmetro d .

A — coeficiente numérico que varia com a natureza dos inertes e a consistência do betão, adoptando os valores indicados no quadro II.

QUADRO II

VALORES DO PARÂMETRO A DA CURVA DE BOLOMEY

Natureza do Inerte	Consistência		
	Terra Húmida	Plástica	Fluida
Rolado	8-10	10	12-14
Britado	10-12	12	14-16

D_{\max} — dimensão máxima do inerte mais grosso, medida em mm.

Sendo a dosagem de cimento um dado decidido anteriormente (normalmente por razões de resistência) é habitual redefinir a lei de referência, des-

contando o cimento previsto e ajustando-a à totalidade dos inertes. Eis a expressão que permite passar da curva anterior para a nova:

$$p'(d) = (p(d) - p_c) \times \frac{100}{100 - p_c} \quad (4),$$

(fig. 2) onde,

$p'(d)$ — percentagem do peso da totalidade dos inertes que passam através do peneiro de diâmetro d ,

p_c — percentagem do peso de cimento em relação à totalidade do material sólido, isto é,

$$p_c = 100 \times \frac{C}{C+M} \quad (5),$$

em que,

C — dosagem de cimento previamente decidida, em Kg por m^3 de betão

M — peso da totalidade dos inertes, nesta fase, de valor desconhecido; mede-se em Kg. por m^3 de betão colocado.

Analisando a expressão da fórmula fundamental (1), verificamos que desconhecemos os valores das quantidades de m e de A .

Como sabemos, m representa a soma dos volumes absolutos de cada uma das r classes de inertes utilizadas, que é o mesmo que ter

$$m = \sum_{i=1}^r \frac{M_i}{\delta_i} = \frac{M_1}{\delta_1} + \dots + \frac{M_r}{\delta_r}$$

Se os inertes têm a mesma origem mineralógica, terão, em princípio, o mesmo peso específico δ_m . Podemos escrever,

$$m = \frac{M_1 + \dots + M_r}{\delta_m}$$

e como $M_1 + \dots + M_r = M$, teremos

$$m = \frac{M}{\delta_m} \quad (6)$$

Se os inertes têm origens diferentes, terão pesos específicos diferentes. Mas como não conhecemos as proporções em peso de cada um dos inertes, p_1, \dots, p_r , (esse é um dos nossos objectivos finais), não temos a possibilidade de quantificar

$$M_1 = p_1 \times M$$

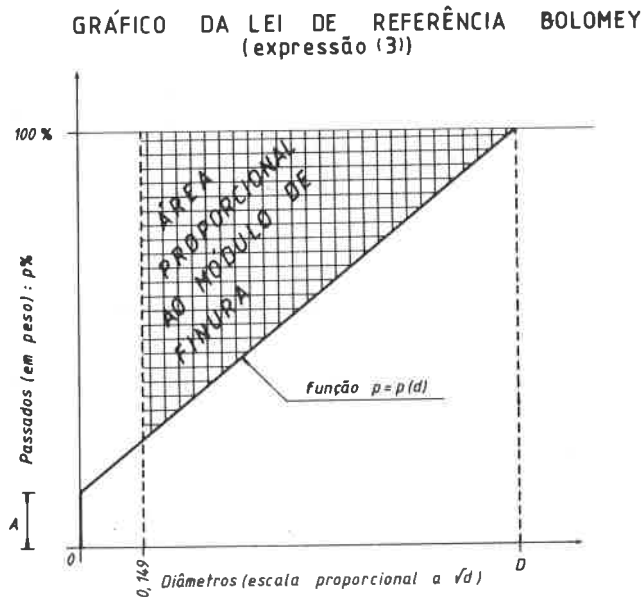
$$M_r = p_r \times M$$

Por esta razão somos forçados a avançar, com alguma imprecisão, com um valor médio para o peso específico

$$\delta_m = \frac{1}{r} \sum_{i=1}^r \delta_i$$

e poderemos assim, em qualquer das situações, apresentar a expressão (2) com o seguinte aspecto:

$$\frac{C}{\delta_c} + \frac{M}{\delta_m} + A + Wv = 1m^3 \text{ de betão} \quad (7)$$



Necessitamos agora de calcular a água necessária para realizar a amassadura de 1m^3 de betão. Já no ponto 2. esclarecemos as dificuldades desta questão.

O processo escolhido utiliza o módulo de finura da curva granulométrica $p = p(d)$ definida em (3). Pareceu-nos suficientemente interessante, porque os valores obtidos variam segundo a consistência pretendida, o peso e a granulometria do conjunto cimento e inertes e ainda conforme o tipo de inerte utilizado. Apresentemos então a fórmula que calcula o volume da água de amassadura em litros por m^3 de betão:

$$A = (C + M) \times \frac{F}{\text{m.f.}} \quad (8),$$

onde,

m.f. — módulo de finura da curva granulométrica definida pela expressão (3) (fig. 1).

F — coeficiente numérico que varia com a natureza dos inertes e a consistência do betão, adoptando os valores indicados no quadro III.

QUADRO III

VALORES DO PARÂMETRO F DA FÓRMULÁ (8)

Natureza do Inerte	Consistência		
	Terra Húmida	Plástica	Fluida
Rolado	0,29-0,33	0,33-0,37	0,37-0,41
Britado	0,35-0,39	0,39-0,43	0,43-0,49

As equações (7) e (8) resolvidas simultaneamente, dão-nos as soluções pretendidas, A e M.

Obtido M, teremos a possibilidade de calcular P_c , através de (5). E com a percentagem de cimento determinada, poderemos, utilizando a nova lei de referência $p' = p'(d)$ relativa somente aos inertes utilizados (4), traçar a nova curva (fig. 2).

GRÁFICO DAS DUAS RECTAS DE REFERÊNCIA, $p(d)$ e $p'(d)$

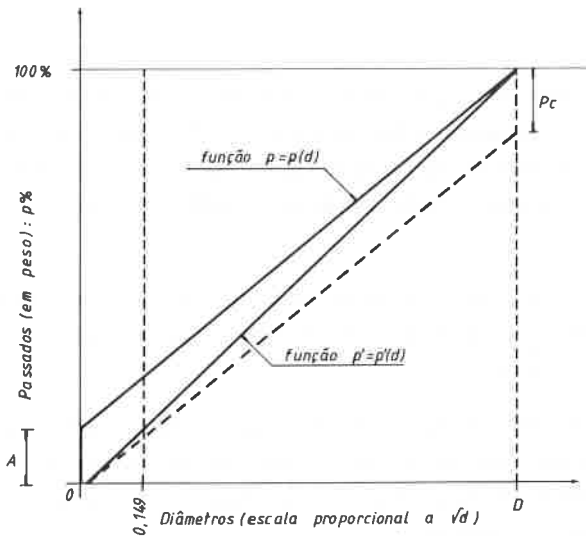


Fig. 2

Depois de efectuado o ajustamento da curva da mistura a esta curva de referência $p' = p'(d)$, (no § 4), temos obtidas as proporções dos inertes e com elas a possibilidade de determinarmos os pesos com que os diversos inertes entram na mistura de $1m^3$ de betão:

$$M_i = \rho_i \times M$$

3.2. Método de Faury

Neste método, a composição é estudada em função do *efeito de parede*, dos *vazios* e de uma *lei granulométrica de referência*.

Faury considerou esta lei de referência, como a mistura em percentagens variáveis de dois constituintes (fig. 3):

1) — Um conjunto constituído por grãos finos e médios, pertencentes ao domínio dos diâmetros $[0,0065mm; D/2]$, cuja percentagem em volume absoluto é de:

$$Y = A + 17,0 \times \sqrt[5]{D_{max}} + \frac{B}{\frac{R - 0,75}{D_{max}}} \quad (9),$$

em que,

- A — coeficiente que varia com a *natureza dos inertes* e a *consistência do betão*. Esta consistência do betão está relacionada com a potência de compactação necessária durante a colocação. Os valores deste parâmetro estão indicados no Quadro IV.
- B — coeficiente que depende somente da potência e do processo de compactação. Os valores que pode admitir, encontram-se no Quadro V.
- R — raio médio do molde da peça ou da zona da peça a betonar. O quociente deste valor dividido por D (máxima dimensão do inerte mais grosseiro), caracteriza o *efeito de parede* que acontece no betão.

No intervalo $[0,0065\text{mm};D/2]$, a lei de referência é definida pela função

$$p(d) = \frac{Y \times (\sqrt[5]{0,0065} - \sqrt[5]{d})}{(\sqrt[5]{0,0065} - \sqrt[5]{D/2})} \quad (10)$$

2) — E um outro conjunto constituído por inertes grossos, pertencentes ao domínio dos diâmetros $[D/2;D]$, cuja percentagem em volume absoluto é de:

$$X = (100 - Y) \quad (11)$$

Neste intervalo, $[D/2;D]$, a lei de referência é definida pela função

$$p(d) = \frac{X \times \frac{\sqrt[5]{d} + \sqrt[5]{D} - 100 \times \sqrt[5]{D/2}}{\sqrt[5]{D} - \sqrt[5]{D/2}}}{100} \quad (12)$$

QUADRO IV
VALORES DO PARÂMETRO **A** DA CURVA DE FAURY

Natureza do Inerte	Consistência/Meios de compactação				
	Terra Húmida Vibração muito potente	Seca Vibração potente	Plástica Vibração média	Mole Apiloamento	Fluída Sem compactação
Areias e inertes grossos rolados	≤ 18	20-21	21-22	28	32
Areias roladas e inertes grossos britados	≤ 19	21-22	23-24	30	34
Areias e inertes grossos britados	≤ 20	22-23	25-26	32	38

QUADRO V
VALORES DO PARÂMETRO **B**, DA PARCELA REFERENTE AO EFEITO DE PAREDE

Meios de compactação				Sem compactação
Vibração muito potente	Vibração potente	Vibração média	Apiloamento	
1	1-1,5	1,5	2	2

Relativamente às expressões (9), (10) e (12), há alguns esclarecimentos a fazer:

1. $p(d)$ é a ordenada da curva de referência no ponto de abcissa d , representando, portanto, a percentagem em volume absoluto da totalidade dos inertes e do cimento que passam através das malhas do peneiro de diâmetro d .
2. $Y = p(D/2)$ é a ordenada dos pontos de abcissa $D/2$. Este ponto $V(D/2;Y)$ (fig. 3) pertence à intersecção das funções (10) e (12).
3. Por facilidade de representação gráfica, sabemos que é habitual a utilização em abcissas de uma escala logarítmica com uma unidade que nos convenha, ou então, uma escala, por exemplo, proporcio-

nal à \sqrt{d} (no método de Bolomey), ou ainda, proporcional à $5\sqrt{d}$ (no método de Faury).

Esta facilidade de representação gráfica, traduz-se na transformação de curvas de grau diferente de 1 em rectas, e ainda, na marcação em espaço conveniente, principalmente dos diâmetros finos.

TRAÇADO DAS CURVAS GRANULOMÉTRICAS DE REFERÊNCIA $p = p(d)$

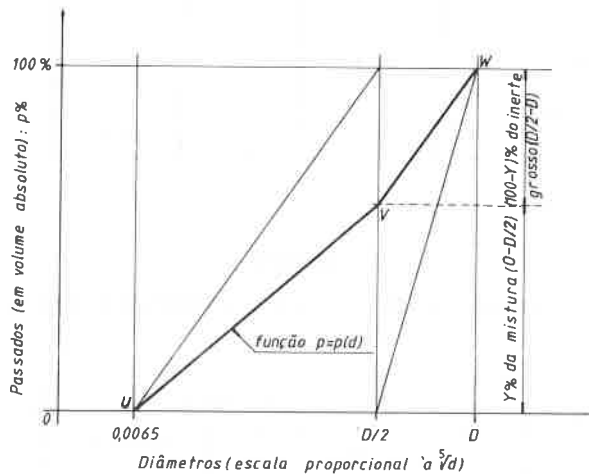


Fig. 3

4. Deste modo, as expressões (10) e (12) têm a expressão gráfica de dois segmentos de recta ligados num ponto de quebra $V(D/2;Y)$

Tal como no método de Bolomey, a dosagem de cimento depende da resistência e não da granulometria. Por esse facto, também no método de Faury podemos estudar uma lei só referente à totalidade dos inertes.

Precisamos, para isso, de descontar o volume absoluto de cimento previsto e reajustar as proporções à nova totalidade (só dos inertes). Procederemos do mesmo modo que na expressão (4)

$$p'(d) = (p(d) - p_c) \times \frac{100}{100 - p_c} \quad (13)$$

onde,

$p(d)$ — percentagem em volume absoluto da totalidade dos inertes que passam através do peneiro de diâmetro d .

$p(d)$ — com o mesmo significado dado para as expressões (10) e (12)

p_c — percentagem em volume absoluto de cimento em relação à totalidade do material sólido, isto é,

$$p_c = 100 \times \frac{c}{c + m} \quad (14)$$

em que,

c — volume absoluto correspondente à dosagem de cimento previamente decidida; este volume absoluto calcula-se determinando o quociente da razão entre a dosagem, C e o peso específico do cimento, δ_c .

m — volume absoluto da totalidade dos inertes; nesta fase, de valor desconhecido.

Faury verificou que a proporção dos vazios da mistura em seco, isto é, o volume absoluto não ocupado pelo material granular sólido (cimento e inertes), muda de valor em função das seguintes variáveis:

- a consistência da mistura
- a natureza dos inertes
- a potência da compactação
- a máxima dimensão do inerte mais grosseiro

e ainda,

- do efeito de parede.

Assim resultou uma lei que tem a seguinte expressão:

$$l = \frac{K}{\sqrt[5]{D}} + \frac{K'}{\frac{R}{D} - 0,75} \quad (15)$$

onde,

l — proporção dos vazios deixados pelo material sólido, cuja designação comum é a de índice de vazios. O seu valor vem expresso em m^3 por m^3 de betão.

O volume absoluto do material sólido referente à totalidade do betão, designa-se por compactidade,

$$\sigma = c + m \quad (16).$$

Por isso podemos afirmar, atendendo a (1), que o índice de vazios é o complemento da compactidade,

$$I = 1 - \sigma \quad (17),$$

que irá ser preenchido pela água de amassadura e um inevitável volume de vazios, cujos valores estão indicados no quadro I:

$$I = A + Vv \quad (18)$$

Como se vê, através de (18), podemos calcular aqui, a água de amassadura.

K — é um coeficiente numérico que depende da consistência do betão, da potência de compactação e da natureza dos inertes. O seu valor pode ser lido no Quadro VI.

QUADRO VI
VALORES DO COEFICIENTE **K**

Natureza do Inerte	Consistência/Meios de compactação				
	Terra Húmida Vibração muito potente	Seca Vibração potente	Plástica Vibração média	Mole Apilaa- mento	Fluida Sem com- pactação
Areias e inertes grossos rolados	≤ 0,24	0,25-0,27	0,26-0,28	0,34-0,36	≤ 0,36
Areias roladas e inertes grossos britados	≤ 0,25	0,26-0,28	0,28-0,30	0,36-0,38	≤ 0,38
Areias e inertes grossos britados	≤ 0,27	0,28-0,30	0,30-0,34	0,38-0,40	≤ 0,40

$\frac{K'}{D} - 0,75$ — é a parcela referente ao efeito de parede, onde K' é um parâmetro, variando entre 0,002 e 0,004, dependente da potência de compactação (Quadro VII). Para uma razão $R/D = 1$, teremos uma variação do volume de vazios de 8 a 16 litros por m^3 de betão.

QUADRO VII
VALORES DO COEFICIENTE K'

Meios de compactação				
Vibração muito potente	Vibração potente	Vibração média	Apiloamento	Sem compactação
0,002	0,003	0,003	0,003	0,004

Através da fórmula fundamental (1), agora com a seguinte expressão

$$c + m + l = 1 \text{ m}^3 \quad (19),$$

já podemos calcular m .

Com o volume absoluto dos inertes, teremos a possibilidade de calcular p_c através de (14). E com a percentagem de cimento determinada, poderemos, utilizando as novas leis de referência $p' = p'(d)$ relativas somente aos inertes utilizados (13), traçar a nova curva (fig. 4).

TRAÇADO DAS CURVAS GRANULOMÉTRICAS DE REFERÊNCIA $p(d)$ e $p'(d)$

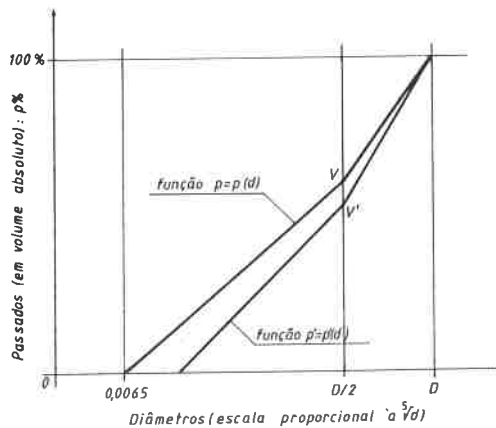


Fig 4

Depois de efectuado o ajustamento da curva da mistura a esta curva de referência $\rho' = \rho(d)$ (§ 4), temos obtidas as proporções ρ_i , em volume absoluto, dos inertes.

Como conhecemos m e o peso específico de cada um dos inertes δ_i , poderemos determinar o peso com que os diversos inertes entram na mistura de 1 m^3 de betão:

$$M_i = \rho_i \times m \times \delta_i$$

4. Ajustamento da curva da mistura à de referência

4.1. Alguns processos

Depois de obtida a curva de referência, vamos tentar reproduzi-la com os materiais disponíveis. Este trabalho tem levantado, por vezes, algumas dificuldades.

Num dos processos que mais frequentemente se usava, que consistia no estabelecimento de tantas equações quantos os inertes utilizados, estabeleciam-se condições em diversos diâmetros d por nós escolhidos, do tipo

$$p_1(d) \times p_1 + \dots + p_r(d) \times p_r = p^*(d)$$

ou melhor,

$$\sum_{i=1}^r p_i(d) \times p_i = p^*(d) \quad (20),$$

onde,

$p_i(d)$ — percentagem do inerte i que passa através do peneiro de diâmetro d

p_i — uma das soluções procuradas, isto é, a proporção com que o inerte i entra na mistura.

$p^*(d)$ — valor da ordenada da curva de referência sem cimento, correspondente à abcissa de valor d .

Acontecia, que algumas dessas condições se revelavam impossíveis de serem satisfeitas, através da resolução do sistema de equações, onde pelo menos uma das soluções p_i apresentava um valor negativo. Voltavam-se a estabelecer novas condições para resolver um outro sistema e nada nos garantia que esse novo cálculo, não nos desse nova decepção.

E mesmo depois de encontradas todas as soluções p_i positivas, quando se traçava a curva da mistura, muito frequentemente não a encontravamos satisfatoriamente ajustada à curva de referência.

Isto acontecia, por não utilizarmos correctamente outros processos, como o dos *índices ponderais*, descrito por Faury para o seu próprio método [5], ou o dos *módulos de finura*. Este último, tem uma resolução analítica e também um processo de resolução gráfica muito simples, que vemos ser utilizado com alguma frequência [4].

O nosso problema é o de traçar uma curva (a curva da mistura real), satisfazendo em todos os diâmetros, a condição:

$$\sum_{i=1}^r p_i(d) \times p_i = p'(d) \pm \Delta \quad (21),$$

onde se pretende que Δ tenha sempre um valor mínimo possível.

Por isso, em 4.2., aplicaremos o método dos mínimos quadrados, [9] e [10], para a determinação das soluções p_i .

4.2. Método dos mínimos quadrados

Vamos, por exemplo, supôr conhecidas as granulometrias de 5 classes de inertes a utilizar, em que $w(\ell), v(\ell), u(\ell), t(\ell), s(\ell)$ são respectivamente os valores das percentagens de passados das 1ª, 2ª, 3ª, 4ª e 5ª classes de inertes, no peneiro número ℓ .

O primeiro peneiro com material retido, é o peneiro nº p ; ℓ variará então, entre p e 14 (★).

Conhecemos também a curva de referência sem cimento, $z(\ell)$.

Desconhecemos as proporções p_1, p_2, p_3, p_4 e p_5 dos inertes e consequentemente, os valores das percentagens de passados nos peneiros números p ao 14, da mistura real, $o(\ell)$ — (Quadro VIII).

Assim, e de acordo com (21), no peneiro ℓ verificamos a seguinte condição:

$$w(\ell) \times p_1 + v(\ell) \times p_2 + u(\ell) \times p_3 + t(\ell) \times p_4 + s(\ell) \times p_5 = z(\ell) \pm \Delta(\ell) = o(\ell) \quad (22),$$

ou ainda,

$$[z(\ell) - (w(\ell) \times p_1 + v(\ell) \times p_2 + u(\ell) \times p_3 + t(\ell) \times p_4 + s(\ell) \times p_5)] = \pm \Delta(\ell) \quad (23).$$

(★) Este número do peneiro não é o que designa correntemente as polegadas da malha, ou ainda as malhas existentes numa polegada linear, mas sim um número de ordem que necessitámos de introduzir para o cálculo automático.

Expressando o quadrado desta diferença $\Delta(\ell)$, para todos os peneiros utilizados (do nº p ao nº 14), poderemos determinar uma função $S(p_1, p_2, p_3, p_4, p_5)$, da soma dos quadrados das diferenças entre os valores da curva de referência e os da mistura:

$$S(p_1, p_2, p_3, p_4, p_5) = \sum_{\ell=p}^{14} [z(\ell) - (w(\ell) \times p_1 + v(\ell) \times p_2 + u(\ell) \times p_3 + t(\ell) \times p_4 + s(\ell) \times p_5)]^2 \quad (24)$$

Havendo necessidade de considerar que a soma das proporções das 5 classes é igual à unidade,

$$p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_5 = 1 \quad (25)$$

obtemos, por exemplo, a seguinte relação

$$p_1 = 1 - (p_2 + p_3 + p_4 + p_5) \quad (26)$$

que substituída na expressão (24), dará origem a uma função com menos uma variável:

$$S(p_2, p_3, p_4, p_5) = \sum_{\ell=p}^{14} [(z(\ell) - w(\ell)) - (v(\ell) - w(\ell)) \times p_2 - (u(\ell) - w(\ell)) \times p_3 - (t(\ell) - w(\ell)) \times p_4 - (s(\ell) - w(\ell)) \times p_5]^2 \quad (27)$$

Utilizando as seguintes relações,

$$a(\ell) = v(\ell) - w(\ell)$$

$$b(\ell) = u(\ell) - w(\ell)$$

$$c(\ell) = t(\ell) - w(\ell)$$

$$d(\ell) = s(\ell) - w(\ell)$$

$$e(\ell) = z(\ell) - w(\ell)$$

QUADRO Nº8

Problema: *Ajustamento das 5 classes de inertes à curva de referência.*

— Dados: Granulometrias dos inertes $w(\ell), v(\ell), u(\ell), t(\ell), s(\ell)$

Curva de referência s/ cimento $z(\ell)$

Neste exemplo $p = 5$

— Solução procurada: proporções dos inertes $p1, p2, p3, p4, p5$ para obtenção da curva da mistura $o(\ell)$

INERTES:

Peneiro		MATERIAL QUE PASSA ATRAVÉS DOS PENEIROS %								
num.	m alha	1 W	2 V	3 U	4 T	5 S	Curva de referência	Curva real		
1	76,2									
2	50,8									
3	33,1									
4	25,4									
5	19,1	w(5)	v(5)	u(5)	t(5)	s(5)	z(5)	o(5)		
6	12,7	w(6)	v(6)	u(6)	t(6)	s(6)	z(6)	o(6)		
7	9,52	w(7)	v(7)	u(7)	t(7)	s(7)	z(7)	o(7)		
8	4,76	w(8)	v(8)	u(8)	t(8)	s(8)	z(8)	o(8)		
9	2,38	w(9)	v(9)	u(9)	t(9)	s(9)	z(9)	o(9)		
10	1,13	w(10)	v(10)	u(10)	t(10)	s(10)	z(10)	o(10)		
11	0,59	w(11)	v(11)	u(11)	t(11)	s(11)	z(11)	o(11)		
12	0,297	w(12)	v(12)	u(12)	t(12)	s(12)	z(12)	o(12)		
13	0,149	w(13)	v(13)	u(13)	t(13)	s(13)	z(13)	o(13)		
14	0,074	w(14)	v(14)	u(14)	t(14)	s(14)	z(14)	o(14)		
		PROPORÇÕES DOS INERTES								
		p1	p2	p3	p4	p5				

vamos dar à expressão (27) uma forma mais simples:

$$S(p_2, p_3, p_4, p_5) = \sum_{l=p}^{14} \{a(l) - a(l) \times p_2 - b(l) \times p_3 - c(l) \times p_4 - d(l) \times p_5\}^2 \quad (28)$$

Se há um valor mínimo na função dos quadrados das diferenças, $S(p_2, p_3, p_4, p_5)$, então cada uma das derivadas parciais se anulará:

$$\frac{\partial S(p_2, p_3, p_4, p_5)}{\partial p_2} = -2 \times \sum_{l=p}^{14} \{a(l) - a(l) \times p_2 - b(l) \times p_3 - c(l) \times p_4 - d(l) \times p_5\} \times a(l) = 0$$

$$\frac{\partial S(p_2, p_3, p_4, p_5)}{\partial p_3} = -2 \times \sum_{l=p}^{14} \{a(l) - a(l) \times p_2 - b(l) \times p_3 - c(l) \times p_4 - d(l) \times p_5\} \times b(l) = 0$$

$$\frac{\partial S(p_2, p_3, p_4, p_5)}{\partial p_4} = -2 \times \sum_{l=p}^{14} \{a(l) - a(l) \times p_2 - b(l) \times p_3 - c(l) \times p_4 - d(l) \times p_5\} \times c(l) = 0$$

$$\frac{\partial S(p_2, p_3, p_4, p_5)}{\partial p_5} = -2 \times \sum_{l=p}^{14} \{a(l) - a(l) \times p_2 - b(l) \times p_3 - c(l) \times p_4 - d(l) \times p_5\} \times d(l) = 0$$

E assim chegamos ao seguinte sistema de equações:

$$(29) \left\{ \begin{array}{l} p_2 \times \sum_{l=p}^{14} a(l)^2 + p_3 \times \sum_{l=p}^{14} a(l) \times b(l) + p_4 \times \sum_{l=p}^{14} a(l) \times c(l) + p_5 \times \sum_{l=p}^{14} a(l) \times d(l) = \sum_{l=p}^{14} a(l) \times a(l) \\ p_2 \times \sum_{l=p}^{14} b(l) \times a(l) + p_3 \times \sum_{l=p}^{14} b(l)^2 + p_4 \times \sum_{l=p}^{14} b(l) \times c(l) + p_5 \times \sum_{l=p}^{14} b(l) \times d(l) = \sum_{l=p}^{14} b(l) \times a(l) \\ p_2 \times \sum_{l=p}^{14} c(l) \times a(l) + p_3 \times \sum_{l=p}^{14} c(l) \times b(l) + p_4 \times \sum_{l=p}^{14} c(l)^2 + p_5 \times \sum_{l=p}^{14} c(l) \times d(l) = \sum_{l=p}^{14} c(l) \times a(l) \\ p_2 \times \sum_{l=p}^{14} d(l) \times a(l) + p_3 \times \sum_{l=p}^{14} d(l) \times b(l) + p_4 \times \sum_{l=p}^{14} d(l) \times c(l) + p_5 \times \sum_{l=p}^{14} d(l)^2 = \sum_{l=p}^{14} d(l) \times a(l) \end{array} \right.$$

Resolvido o sistema, obtém-se o conjunto de soluções procurado, p_2, p_3, p_4, p_5 e ainda a proporção do 1º inerte, P_1 , através da condição expressa em (26).

Descrevemos o método utilizando 5 classes de inertes, mas o seu desenvolvimento é o mesmo com qualquer outro número diferente de classes.

Este processo, que num cálculo manual seria exaustivo torna-se de uso muito fácil com um programa de cálculo automático adequado.

5. Programa para o cálculo da composição de betões. Sua forma de utilização

5.1. Generalidades

Elaborámos um programa escrito em BASIC (para o ZX Spectrum), que englobando todos os conceitos desenvolvidos nos parágrafos anteriores, pode calcular diversas composições segundo os métodos de Bolomey ou de Faury.

Consideramos que o utilizador tem este programa gravado segundo uma listagem que apresentamos em anexo.

5.2. Preparação prévia dos dados

Antes da sua utilização, deve ter preparadas as informações necessárias, que dizem respeito a:

1. Inertes

Granulometria e peso específico de cada uma das classes que pretende utilizar.

Devemos ter as diversas classes de inertes identificadas e ordenadas por um número a partir de 1.

2. Cimento

Dosagem e peso específico.

3. Consistência pretendida para o betão

Valores dos coeficientes para o método de composição que pensa utilizar (consultar os quadros II e III, ou(e), IV, V, VI e VII).

Para este efeito temos preparado um impresso (ANEXO), que também servirá para inscrição dos resultados obtidos, se estiver a trabalhar sem impressora.

5.3. Entrada de Dados

Depois de transferido o programa da cassette para o computador, o utilizador carregará em e . O programa começa a correr, desenvolvendo-se um processo interactivo entre o utilizador e o computador, que permitirá a introdução dos dados necessários à resolução do problema.

5.3.1. Inertes

Começa por perguntar: Os INERTES tem pesos especificos todos iguais ?(s/n)

Conforme a informação que tem, sim ou não, carregará na tecla , ou na tecla .

1. num.classes =

Indicar o número de classes de inertes com que pretende fabricar o betão.

Se, por acaso, introduzir um número superior a 5, o computador responder-lhe-á:

```
O programa so admite um numero
maximo de 5 classes de inertes
```

e pede-lhe, de novo,

num.classes =

Esta limitação surgiu por nossa decisão e não por quaisquer limitações de memória do computador. Serão raros os betões com mais de 5 inertes. Se não concordar com esta restrição, o utilizador poderá efectuar a respectiva alteração no seu programa.

2. Dmax. =

Deixamos ao critério do utilizador, a definição da máxima dimensão do conjunto de inertes a utilizar [4].

3. Peso especifico =

— Se inicialmente indicou que os pesos especificos eram iguais, bastará escrever o seu valor em Kg/m^3

— Se indicou que os pesos especificos não eram iguais, o computador perguntar-lhe-á o peso específico de cada uma das classes:

```
Pesos especificos:
p(1) = 
p(2) = 
... ..
... ..
```


e indicará o

valor medio= Kg/m³

4. GRANULOMETRIAS (% de passados)

O computador pede:

numero do 1^o peneiro
c/material retido =

Já num rodapé do parágrafo 4.2., dissemos que este número, é um nosso número de ordem; esta série tem, para nós, início no peneiro 3" e termina no peneiro 200 MESH.

Para melhor esclarecimento dos utilizadores, apresentamos a lista dos peneiros utilizados, com as diversas designações (Quadro IX).

Na classe dos inertes mais grossos, procura-se o número de ordem do primeiro peneiro, cujo valor de passados é diferente de 100 e transmite-se essa informação.

A partir desse peneiro, o computador começa por nos pedir os valores em percentagem de passados, para cada uma das classes de inertes:

```
Passados no peneiro l:
- 1o inerte: 
- 2o inerte: 
... ..
```

```
passados no peneiro l+1:
- 1o inerte: 
- 2o inerte: 
... ..
```

```
passados no peneiro 14:
- 1o inerte: 
- 2o inerte: 
... ..
```

A cada solicitação, faremos entrar os respectivos valores.

QUADRO IX
SÉRIE DE PENEIROS UTILIZADOS

<i>Nosso número de ordem</i>	<i>Número (designação corrente)</i>	<i>Malha (mm)</i>	
1	3	76,2	INERTES GROSSOS
2	2(★)	50,8	
3	1 1/2	38,1	
4	1 (★)	25,4	
5	3/4	19,1	
6	1/2 (★)	12,7	
7	3/8	9,52	
8	4	4,76	
9	8	2,38	INERTES FINOS
10	16	1,19	
11	30	0,59	
12	50	0,297	
13	100	0,149	
14	200 (★)	0,074	

★) Peneiros que não pertencem à série de Tyler (ASTM)

Depois de introduzidos os valores dos passados do peneiro 14 , o computador apresenta-lhe um quadro com as granulometrias e pergunta se estão todos correctos.

```
valores dos passados estao  
todos correctos ?(s/n)
```

Se não cometem nenhum erro nas granulometrias, carregue na tecla

S

Se o utilizador se enganou na introdução de alguns dos valores de passados deve carregar na tecla **N** . O computador pedir-lhe-á referências:

```
numero do inerte  
a corrigir->= 
```

```
numero do peneiro c/  
valor incorrecto->= 
```

E depois pedir-lhe-á a percentagem correcta de passados:

```
passado do inerte Ir  
no peneiro l->= 
```

O valor corrigido não aparece imediatamente no quadro.

Satisfeita a correcção, voltará a ser feita a mesma pergunta, para a hipótese de haver mais do que um erro:

```
valores dos passados estao  
todos correctos? (s/n)
```

Depois de efectuadas todas as correcções, deverá carregar na tecla **S** , aparecendo então o quadro definitivo com os valores certos.

5.3.2. Cimento

1. peso C = .Kg

Indicar a dosagem de cimento em Kg por m^3 de betão.

2. peso específico = Kg/ m^3

Indicar o peso específico do cimento em Kg/ m^3

5.3.3. Métodos de Bolomey e de Faury

Met. Bolomey (B) ou Faury (F) ? (B/F)

Deverá fazer aqui, a escolha do método que pretende utilizar. Carregue na tecla ou .

1. Se carregou em , processar-se-á o método de Bolomey. Ser-lhe-ão solicitados os coeficientes A e F.

valor do coef. A:

valor do coef. F:

Após a entrada destes valores, inicia-se de imediato o cálculo, saindo muito rapidamente os resultados.

2. Se carregou em , processar-se-á o método de Faury. Ser-lhe-ão solicitados os coeficientes A, B, K e K'.

valor dos coef. Faury :

A =

B =

K =

K' =

Após estas entradas, deverá introduzir o valor do raio médio do molde, calculado para uma determinada peça, ou para a sua zona mais desfavorável, se, por acaso, pretende uma composição específica para a betonagem desses elementos.

Se não houver definição dos elementos a betonar, aconselhamo-lo a fazer

$$R/D_{\max} = 1 \quad , \quad \text{isto é,} \quad R = D_{\max}$$

raio medio do molde: R= mm

Com a entrada de R inicia-se de imediato o cálculo, saindo muito rapidamente os resultados.

3. Outras composições

O programa permite a resolução de diversas composições, Bolomey ou Faury, com o mesmo conjunto de inertes, alterando a dosagem de cimento, ou a consistência pretendida.

Em 5.5. abordaremos este assunto com pormenor.

5.4. Saída de dados e de resultados

a) Apresentação dos dados

Este programa, além dos resultados, apresenta ainda, tanto no écran, como no papel (se utiliza impressora) quase todos os elementos introduzidos.

Assinalamos aqui um aspecto respeitante à apresentação do quadro com as granulometrias do material inerte que pensamos utilizar (5.3.1.4.). Deixamos ao critério do utilizador, a precisão com que pretende introduzir as percentagens de passados. Lembramos-lhe só, que esta se poderá relacionar com a precisão obtida nos ensaios de peneiração. Deixamos-lhe, portanto, a possibilidade de introduzir os valores das percentagens em inteiros, ou com as decimais que quiser usar. Contudo, no quadro, por razões de espaço, apresentamos as percentagens de passados em valores inteiros, sendo, no entanto, os cálculos efectuados com os valores introduzidos.

b) Saída de resultados

1. Vol.vazios previsto (ACI) :

Indica o valor do volume de vazios previsto, de acordo com o quadro I, interpolando-os para os valores intermédios de D_{\max} apresentados.

2. *****
* B O L O M E Y *

2.1. percent. de cimento (só no écran)
Depois de calcular M , apresenta o valor de P_c

2.2. CURVAS DE REFERENCIA

Mostra um quadro com as curvas de referência com e sem cimento e respectivos módulos de finura.

2.3. MISTURA : Proporcoes dos inertes

São indicadas as proporções em peso para cada um dos inertes.

2.4. CURVA DA MISTURA

Mostra um quadro com a curva da mistura dos inertes e respectivo módulo de finura.

2.5. PESOS DOS INERTES

Com os valores de M e das proporções em peso dos inertes, obtemos os pesos de cada um deles.

2.6. AGUA

Indica a quantidade da água de amassadura obtida, juntamente com o valor de M , do sistema constituído pelas equações (7) e (8).

Indica ainda a importante razão, em peso, A/C

3. *****
* F A U R Y *

3.1. ordenada correspondente
abcissa $D/2 =$ mm $\rightarrow Y =$ %

Assim ficam indicadas as coordenadas do ponto de quebra.

3.2. índice de vazios:

Através da fórmula (15), calcula o índice de vazios, apresentando o seu valor.

3.3. percentagem de cimento (só no écran)

Depois de calcular m , apresenta o valor de p_c

3.4. CURVAS DE REFERENCIA

Mostra um quadro com as curvas de referência com e sem cimento e respectivos módulos de finura.

3.5. MISTURA : proporcoes dos inertes

São indicadas as proporções em volume absoluto para cada um dos inertes.

3.6. CURVA DA MISTURA

Mostra um quadro com a curva da mistura dos inertes e respectivo módulo de finura.

3.7. PESOS DOS INERTES

Com os valores de m , das proporções em volume absoluto e dos pesos específicos dos inertes, obtemos os pesos de cada um deles.

3.8. AGUA :

Indica a água de amassadura calculada pela diferença entre o índice e o volume de vazios.

Indica ainda a importante razão, em peso, A/C

5.5. Comentário

Como referimos em 5.3.3.3., o programa permite, para o mesmo conjunto de inertes, o estudo de diversas composições, variando a dosagem de cimento e a consistência pretendida.

De facto, após a saída dos valores da água de amassadura, o computador pergunta:

```
quer outra dosagem de cimento?  
(s/n)
```

Se carregar S , o computador pedir-lhe-á:

```
nova dosagem de CIMENTO: C=  Kg
```

Depois de introduzida a nova dosagem, sem qualquer outra indicação, processa-se uma nova composição utilizando o método executado anteriormente, e com os mesmos coeficientes definidores da consistência anterior.

Mas se carregar em N , o computador faz-lhe outra pergunta:

```
quer executar o outro metodo?  
(s/n)
```

E se voltar a carregar em N , daremos por terminado o estudo referente ao conjunto dos inertes introduzido inicialmente.

Mas se optar pela tecla S , aparecer-lhe-á uma pergunta já sua conhecida:

```
Met. Boloney (B) ou Faury (F)? (B/F)
```

Tem a oportunidade de, utilizando a mesma dosagem da composição anterior, efectuar novo estudo:

- 1) com o outro método, e utilizando a mesma consistência, ou outra.

2) com o mesmo método (isto, apesar da pergunta: «quer executar o outro método?»), alterando a consistência.

Parece-nos muito interessante esta possibilidade que temos de poder fazer uma análise exaustiva de resultados, principalmente, se estes puderem ser acompanhados com a execução de amassaduras experimentais e respectivos ensaios correntes com o betão fresco e endurecido.

Em algumas circunstâncias, pode aparecer a proporção, de um dos inertes da mistura, negativa.

A grande quantidade de experiências por nós efectuadas, leva-nos a afirmar que aparece uma proporção negativa, sempre que há pelo menos duas classes granulométricas com uma percentagem significativa de material granular com as mesmas dimensões. Por outras palavras, sempre que há material que é desnecessário à composição.

Particularidade interessante deste caso, se passa com a utilização de materiais granulares muito finos, associado a dosagens elevadas de cimento, em betões secos. Claro que, neste caso particular, a redução na dosagem de cimento poderá resolver o problema.

Nos outros casos, embora algumas vezes a mudança de método, ou ainda a alteração da consistência, possa conduzir a uma solução com todas as proporções positivas, a decisão que correntemente se deverá tomar, é a de rejeitar, em princípio, a classe de material granular desnecessária. É essa a nossa indicação:

EM PRINCIPIO, DEVE REFAZER
A ESCOLHA DAS CLASSES DOS
MATERIAIS INERTES A UTILIZAR

5.6. Responsabilidades

Os autores que conjuntamente desenvolveram este programa, baseados em métodos de reconhecida validade, tiveram o cuidado de o testarem exaustivamente.

Em sua opinião, ele representa uma óptima ferramenta para o técnico que se vê confrontado com a necessidade de estudar a composição de um betão.

Contudo, rejeitam quaisquer responsabilidades civis ou criminais, que possam ocorrer casualmente, como consequência do manuseio deste programa.

6. Exemplo de aplicação

Vamos supôr realizados os ensaios laboratoriais que nos dão as granulometrais e pesos específicos de 3 classes de inertes, assim como o peso específico do cimento a utilizar (Quadro X).

Calculamos o D_{max} do conjunto dos inertes, segundo o critério de Faury [5] e consideramos a razão $R/D = 1$

Não indicamos a classe de resistência, nem a consistência dada em valores de qualquer dos ensaios de trabalhabilidade.

Em relação à resistência, existem, entre outras, as expressões de Bolomey e de Feret, que a relacionam respectivamente com a razão C/A e com o quadrado do quociente $c/(1-m)$. Mas a resistência de um betão é função de um grande número de variáveis, que não devem ser analisadas de ânimo leve. Vale mais fazer o betão, compactá-lo como na obra e depois ensaiar a sua resistência.

Quanto à consistência, preferimos que seja o utente a sensibilizar os valores obtidos nos ensaios e a relacioná-los com os coeficientes dos métodos, para depois poder vir a decidir sobre a alteração da quantidade da água.

Começemos por estudar uma composição em que a dosagem de cimento é de 400 Kg por m^3 de betão.

Vamos escolher inicialmente o método de Bolomey e aproveitamos a oportunidade, de utilizar, logo a seguir, o método de Faury.

Depois, «faremos» ainda um outro «betão Faury», com os mesmos coeficientes, mas alterando-lhe a dosagem de cimento para 350 Kg por m^3 de betão.

QUADRO X

CIMENTO: $C = 400 \text{ Kg / m}^3$ $\delta_c = 3050$ Vol. Vazios (ACI): V_v INERTES: D_{max} permitido:		Coeficientes: Água:		BOLOMEY $A = 14$ $F = .43$ $A = \quad \quad \quad / \text{ m}^3$			FAURY $A = 30$ $K = 37$ $B = 2$ $K' = 003$ Índice de Vazios $\lambda =$ $A = \quad \quad \quad / \text{ m}^3$					
Peneiro		MATERIAL QUE PASSA ATRAVÉS DOS PENEIROS										
num.	malha	1	2	3	4	5	Referência		Real	Referência		Real
		Areia	Brita 1	Brita 2			c/ cim.	s/ cim.	s/ cim.	c/ cim.	s/ cim.	s/ cim.
1	76,2											
2	50,8											
3	38,1											
4	25,4			100								
5	19,1		100	82,0								
6	12,7		99,1	14,0								
7	9,52	100	88,4	2,4								
8	4,76	98,5	6,2	0,9								
9	2,38	97,7	0,8	0,2								
10	1,19	89,1	0,1	0								
11	0,59	44,8	0									
12	0,297	5,0										
13	0,149	0,2										
14	0,074	0										
mod. finura												
D_{max} (mm)							D_{max} 20,8 mm			$R = D_{max}$		
d_{min} (mm)							PROPORÇÕES E PESOS DOS INERTES					
Peso específico		2500	2650	2650			$P_1 =$	$M_1 =$	$P_1 =$	$M_1 =$		
Baridade							$P_2 =$	$M_2 =$	$P_2 =$	$M_2 =$		
Origem							$P_3 =$	$M_3 =$	$P_3 =$	$M_3 =$		
							$P_4 =$	$M_4 =$	$P_4 =$	$M_4 =$		
							$P_5 =$	$M_5 =$	$P_5 =$	$M_5 =$		

P R O J E C T O
D E
C O M P O S I C A O
D E
B E T O E S

INERTES :

Dmax.=20.8mm

pesos especificos:

p (1) =2500
p (2) =2550
p (3) =2550

valor medio=2500Kg/m3

granulometrias (% de passados)

penej ro n°	I1	I2	I3
5	100	100	82
6	100	99	14
7	100	83	2
8	99	5	1
9	98	1	0
10	89	0	0
11	45	0	0
12	5	0	0
13	0	0	0
14	0	0	0

CIMENTO :

peso C=400Kg

peso especifico=3050Kg/m3

Vol.vazios previsto (ACI):

Uv= 19litros

 * B O L O M E Y *

valor do coef. A: 14
 valor do coef. F: 0.43

CURVAS DE REFERENCIA

diam.peneiro (mm)	curva com cimento	curva sem cimento
19.1	95.4	95.5
12.7	81.2	76.7
9.50	70.2	65.5
4.75	55.1	44.4
2.38	43.1	29.4
1.19	34.5	18.9
0.59	23.5	11.3
0.297	24.3	6.1
0.149	21.3	2.4
0.074	19.1	-0.3
mod.finura	4.25	5.26

MISTURA : proporcoes dos inertes

p1= 0.31 p2= 0.42
 p3= 0.27

CURVA DA MISTURA

peneiro		passados
num.	diam. (mm)	
5	19.1	95.1
6	12.7	76.4
7	9.50	66.7
8	4.75	33.4
9	2.38	30.7
10	1.19	27.7
11	0.59	13.9
12	0.297	1.6
13	0.149	0.1
14	0.074	0.0
mod.finura		5.31

PESOS DOS INERTES

M1= 516Kg M2= 700Kg
 M3= 450Kg

AGUA :

209 litros A/C= 0.52

 * F A U R Y *

valor dos coef. Faury :

A = 30
 B = 20
 K = 0.37
 K' = .003

raio medio do molde: R=20.8mm

ordenada correspondente a
 abcissa D/2= 10.4mm --> Y= 69.2%

indice de vazios: I=0.214

 CURVAS DE REFERENCIA

diam.peneiro (mm)	curva com cimento	curva sem cimento
19.1	96.0	95.2
12.7	77.0	73.2
9.52	67.0	61.1
4.76	50.0	47.4
2.38	40.0	35.5
1.19	37.0	25.2
0.59	30.0	16.0
0.297	23.0	8.2
0.149	17.0	1.4
0.074	12.0	-4.0
mod.finura	4.25	5.1

MISTURA : proporcoes dos inertes

p1= 0.37 p2= 0.306
 p3= 0.324

 CURVA DA MISTURA

peneiro		passados
num.	diam. (mm)	
5	19.1	94.0
6	12.7	71.0
7	9.52	60.3
8	4.76	38.0
9	2.38	35.5
10	1.19	33.0
11	0.59	15.0
12	0.297	1.0
13	0.149	0.1
14	0.074	0.0
mod.finura		5.15

 PESOS DOS INERTES

M1= 606Kg M2= 531Kg
 M3= 563Kg

AGUA :

 195 litros A/C= 0.49

nova dosagem de CIMENTO: C=350Kg

CURVAS DE REFERENCIA

diam.peneiro (mm)	curva com cimento	curva sem cimento
19.1	95.0	95.3
12.7	77.6	73.8
9.52	67.6	62.1
4.76	56.2	48.7
2.38	46.3	37.1
1.19	37.6	27.0
0.59	30.0	18.1
0.297	23.5	10.5
0.149	17.9	3.8
0.074	12.9	-2.0
mod.finura	4.25	4.97

MISTURA : proporcoes dos inertes

p1= 0.389 p2= 0.294
p3= 0.317

CURVA DA MISTURA

peneiro		passados
num.	diam. (mm)	
5	19.1	94.3
6	12.7	72.6
7	9.52	64.2
8	4.76	40.4
9	2.38	38.3
10	1.19	34.7
11	0.59	17.4
12	0.297	1.9
13	0.149	0.1
14	0.074	0.0
mod.finura		5.09

PESOS DOS INERTES

M1= 653Kg M2= 523Kg
M3= 564Kg

AGUA :

195 litros A/C= 0.56

BIBLIOGRAFIA

- [1] *Regulamento de Betões de Ligantes Hidráulicos*, Decreto nº 404/71, de 23 de Setembro.
- [2] Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-esforçado, Decreto-Lei nº 349-C/83, de 30 de Julho.
- [3] SOUSA COUTINHO, A., *O Controle da Fabricação do Betão e a Medição da sua Qualidade no Estaleiro*, Memória nº 188, LNEC, Lisboa, 1962.
- [4] SOUSA COUTINHO, A., *Fabrico e Propriedades do Betão*, LNEC, Lisboa, 1971.
- [5] FAURY, J., *Le Béton*, 3.ème édition, Dunod, Paris, 1958.
- [6] VALLETTE, Roger, *Manuel de Composition des Bétons. Méthode expérimentale* Vallette, Éditions Eyrolles, Paris, 1963.
- [7] DURIEZ, M. et ARRAMBIDE, J., *Nouveau traité de matériaux de construction — Tome I*, 2.ème édition, Dunod, Paris, 1961.
- [8] DREUX, Georges, *Nouveau Guide du Béton*, Éditions Eyrolles, Paris.
- [9] PETRUCCI, Eládio G., *Concreto de Cimento Portland*, 2ª edição, Editora Globo, Porto Alegre, 1973.
- [10] PISKUNOV, N., *Cálculo Diferencial e Integral*, 3ª edición, Tomo I, Editorial Mir, Moscú, 1977.

ANEXO

1 - LISTAGEM DO PROGRAMA

PROJECTO
DE
COMPOSICAO
DE
BETÕES

2 - IMPRESSO NECESSÁRIO PARA PREENCHIMENTO DOS DADOS E RESULTADOS DA COMPOSIÇÃO DO BETÃO


```

1 PRINT AT 20,0;
  "P R O J E C T O"; PRINT
  AT 4,14,"D E"; PRINT AT 5,6
  "C O M P O S I C A O";
3 PRINT AT 8,14,"D E"; PRINT
  AT 10,10,"B E T O E S";
  PRINT ; PRINT
6 PRINT AT 2,8;
  "P R O J E C T O"; LPRINT ;
  PRINT AT 4,14,"D E";
  LPRINT ; PRINT AT 5,6;
  "C O M P O S I C A O";
8 LPRINT ; PRINT AT 8,14;
  "D E"; LPRINT ; LPRINT AT
  10,10;"B E T O E S";
  LPRINT ; LPRINT ; LPRINT ;
  LPRINT
15 DIM o(14); DIM s(14); DIM
  t(14); DIM u(14); DIM p(5)
20 DIM v(14); DIM w(14); DIM
  z(14); DIM a(4,5)
30 DIM d(14); DIM n(14)
35 LET p7=0; LET k=0
36 FOR i=1 TO 4
37 FOR j=1 TO 5
38 LET a(i,j)=0
39 NEXT j
40 NEXT i
41 LET n(1)=1; LET n(3)=1; LET
  n(5)=1; LET n(7)=1; LET n(
  9)=1; LET n(11)=1; LET n(12
  )=1; LET n(13)=1
42 LET n(2)=0; LET n(4)=0; LET
  n(6)=0; LET n(14)=0
43 LET d(1)=76.2; LET d(2)=
  50.8; LET d(3)=38.1; LET d
  (4)=25.4
44 LET d(5)=19.1; LET d(6)=
  12.7; LET d(7)=9.52; LET d(
  8)=4.76
45 LET d(9)=2.38; LET d(10)=1.
  19; LET d(11)=0.59
46 LET d(12)=.297; LET d(13)=.
  149; LET d(14)=.074 ;
  REM -ENTRADA DE DADOS-
47 PRINT AT 20,0;
  "Os INERTES tem pesos";
  PRINT AT 20,21;"especificos"
48 LET y=0; PRINT #0;
  "todos iguais ?(s/n)";
  PAUSE 0
49 IF INKEY$="S" OR INKEY$="s"
  THEN LET y=1
50 CLS
51 PRINT "INERTES "; PRINT
  "-----"; LPRINT
  "INERTES "; LPRINT
  "-----"
52 PRINT TAB 8;"num. classes=";
  INPUT c; PRINT c; PRINT
53 IF c>5 THEN PRINT ; PRINT
  "O programa so admite um";
  PRINT " numero maximo ";
  PRINT
  " de 5 classes de inertes";
  PRINT ; GO TO 52
54 PRINT TAB 14;"Dmax=";
  LPRINT TAB 14;"Dmax=";
  INPUT d1; PRINT d1;"mm";
  LPRINT d1;"mm"
55 IF y=1 THEN GO TO 66
56 PRINT ; LPRINT
57 PRINT " pesos especificos:"
  LPRINT
  " pesos especificos:"
58 FOR i=1 TO c
59 PRINT TAB 15;"p(";i;")=";
  LPRINT TAB 15;"p(";i;")=";
60 INPUT p(i); PRINT p(i);
  LPRINT p(i)
61 LET p7=p7+p(i)
62 NEXT i
63 LET p8=p7/c; LPRINT
  LPRINT TAB 8;"valor medio="
  INT (p8+.5);"Kg/m3"; PRINT
65 PRINT TAB 8;"valor medio=";
  INT (p8+.5);"Kg/m3"; PRINT
  ; GO TO 71

```

```

66 PRINT TAB 4;
  "peso especifico="; LPRINT
  TAB 4;"peso especifico=";
67 INPUT p8; PRINT p8;"Kg/m3"
  ; PRINT p8;"Kg/m3"; PRINT
68 FOR i=1 TO c
69 LET p(i)=p8
70 NEXT i
71 INPUT "numero do 1º peneiro"
  c/material retido ="
  p
72 FOR l=p TO 14
73 PRINT "passados no peneiro"
  ; LPRINT ; PRINT
74 PRINT " - 1º inerte: ";
  INPUT w(l); PRINT w(l)
75 PRINT " - 2º inerte: ";
  INPUT v(l); PRINT v(l)
76 IF r<3 THEN GO TO 82
77 PRINT " - 3º inerte: ";
  INPUT u(l); PRINT u(l)
78 IF r<4 THEN GO TO 82
79 PRINT " - 4º inerte: ";
  INPUT t(l); PRINT t(l)
80 IF r<5 THEN GO TO 82
81 PRINT " - 5º inerte: ";
  INPUT s(l); PRINT s(l)
82 PRINT
83 NEXT l
84 PRINT ; PRINT ; PRINT
  "granulometrias (% de";
  PRINT " passados)"; PRINT
85 IF r>2 THEN GO TO 89
86 PRINT "penei"; PRINT
  "ro n°"; PRINT " "; TAB
  12;"I1";TAB 20;"I2"; PRINT
87 FOR l=p TO 14
88 PRINT TAB 1;l;TAB 12;INT (
  w(l)+.5);TAB 20;INT (v(l)+
  .5); NEXT l; GO TO 100
89 IF r>3 THEN GO TO 93
90 PRINT "penei"; PRINT
  "ro n°"; PRINT " "; TAB
  12;"I1";TAB 20;"I2";TAB 28
  ;"I3"; PRINT
91 FOR l=p TO 14
92 PRINT TAB 1;l;TAB 12;INT (
  w(l)+.5);TAB 20;INT (v(l)+
  .5);TAB 28;INT (u(l)+.5);
93 IF r>4 THEN GO TO 97
94 PRINT "penei"; PRINT
  "ro n°"; PRINT " "; TAB
  8;"I1";TAB 15;"I2";TAB 22;
  "I3";TAB 29;"I4"; PRINT
95 FOR l=p TO 14
96 PRINT TAB 1;l;TAB 8;INT (
  w(l)+.5);TAB 15;INT (v(l)+
  .5);TAB 22;INT (u(l)+.5);
  TAB 29;INT (t(l)+.5); NEXT
  l; GO TO 100
97 PRINT "penei"; PRINT
  "ro n°"; PRINT " "; TAB
  6;"I1";TAB 12;"I2";TAB 18;
  "I3";TAB 24;"I4";TAB 29;
  "I5"; PRINT
98 FOR l=p TO 14
99 PRINT TAB 1;l;TAB 6;INT
  (w(l)+.5);TAB 12;INT (v(l)
  +.5);TAB 18;INT (u(l)+.5);
  TAB 24;INT (t(l)+.5);TAB 29
  ;INT (s(l)+.5); NEXT l
100 LET y=0; PRINT #0;
  "valores dos passados estao
  todos correctos? (s/n)";
  PAUSE 0
101 IF INKEY$="S" OR INKEY$="s"
  THEN LET y=1; CLS
102 IF y=1 THEN GO TO 120
103 INPUT "numero do inerte"
  a corrigir="";i1
104 INPUT "numero do peneiro c/"
  "valor incorrecto=";
  ;p8
105 PRINT ; PRINT
  "passado do inerte I"
  ;i1;TAB 0;" no peneiro "
  ;p8;"->="; INPUT r2; PRINT
  r2
106 IF i1<>31 THEN GO TO 103
107 LET w(p8)=r2; GO TO 100
108 IF i1<>2 THEN GO TO 110
109 LET v(p8)=r2; GO TO 100
110 IF i1<>3 THEN GO TO 112

```

```

111 LET v(p6)=r2: GO TO 100
112 IF i1<>4 THEN GO TO 114
113 LET t(p6)=r2: GO TO 100
114 IF i1<>5 THEN GO TO 100
115 LET s(p6)=r2: GO TO 100
1200 PRINT : LPRINT
1202 PRINT "granulometrias": LPRINT
      (% de passados): LPRINT
131 IF r>2 THEN GO TO 130
132 PRINT "penei": PRINT
      "ro n": PRINT " "
      TAB 12;"I1";TAB 20;"I2":
      PRINT
133 LPRINT "penei": LPRINT
      "ro n": LPRINT " "
      TAB 12;"I1";TAB 20;"I2":
      LPRINT
134 FOR l=p TO 14
135 PRINT TAB 1;l;TAB 12;INT (
w(l)+.5);TAB 20;INT (v(l)+
.5)
136 LPRINT TAB 1;l;TAB 12;INT (
w(l)+.5);TAB 20;INT (v(l)+
.5)
137 NEXT l: GO TO 212
138 IF r>3 THEN GO TO 146
139 PRINT "penei": PRINT
      "ro n": PRINT " "
      TAB 12;"I1";TAB 20;"I2";
      TAB 28;"I3": PRINT
140 LPRINT "penei": LPRINT
      "ro n": LPRINT " "
      TAB 12;"I1";TAB 20;"I2";
      TAB 28;"I3": LPRINT
141 FOR l=p TO 14
142 PRINT TAB 1;l;TAB 12;INT (
w(l)+.5);TAB 20;INT (v(l)+
.5);TAB 28;INT (u(l)+.5)
143 LPRINT TAB 1;l;TAB 12;INT (
w(l)+.5);TAB 20;INT (v(l)+
.5);TAB 28;INT (u(l)+.5)
144 NEXT l: GO TO 212
145 IF r>4 THEN GO TO 155
147 PRINT "penei": PRINT
      "ro n": PRINT " "
      TAB 8;"I1";TAB 15;"I2";TAB 22;
      "I3";TAB 29;"I4": PRINT
148 LPRINT "penei": LPRINT
      "ro n": LPRINT " "
      TAB 8;"I1";TAB 15;"I2";
      TAB 22;"I3";TAB 29;"I4":
      LPRINT
149 FOR l=p TO 14
150 PRINT TAB 1;l;TAB 8;INT (w(
l)+.5);TAB 15;INT (v(l)+.5)
;TAB 22;INT (u(l)+.5);TAB
29;INT (t(l)+.5)
151 LPRINT TAB 1;l;TAB 8;INT (w
(l)+.5);TAB 15;INT (v(l)+.5
);TAB 22;INT (u(l)+.5);TAB
29;INT (t(l)+.5)
152 NEXT l: GO TO 212
155 PRINT "penei": PRINT
      "ro n": PRINT " "
      TAB 6;"I1";TAB 12;"I2";
      "I2";TAB 18;"I3";TAB 24;
      "I4";TAB 29;"I5": PRINT
156 LPRINT "penei": LPRINT
      "ro n": LPRINT " "
      TAB 6;"I1";TAB 12;"I2";TAB
18;"I3";TAB 24;"I4";TAB 29;
      "I5": LPRINT
157 FOR l=p TO 14
159 PRINT TAB 1;l;TAB 6;INT (w(
l)+.5);TAB 12;INT (v(l)+.5
);TAB 18;INT (u(l)+.5);TAB
24;INT (t(l)+.5);TAB 29;INT
(s(l)+.5)
160 LPRINT TAB 1;l;TAB 6;INT (w
(l)+.5);TAB 12;INT (v(l)+.5
);TAB 18;INT (u(l)+.5);TAB
24;INT (t(l)+.5);TAB 29;INT
(s(l)+.5)
212 PRINT : LPRINT
213 PRINT "CIMENTO": PRINT
      "-----": LPRINT
      "CIMENTO": LPRINT
      "-----"
214 PRINT TAB 9;"peso C=":
      INPUT c1: PRINT c1;"Kg":
      LPRINT TAB 8;"peso C=":
      LPRINT c1;"Kg"
215 PRINT "Peso especifico=":
      INPUT c2: PRINT c2;
      "Kg/m3": LPRINT
      "peso especifico=": LPRINT
      c2;"Kg/m3"
216 PRINT : LPRINT : PRINT :
      LPRINT :
      REM -VOLUME DE VAZIOS-
217 IF d1<=9.5 THEN LET v=.03
218 IF d1>9.5 AND d1<=12.7
      THEN LET v=INT ((.03-(d1-
      9.5)*.005/3.2)*1000+.5)/
      1000
219 IF d1>12.7 AND d1<=19.1
      THEN LET v=INT ((.025-(d1-
      12.7)*.005/6.4)*1000+.5)/
      1000
220 IF d1>19.1 AND d1<=25.4
      THEN LET v=INT ((.02-(d1-
      19.1)*.005/6.3)*1000+.5)/
      1000
230 IF d1>25.4 AND d1<=38.1
      THEN LET v=INT ((.015-(d1-
      25.4)*.005/12.7)*1000+.5)/
      1000
240 IF d1>38.1 AND d1<=50.8
      THEN LET v=INT ((.01-(d1-
      38.1)*.005/12.7)*1000+.5)/
      1000
250 IF d1>50.8 AND d1<=76.2
      THEN LET v=INT ((.005-(d1-
      50.8)*.002/25.4)*1000+.5)/
      1000
260 IF d1>76.2 THEN LET v=.003
270 PRINT "Uol.vazios previsto(ACI)":
      PRINT
      "-----"
271 LPRINT "Uol.vazios previsto(ACI)":
      LPRINT
      "-----"
273 PRINT TAB 13;"Uv=";v*1000
      ;"litros"
274 LPRINT TAB 13;"Uv=";v*1000
      ;"litros"
275 PRINT : PRINT : PRINT :
      LPRINT :
280 LET y1=0: PRINT #0;
      "Met.Bolomey(B) ou Faury(F)
      : PRINT #0;"(B/F)";
      PAUSE 0
285 IF INKEY$="B" OR INKEY$="b"
      THEN LET y1=1: CLS
290 IF y1=0 THEN GO TO 1030
295 REM -METODO DE BOLOMEY-
400 PRINT AT 7,8;
      "*****"
402 PRINT TAB 9;FLASH 1;
      "* B O L O M E Y *"
404 PRINT AT 9,8;
      "*****": BEEP
      3,16: PRINT : PRINT
405 LPRINT AT 7,8;
      "*****"
419 LPRINT TAB 9;
      "* B O L O M E Y *"
420 LPRINT AT 9,8;
      "*****":
      LPRINT : LPRINT
422 LET n=0: LET p1=0
425 PRINT "valor do coef. A":
426 LPRINT "valor do coef. A":
      ;
427 INPUT a: PRINT a: LPRINT a
439 PRINT "valor do coef. F":
440 LPRINT "valor do coef. F":
      ;
441 INPUT f: PRINT f: LPRINT f
442 PRINT : LPRINT
443 FOR l=p TO 14
444 LET p5=A+(100-A)*(d(l)/d1)+
      0.5
445 LET n=n+n(l)
447 LET p1=p1+n(l)*p5
449 NEXT l
450 LET f1=n-p1/100
452 LET f1=INT (f1*100+.5)/100
454 LET x1=f*(1+c1/p8-c1/c2-v)/
      (f1/p8+.001*f)

```

```

456 LET x2=(f1*(1-c1/c2-v)-
(00*#*c1))/ (f1/p2+.001*f)
459 PRINT
460 LET c3=100*c1/(c1+x2)
461 PRINT
"percent.de cimento=";INT
(c3*10+.5)/10
462 PRINT
475 PRINT : LPRINT
480 PRINT "CURVAS DE REFERENCIA"
485 LPRINT
"CURVAS DE REFERENCIA"
490 PRINT
"-----";
LPRINT
"-----"
492 PRINT : LPRINT
493 PRINT "diam.peneiro curva";
: PRINT " com curva sem"
495 LPRINT "diam.peneiro curva"
: LPRINT " com curva sem"
496 PRINT TAB 4; "(mm)";TAB 14;
"cimento";TAB 24;"cimento"
497 LPRINT TAB 4; "(mm)";TAB 14;
"cimento";TAB 24;"cimento"
498 PRINT : LPRINT
499 LET p3=0: LET n1=0
500 FOR l=p TO 14
510 LET p4=A+(100-A)*(d(l)/d1)
+0.5
520 LET z(l)=(p4-c3)*(100/(100-
c3))
522 LET e=d(l): LET e$=STR$ e:
IF e$(1)="." THEN LET e$="
0"+e$
523 LET b3=LEN STR$ INT VAL e$
524 LET z=INT (z(l)*10+.5)/10:
LET z$=STR$ z: LET c=INT(
p4*10+.5)/10: LET c$=STR$ c
526 IF z$(1)="." THEN LET z$="
0"+z$: IF c$(1)="." THEN
LET c$="0"+c$
527 LET b1=LEN STR$ INT VAL z$:
LET b2=LEN STR$ INT VAL c$
530 PRINT TAB 5-b3; (e$);TAB 17-
b2; (c$+(" " AND b2=LEN c$)+
"0") ( TO b2+2);TAB 27-b1; (
z$+(" " AND b1=LEN z$)+"0")
( TO b1+2)
540 LPRINT TAB 5-b3; (e$);TAB 17
-b2; (c$+(" " AND b2=LEN c$)
+"0") ( TO b2+2);TAB 27-b1; (
z$+(" " AND b1=LEN z$)+"0")
( TO b1+2)
550 LET n1=n1+n(l)
555 LET q1=n(l)*z(l)
560 IF q1<0 THEN LET q1=0
565 LET p3=p3+q1
570 NEXT l
580 LET f2=n1-p3/100
590 LET f2=INT (f2*100+.5)/100
600 PRINT : LPRINT
620 PRINT "mod.finura";TAB 16;
f1;TAB 26;f2
630 LPRINT "mod.finura";TAB 16;
f1;TAB 26;f2
700 GO TO 1800
1030 CLS
1040 PRINT : LPRINT : PRINT :
LPRINT
1045 REM METODO DE FAURY-
1051 PRINT AT 7,10;
"*****";
1052 PRINT TAB 11; FLASH 1;
"* F A U R Y *";
1053 PRINT AT 9,10;
"*****"; BEEP 3,-3
: PRINT : PRINT
1054 LPRINT AT 7,10;
"*****";
1055 LPRINT TAB 11;
"* F A U R Y *";
1056 LPRINT AT 9,10;
"*****"; LPRINT :
LPRINT
1057 LET n=0: LET p1=0
1058 PRINT
"valor dos coef. Faury ";
: PRINT
1059 LPRINT
"valor dos coef. Faury ";
: LPRINT

```

```

1050 PRINT TAB 10;"A=";
1051 LPRINT TAB 10;"A=";
1070 INPUT a: PRINT a: LPRINT a
1080 PRINT TAB 10;"B=";
1081 LPRINT TAB 10;"B=";
1090 INPUT b: PRINT b: LPRINT b
1100 PRINT TAB 10;"K=";
1101 LPRINT TAB 10;"K=";
1110 INPUT k: PRINT k: LPRINT k
1120 PRINT TAB 10;"K=";
1121 LPRINT TAB 10;"K=";
1130 INPUT k1: PRINT k1: LPRINT
k1
1290 PRINT : LPRINT
1300 PRINT
"raio medio do molde: R=";
1301 LPRINT
"raio medio do molde: R=";
1310 INPUT r1: PRINT r1;"mm";
LPRINT r1;"mm"
1315 PRINT : LPRINT
1320 PRINT
"ordenada correspondente a"
: PRINT "abscissa D/2=";
d1/2;"mm -->";"Y=";
1321 LPRINT
"ordenada correspondente a"
: PRINT "abscissa D/2=";
d1/2;"mm -->";"Y=";
1330 LET y=a+17*d1+.2+b/(r1/d1)
-.75: PRINT INT (y*10+.5)
/10;"X"
1331 LPRINT INT (y*10+.5)/10;"X"
1350 FOR l=p TO 14
1370 IF d(l)<=d1/2 THEN GO TO
1420
1390 LET p5=((100-y)*d(l)+.2+y*d
1+.2-100*(d1/2)+.2)/(d1+.2-
(d1/2)+.2)
1392 LET n=n+n(l)
1394 LET p1=p1+n(l)*p5
1410 GO TO 1450
1420 LET p5=y*(.0065+.2-d(l)+.2)
/(.0065+.2-(d1/2)+.2)
1422 LET n=n+n(l)
1424 LET p1=p1+n(l)*p5
1450 NEXT l
1460 LET i1=INT ((n-p1/100)*100+
.5)/100
1548 LET I1=k/d1+.2+k1/(r1/d1)
-.75)
1549 PRINT : LPRINT
1550 PRINT
"indice de vazios: I=";
1551 LPRINT
"indice de vazios: I=";
1553 PRINT INT (I1*1000+.5)/1000
1555 LPRINT INT (I1*1000+.5)/
1000
1556 PRINT : LPRINT
1580 LET m=1-((c1/c2)+I1)
1590 LET c3=100*(c1/c2)/(c1/c2)
+m)
1600 PRINT
"percent. de cimento=";
INT (c3*10+.5)/10
1601 PRINT : LPRINT : PRINT :
LPRINT
1602 PRINT
"CURVAS DE REFERENCIA"
1603 LPRINT
"CURVAS DE REFERENCIA"
1604 PRINT
"-----";
LPRINT
"-----"
1605 PRINT : LPRINT
1606 PRINT "diam.peneiro curva";
: PRINT " com curva sem"
1610 LPRINT "diam.peneiro curva"
: LPRINT " com curva sem"
1611 PRINT TAB 4; "(mm)";TAB 14;
"cimento";TAB 24;"cimento"
1612 LPRINT TAB 4; "(mm)";TAB 14;
"cimento";TAB 24;"cimento"
1615 PRINT : LPRINT
1645 LET p3=0: LET n1=0
1650 FOR l=p TO 14
1670 IF d(l)<=d1/2 THEN GO TO
1720
1690 LET p4=((100-y)*d(l)+.2+y*
d1+.2-100*(d1/2)+.2)/(d1+.2-
(d1/2)+.2)
1700 LET z(l)=(p4-c3)*(100/(100-
c3))

```

```

1702 LET n1=n1+n(l)
1704 LET p3=p3+n(l)*z(l)
1710 GO TO 1730
1720 LET p4=y+(.0005*(2-d(l)+.2)
/(.0005*(2-d1/2)+.2)
1725 LET z(l)=(p4-c3)*(100/(100-
c3))
1726 LET n1=n1+n(l)
1727 LET q1=n(l)*z(l)
1728 IF q1<0 THEN LET q1=0
1729 LET p3=p3+q1
1730 LET e=d(l); LET e$=STR$ e;
IF e$(1)="." THEN LET e$=
"0"+e$
1731 LET b3=LEN STR$ INT VAL e$
1732 LET z=INT (z(l)+10+.5)/10;
LET z$=STR$ z; LET c=INT (
p4*10+.5)/10; LET c$=STR$ c
1735 IF z$(1)="." THEN LET z$=
"0"+z$; IF c$(1)="." THEN
LET c$="0"+c$
1737 LET b1=LEN STR$ INT VAL z$;
LET b2=LEN STR$ INT VAL c$
1740 PRINT TAB 5-b3; (e$); TAB 17-
b2; (c$+(" " AND b2=LEN c$)+
"0") ( TO b2+2); TAB 27-b1; (
z$+(" " AND b1=LEN z$)+("0"
) ( TO b1+2)
1745 LPRINT TAB 5-b3; (e$); TAB 17
-b2; (c$+(" " AND b2=LEN c$)
+"0") ( TO b2+2); TAB 27-b1; (
z$+(" " AND b1=LEN z$)+("0"
) ( TO b1+2)
1750 NEXT l
1755 LET f2=INT ((n1-p3/100)*100
+.5)/100
1760 PRINT : LPRINT
1765 PRINT "mod. finura"; TAB 16;
f1; TAB 26; f2
1770 LPRINT "mod. finura"; TAB 16;
f1; TAB 26; f2
1775 REM -MET. MINIMOS QUADRADOS-
1800 FOR l=p TO 14
2600 FOR i=1 TO r-1
2610 IF i=1 THEN GO TO 2650
2620 IF i=2 THEN GO TO 2670
2630 IF i=3 THEN GO TO 2690
2650 LET x=s(l)-w(l); GO TO
2690
2660 LET x=v(l)-w(l); GO TO
2690
2670 LET x=u(l)-w(l); GO TO
2690
2680 LET x=t(l)-w(l); GO TO
2690
2690 LET a(i,1)=a(i,1)+x*(v(l)
-w(l))
2700 IF r<=2 THEN GO TO 2780
2730 LET a(i,2)=a(i,2)+x*(u(l)
-w(l))
2740 IF r<=3 THEN GO TO 2780
2750 LET a(i,3)=a(i,3)+x*(t(l)
-w(l))
2760 IF r<=4 THEN GO TO 2780
2770 LET a(i,4)=a(i,4)+x*(s(l)
-w(l))
2780 LET a(i,r)=a(i,r)+x*(z(l)-
w(l))
2790 NEXT i
2795 NEXT l
3000 FOR j=1 TO r-1
3010 FOR i=j TO r-1
3030 IF a(i,j)<0 THEN GO TO
3070
3040 NEXT i
3050 PRINT "nao e solucao unica"
3060 GO TO 6050
3070 FOR k=1 TO r
3080 LET x=a(j,k)
3090 LET a(j,k)=a(i,k)
3100 LET a(i,k)=x
3110 NEXT k
3120 LET y3=1/a(j,j)
3130 FOR k=1 TO r
3140 LET a(j,k)=y3*a(j,k)
3150 NEXT k
3160 FOR i=1 TO r-1
3170 IF i=j THEN GO TO 3220
3180 LET y3=-a(i,j)
3190 FOR k=1 TO r
3200 LET a(i,k)=a(i,k)+y3*a(j,k)
3210 NEXT k
3220 NEXT i
3230 NEXT j
3240 PRINT : LPRINT : PRINT :
LPRINT :
REM -PROPORCOES E CURVA DA
MISTURA DOS INERTES
3241 PRINT "MISTURA "; PRINT
"proporcoes dos inertes";
PRINT "-----"
3242 LPRINT "MISTURA "; LPRINT
"proporcoes dos inertes";
LPRINT "-----"
3243 PRINT : LPRINT
3500 LET p2=INT (a(1,r)*1000+
0.5)/1000
3505 IF r>2 THEN GO TO 3520
3510 LET p1=INT ((1-p2)*1000+
0.5)/1000
3512 PRINT "p1="; p1; "p2="; p2
3513 LPRINT "p1="; p1; "p2="; p2
3514 IF p1<0 OR p2<0 THEN GO TO
3592
3515 GO TO 3595
3520 LET p3=INT (a(2,r)*1000+
0.5)/1000
3530 IF r>3 THEN GO TO 3550
3540 LET p1=INT ((1-p2-p3)*1000
+.5)/1000
3542 PRINT "p1="; p1; "p2="; p2;
"p3="; p3
3543 LPRINT "p1="; p1; "p2="; p2;
"p3="; p3
3544 IF p1<0 OR p2<0 OR p3<0
THEN GO TO 3592
3545 GO TO 3595
3550 LET p4=INT (a(3,r)*1000+
0.5)/1000
3560 IF r>4 THEN GO TO 3580
3570 LET p1=INT ((1-p2-p3-p4)+
1000+.5)/1000
3572 PRINT "p1="; p1; "p2="; p2;
"p3="; p3; "p4="; p4
3573 LPRINT "p1="; p1; "p2="; p2;
"p3="; p3; "p4="; p4
3574 IF p1<0 OR p2<0 OR p3<0 OR
p4<0 THEN GO TO 3592
3575 GO TO 3595
3580 LET p5=INT (a(4,r)*1000+
0.5)/1000
3581 LET p1=INT ((1-p2-p3-p4-p5)
+1000+.5)/1000
3582 PRINT "p1="; p1; "p2="; p2;
"p3="; p3; "p4="; p4; "p5=";
p5
3583 LPRINT "p1="; p1; "p2="; p2;
"p3="; p3; "p4="; p4; "p5=";
p5
3585 IF p1>=0 OR p2>=0 OR p3>=0
OR p4>=0 OR p5>=0 THEN
GO TO 3595
3592 PRINT : PRINT
PRINT TAB 3; FLASH 1;
"EM PRINCIPIO, DEVE";
PRINT : FLASH 1; "REFAZER";
PRINT : PRINT TAB 3;
FLASH 1;
" A ESCOLHA DAS CLASSES DOS "
PRINT : PRINT TAB 3;
FLASH 1;
" MATERIAIS INERTES A ";
PRINT : FLASH 1; " UTILIZAR "
PRINT : BEEP 1,1; BEEP 1,3; BEEP
1,1
3594 PRINT : LPRINT : PRINT :
LPRINT : GO TO 3750
3595 PRINT : LPRINT : PRINT :
LPRINT :
3596 PRINT "CURVA DA MISTURA"
3597 LPRINT "CURVA DA MISTURA"
3598 PRINT "-----"
3599 LPRINT "-----";
LPRINT
3600 PRINT TAB 2; "peneiro";
TAB 17; "passados"; PRINT
"-----"; TAB 17;
"-----";

```

```

3601 LPRINT TAB 2;"peneiro";
TAB 17;"passados"; LPRINT
"-----";TAB 17;

3602 PRINT "num.":TAB 7;"diam.":
3603 LPRINT "num.":TAB 7;"diam.":
3604 PRINT TAB 7;"(mm)": LPRINT
TAB 7;"(mm)";

3605 LET p9=0; LET n3=0
3606 FOR l=p TO 14
3610 IF r=3 THEN GO TO 3640
3613 IF r=4 THEN GO TO 3660
3615 IF r=5 THEN GO TO 3670
3620 LET o(l)=p1*w(l)+p2*v(l)

3625 LET n3=n3+n(l)
3630 LET p9=p9+n(l)*o(l); GO JO
3680

3640 LET o(l)=p1*w(l)+p2*v(l)+
p3*u(l)
3645 LET n3=n3+n(l)
3650 LET p9=p9+n(l)*o(l); GO TO
3680

3660 LET o(l)=p1*w(l)+p2*v(l)+
p3*u(l)+p4*t(l)
3665 LET n3=n3+n(l)
3667 LET p9=p9+n(l)*o(l); GO TO
3680

3670 LET o(l)=p1*w(l)+p2*v(l)+
p3*u(l)+p4*t(l)+p5*s(l)
3671 LET n3=n3+n(l)
3672 LET p9=p9+n(l)*o(l)
3680 LET e=d(l); LET e$=STR$ e;
IF e$(1)="." THEN LET e$=
"0"+e$

3685 LET b3=LEN STR$ INT VAL e$
3686 LET o=INT (o(l)*10+.5)/10;
LET o$=STR$ o
3688 IF o$(1)="." THEN LET o$=
"0"+o$

3689 LET b1=LEN STR$ INT VAL o$
3690 PRINT l;TAB 8-b3;(e$);
TAB 21-b1;(o$+(" " AND b1=
LEN o$)+0) ( TO b1+2)
3691 LPRINT l;TAB 8-b3;(e$);
TAB 21-b1;(o$+(" " AND b1=
LEN o$)+0) ( TO b1+2)
3692 NEXT l
3694 LET f3=INT ((n3-p9/100)*100
+.5)/100
3695 PRINT : LPRINT
3696 PRINT "mod.finura";TAB 20;
f3
3697 LPRINT "mod.finura";TAB 20;
f3

3700 REM -SAIDA DE RESULTADOS
DO METODO DE BOLOMEY-

```

```

3701 PRINT : LPRINT : PRINT :
LPRINT
3702 PRINT "PESOS DOS INERTES";
PRINT "-----";
PRINT
3703 LPRINT "PESOS DOS INERTES";
LPRINT "-----";
LPRINT
3705 IF y1=0 THEN GO TO 3800
3706 LET M1=INT ((p1*x2)+.5)
3707 LET M2=INT ((p2*x2)+.5)
3708 IF r>2 THEN GO TO 3711
3710 PRINT "M1=";M1;"Kg";"M2=";
M2;"Kg"; LPRINT "M1=";M1;
"Kg";"M2=";M2;"Kg"; GO TO
3740
3711 LET M3=INT ((p3*x2)+.5)
3712 IF r>3 THEN GO TO 3715
3714 PRINT "M1=";M1;"Kg";"M2=";
M2;"Kg";"M3=";M3;"Kg";
LPRINT "M1=";M1;"Kg";
"M2=";M2;"Kg";"M3=";M3;
"Kg"; GO TO 3740
3715 LET M4=INT ((p4*x2)+.5)
3716 IF r>4 THEN GO TO 3719
3718 PRINT "M1=";M1;"Kg";"M2=";
M2;"Kg";"M3=";M3;"Kg";
M4=";M4;"Kg"; LPRINT
"M1=";M1;"Kg";"M2=";M2;
"Kg";"M3=";M3;"Kg";"M4=";
M4;"Kg"; GO TO 3740
3719 LET M5=INT ((p5*x2)+.5)

```

```

3722 PRINT "M1=";M1;"Kg";"M2=";
M2;"Kg";"M3=";M3;"Kg";
M4=";M4;"Kg";"M5=";M5;
"Kg"; LPRINT "M1=";M1;
"Kg";"M2=";M2;"Kg";"M3=";M3;
"Kg";"M4=";M4;"Kg";"M5=";
M5;"Kg";

3740 PRINT : PRINT : LPRINT
3744 PRINT "AGUA"; LPRINT
"-----"; LPRINT "AGUA";
LPRINT "-----"
3745 PRINT INT (x1+.5);" litros";
TAB 15;"A/C=";INT (x1/c1*
100+.5)/100; LPRINT INT (x1
+.5);" litros";TAB 15;
"A/C=";INT (x1/c1*100)/100
LPRINT : LPRINT
3750 LET y2=0; PRINT #0;
"quer outra dosagem de ";
PRINT #0;"cimento? (s/n)";
PAUSE 0
3751 IF INKEY$="S" OR INKEY$="s"
THEN LET y2=1; CLS
3752 CLS
3754 IF y2=0 THEN GO TO 4000
3754 PRINT : LPRINT
3755 PRINT "nova dosagem de ";
3756 PRINT "CIMENTO: C=";
LPRINT "nova dosagem de ";
LPRINT "CIMENTO: C=";
3758 INPUT c1; PRINT c1;"Kg";
LPRINT c1;"Kg";
3759 PRINT "-----";
PRINT "-----";
3760 LPRINT "-----";
LPRINT "-----";
3765 PRINT : LPRINT : GO TO 454

3790 REM -SAIDA DE RESULTADOS
DO METODO DE FAURY-
3800 LET M1=INT ((p1*x*p(1))+.5)
3805 LET M2=INT ((p2*x*p(2))+.5)
3807 IF r>2 THEN GO TO 3811
3810 PRINT "M1=";M1;"Kg";"M2=";
M2;"Kg"; LPRINT "M1=";M1;
"Kg";"M2=";M2;"Kg"; GO TO
3840
3811 LET M3=INT ((p3*x*p(3))+.5)
3812 IF r>3 THEN GO TO 3815
3814 PRINT "M1=";M1;"Kg";"M2=";
M2;"Kg";"M3=";M3;"Kg";
LPRINT "M1=";M1;"Kg";
"M2=";M2;"Kg";"M3=";M3;
"Kg"; GO TO 3840
3815 LET M4=INT ((p4*x*p(4))+.5)
3816 IF r>4 THEN GO TO 3819
3818 PRINT "M1=";M1;"Kg";"M2=";
M2;"Kg";"M3=";M3;"Kg";
M4=";M4;"Kg"; LPRINT
"M1=";M1;"Kg";"M2=";M2;
"Kg";"M3=";M3;"Kg";"M4=";
M4;"Kg"; GO TO 3840
3819 LET M5=INT ((p5*x*p(5))+.5)
3822 PRINT "M1=";M1;"Kg";"M2=";
M2;"Kg";"M3=";M3;"Kg";
M4=";M4;"Kg";"M5=";M5;
"Kg"; LPRINT "M1=";M1;
"Kg";"M2=";M2;"Kg";"M3=";M3;
"Kg";"M4=";M4;"Kg";"M5=";
M5;"Kg";
3840 PRINT : PRINT : LPRINT
3844 PRINT "AGUA"; LPRINT
"-----"; LPRINT "AGUA";
LPRINT "-----"
3849 PRINT INT ((I1-v)*1000+.5);
" litros";TAB 15;"A/C=";
INT ((I1-v)*1000/c1*100+.5)
/100; LPRINT INT ((I1-v)*
1000+.5);" litros";TAB 15;
"A/C=";INT ((I1-v)*1000/c1
*100+.5)/100; PRINT :
LPRINT
3850 LET y2=0; PRINT #0;
"quer outra dosagem de ";
PRINT #0;"cimento? (s/n)";
PAUSE 0
3851 IF INKEY$="S" OR INKEY$="s"
THEN LET y2=1; CLS
3852 CLS
3854 IF y2=0 THEN GO TO 4000
3855 PRINT : LPRINT

```

```

3855 PRINT "nova dosagem de ";
PRINT "CIMENTO: C=";
3857 LPRINT "nova dosagem de ";
LPRINT "CIMENTO: C=";
3858 INPUT c1: PRINT c1; "Kg";
LPRINT c1; "Kg";
3859 PRINT "-----";
PRINT "-----";
3860 LPRINT "-----";
LPRINT "-----";
3865 GO TO 1556

3900 REM -----
4000 LET y2=0: PRINT #0;
"quer executar o outro";
PRINT #0; "metodo? (s/n)"
;: PAUSE 0
4050 IF INKEY$="S" OR INKEY$="s"
THEN LET y2=1: CLS
4100 IF y2=1 THEN GO TO 275
5000 PRINT : PRINT : PRINT :
PRINT
5010 PRINT "Aconselhamos:";
PRINT "-----";
5015 PRINT
5020 PRINT
"Faça o ensaio das compos"
;: PRINT "icoes": PRINT
"calculadas, antes de as";
PRINT "enviar": PRINT
"para a obra."
5000 PRINT
5010 PRINT TAB 17; "Os autores"
;: PRINT : PRINT TAB 16
;: "Jorge Lourenco": PRINT
TAB 16; "Jose Coutinho"
5050 STOP

```


Composto e Impresso
na Secção de OFFSET da
Comissão de Coordenação
da Região Centro

Abril 1987

Tiragem: 1 000 exemplares
2ª Edição