



Universidade do Porto  
Faculdade de Engenharia  
Biblioteca  
N.º  
CDU  
1500

---



INVENTARIAÇÃO E ANÁLISE DAS NORMAS DE QUALIDADE PARA A  
APLICAÇÃO DE INERTES NA CONSTRUÇÃO CIVIL

---



622(047.3)  
LEMI 1997/FRES

Universidade do Porto  
Escola de Engenharia  
Biblioteca  
N.º  
1500



**INVENTARIAÇÃO E ANÁLISE DAS NORMAS DE QUALIDADE PARA A  
APLICAÇÃO DE INERTES NA CONSTRUÇÃO CIVIL**



**“ INVENTARIAÇÃO E ANÁLISE DAS NORMAS DE QUALIDADE PARA A  
APLICAÇÃO DE INERTES NA CONSTRUÇÃO CIVIL ”**

**(PRODEP II)**

**FEUP - DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MINAS**

**SUSANA MARGARIDA DOS SANTOS FREITAS**

**DEZEMBRO DE 1997**

# **INTRODUÇÃO**

Quando me propuseram fazer este trabalho a ideia que me surgiu foi tentar elaborar um guia, no qual se apresentasse de um modo acessível grande parte das normas e especificações para a aplicação de inertes.

Espera-se que funcione como ajuda a todos os que interessados estejam nas diferentes especificações e normas a que os inertes devem obedecer, consoante claro os seus também diferentes campos de aplicação. Refira-se que os valores, gráficos, tabelas, curvas granulométricas, etc... apresentados, não são rígidos, isto é um inerte pode interessar por exemplo à JAE e o mesmo inerte para a mesma aplicação não interessar à BRISA. Contudo estou consciente que se apresentam os valores mais adequados a cada aplicação do inerte.

O trabalho encontra-se estruturado da seguinte forma:

**CAPÍTULO I - Os Inertes**

**CAPÍTULO II - Inertes para betão**

**CAPÍTULO III - Inertes para a execução de drenos**

**CAPÍTULO IV - Balastro e gravilha para caminho-de-ferro**

**CAPÍTULO V - Inertes para bases e sub-bases de estradas**

**CAPÍTULO VI - Descrição dos ensaios aplicados aos inertes**

**CAPÍTULO VII - Especificações e Normas para Inertes em vigor**





I - OS INERTES



## I - OS INERTES

O inerte é um material granular rochoso que tanto pode ser constituído por substâncias naturais ou artificiais e que se apresenta sob os mais diversos tamanhos. A sua granulometria varia desde as 60 micras a fragmentos que podem alcançar os vários metros.

A granulometria do inerte, é das características mais importantes que este pode apresentar, pode dizer-se mesmo que é a granulometria que determina ou designa a aplicação que deve ser dada ao inerte.

Os inertes consoante a sua proveniência e o seu processo de obtenção podem ser classificados da seguinte forma:

⇒ ***Inertes Naturais*** como sendo os inertes que se usam depois de terem sofrido somente uma modificação na sua distribuição de granulometria. Modificação essa que é exigida consoante a aplicação do inerte. Estes inertes naturais geralmente são sedimentos detríticos recentes e rochas detríticas pouco consolidadas.

⇒ ***Inertes Artificiais*** estes são fundamentalmente sub produtos de processos industriais como são as escórias vindas das siderurgias, as cinzas volantes da combustão do carvão, minérios estéreis etc..

Depois de classificados em dois grandes grupos, à que identificar as propriedades que apresentam dado que estas vão afectar directamente o comportamento e mesmo as propriedades dos materiais que têm na sua composição inertes. Convém referir que não são só as propriedades do inerte mas também a proporção em que entram que afecta o resultado do produto final (betão, betão betuminoso).

As características do inerte dependem tanto das propriedades intrínsecas ao inerte bem como do seu processo de fabricação. Como propriedades intrínsecas aos inertes tem-se:

- ⇒ a composição mineralógica
- ⇒ o grau de alteração
- ⇒ a textura
- ⇒ a forma e tamanho do grão
- ⇒ a natureza do “cimento” da rocha
- ⇒ a porosidade
- ⇒ a permeabilidade
- ⇒ a absorção e retenção de água
- ⇒ a presença e tamanho de descontinuidade

Quanto ao processo de fabricação este vai influenciar:

- ⇒ a granulometria
- ⇒ a forma
- ⇒ a limpeza do inerte

A seguir apresentam-se três diagramas de tratamento e respectivos esquemas para inertes. Dois deles são por via seca o último por via húmida.

Os modelos apresentados por via seca oferecem-nos as seguintes vantagens:

- ◆ flexibilidade
- ◆ baixo custo da operação
- ◆ alta produção, elevado ritmo
- ◆ e o facto de não ser necessária uma área de terreno muito grande

Como desvantagens, vantagens para os de via húmida:

- ◇ a incapacidade para produzir granulometrias finas, bem classificadas
- ◇ baixo índice de limpeza nas granulometrias mais finas

As maiores aplicações dos inertes que saem do 1º modelo são para betão de obra e inertes para sub-bases de estradas.

Quanto ao segundo modelo ele tem como aplicações praticamente as mesmas do primeiro mas, o facto de nele encontrarmos um circuito fechado faz com que se evite a produção sobretamanhos.

Finalmente o 3º modelo oferece-nos inertes grossos para betões e areias para betões.

Refira-se que nenhum dos modelos apresentados é rígido.

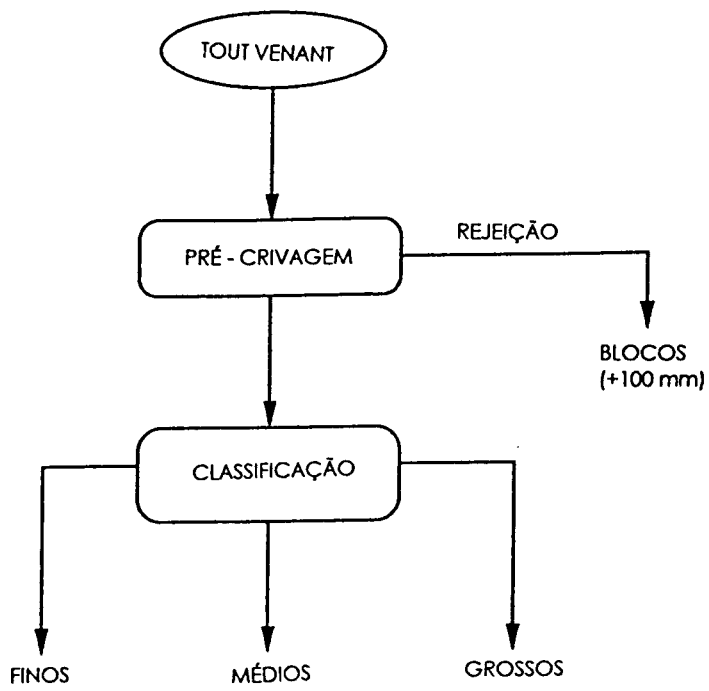
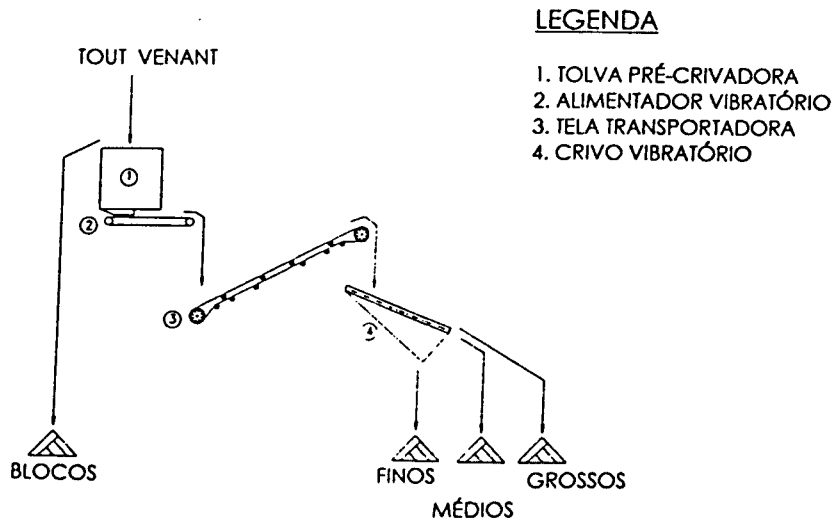


Diagrama de blocos para uma planta de classificação de inertes a seco.



Esquema respectivo.

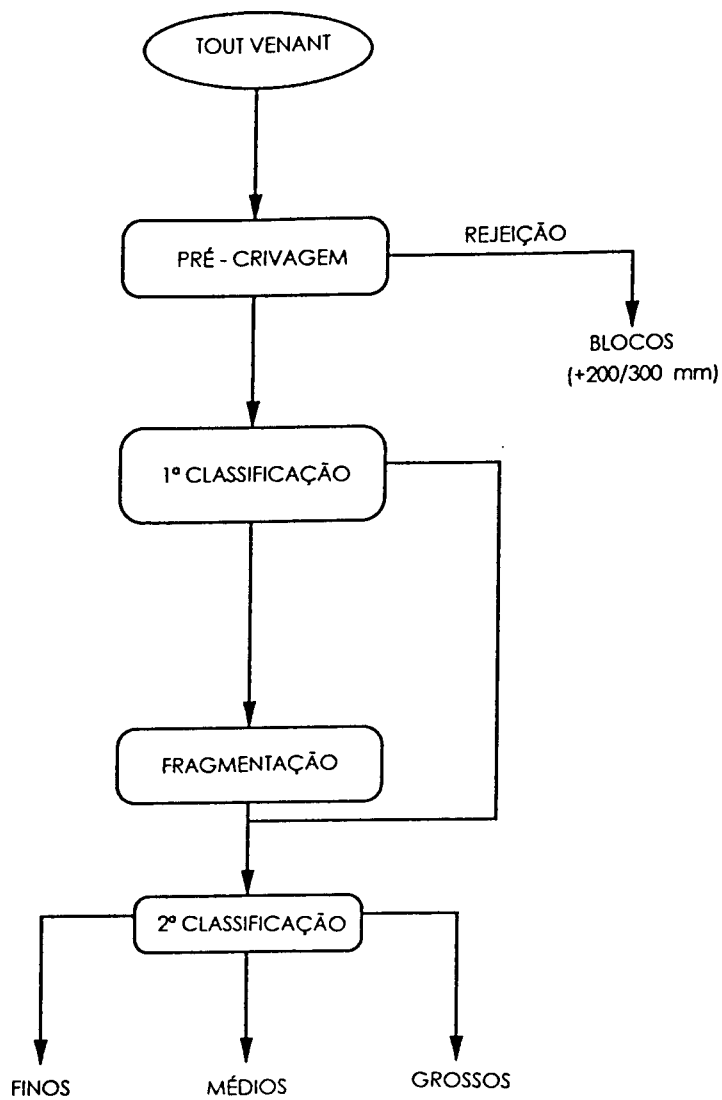
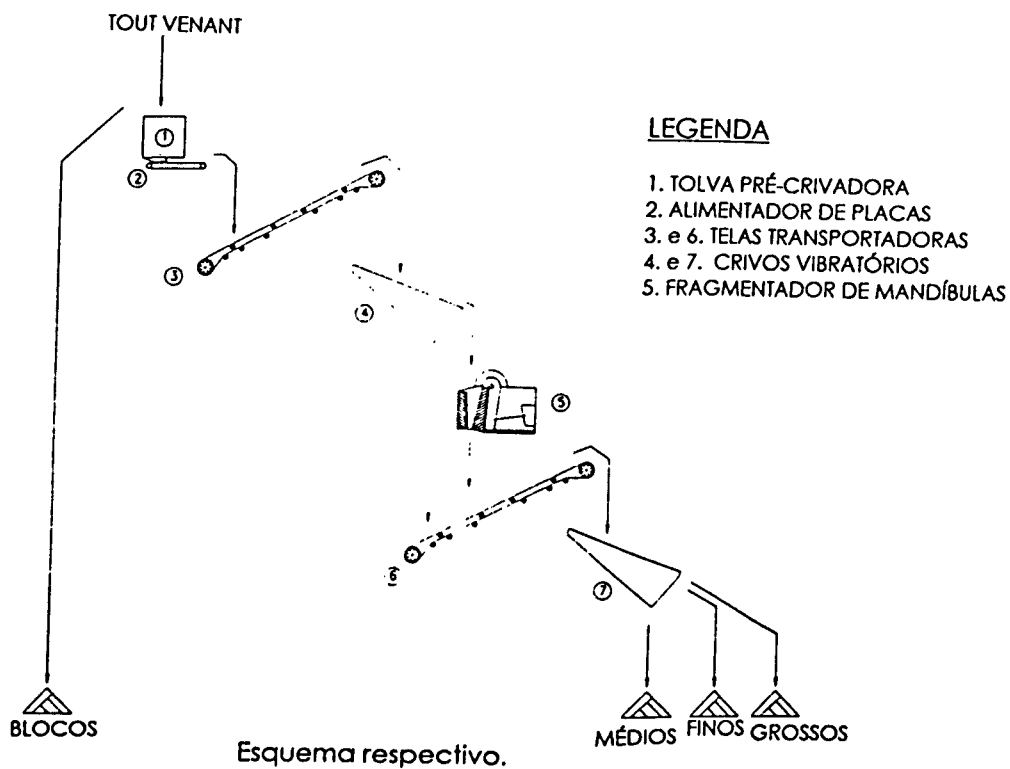


Diagrama de blocos para uma planta de classificação de inertes a seco, com fragmentação primária.



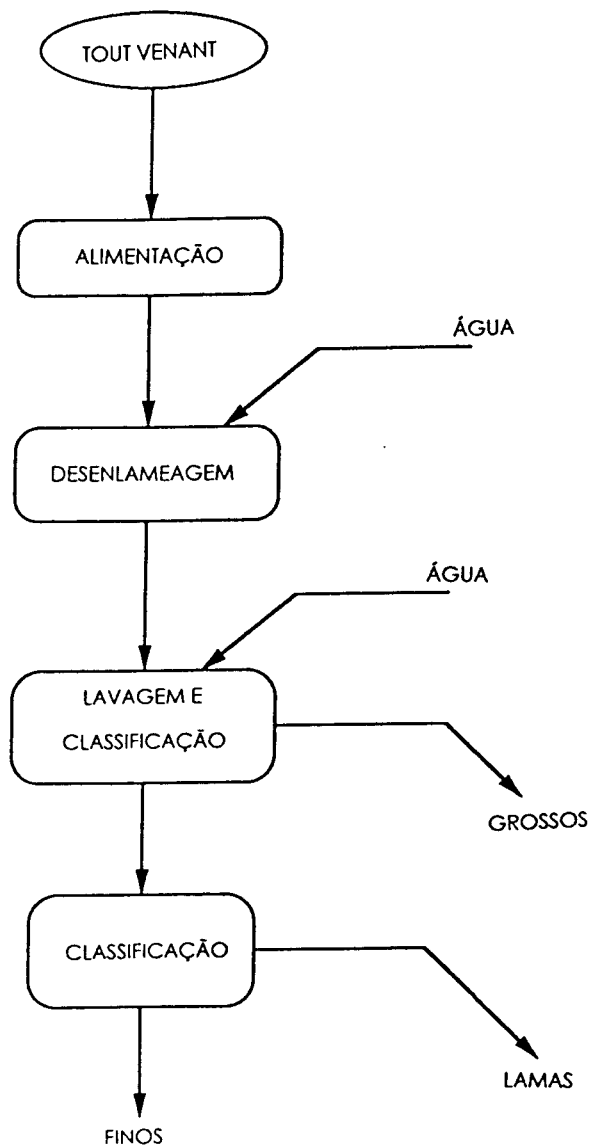
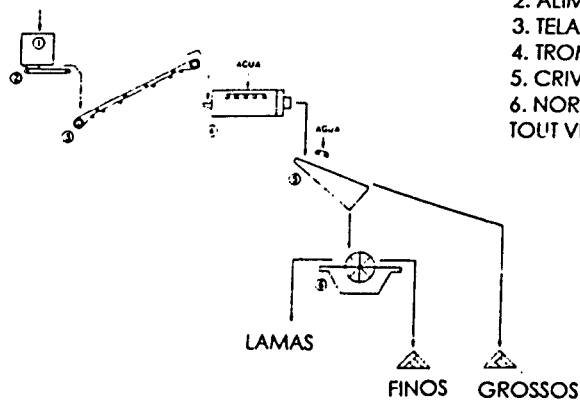


Diagrama de blocos para uma planta de lavagem e classificação de inertes por via húmida.

**LEGENDA**

1. TOLVA DE ALIMENTAÇÃO
  2. ALIMENTADOR VIBRATÓRIO
  3. TELA TRANSPORTADORA
  4. TROMMEL DESENLAMEADOR
  5. CRIVI VIBRATÓRIO
  6. NORA CLASSIFICADORA
- TOUIT VENANT



Esquema respectivo.



## II - INERTES PARA BETÃO





## **II - INERTES para BETÃO**

### **II.I. Betões de Cimentos**

Os inertes a usar no fabrico deste tipo de betão devem apresentar resistência mecânica, forma e composição química adequadas.

#### **A) RESISTÊNCIA à COMPRESSÃO**

Qualquer rocha que possua uma resistência mecânica igual ou superior à da pasta do cimento, pode ser utilizada na fabricação de betões. A resistência de compressão da rocha não deve ser inferior acerca de 50 Mpa (Quadro I).

#### **B) IMPUREZAS**

Para este tipo de betão o inerte não deverá conter, em quantidades prejudiciais, películas de argila ou de qualquer outro revestimento que o faça isolar do ligante, partículas moles, friáveis ou demasiado finos, matéria orgânica e outras impurezas. Não deverá ultrapassar os 2,0% em partículas de argila, o teor em partículas moles deverá ser inferior a 5,0%, o teor em partículas friáveis deverá ser inferior a 0,25% para o godo ou brita e inferior a 1,0% para a areia e finalmente o teor em partículas muito finas matérias solúveis para a areia natural deve ser inferior a 3,0%, para a areia britada inferior a 10,0%, para o godo inferior a 2,0% e para brita inferior a 3,0%.

Se o betão a usar destina-se a ficar em contacto com a água do mar ou com águas que contenham sulfatos, os inertes deverão ser submetidos a ensaios de determinação da reactividade com os sulfatos em presença do hidróxido de

cálcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ), para uma duração de ensaios de 6 meses os inertes devem apresentar uma resistência mínima.

### **C) RESISTÊNCIA ao ESMAGAMENTO**

O betão de cimento exige que o inerte ofereça uma resistência ao esmagamento inferior a 45%.

### **D) DESGASTE LOS ANGELES**

No ensaio Desgaste Los Angeles à que satisfazer o valor  $\leq 50\%$ .

### **E) COEFICIENTE VOLUMÉTRICO**

Os elementos que compõem os inertes deverão ter forma cúbica ou esférica, uma vez que se forem alongados, finos ou em forma de placas não podem ser tão bem compactados, dando origem a tensões de corte no betão de tal modo importantes que lhe diminuem muito a tensão de ruptura. Assim o coeficiente volumétrico do godo até 25 mm deve ser superior a 0,12 e o da brita deverá ser superior a 0,15.

### **F) GRANULOMETRIA**

A brita deve ter uma curva granulométrica que caia dentro dos limites indicados na figura 1. (D representa a máxima dimensão do inerte). A percentagem de vazios do inerte deve ser de 25% a 50% do volume total aparente, sendo o inerte tanto melhor quanto menor for o volume de vazios.

Por seu lado a curva granulométrica da areia deve cair dentro da faixa indicada na figura 2. A percentagem de elementos que se encontram abaixo dos 0,3 mm é relativamente importante uma vez que o facto de elas se encontrarem em excesso, sobretudo inferiores a 0,1 mm, prejudica a resistência do ligante, mas é certo também que a sua presença beneficia a trabalhabilidade.

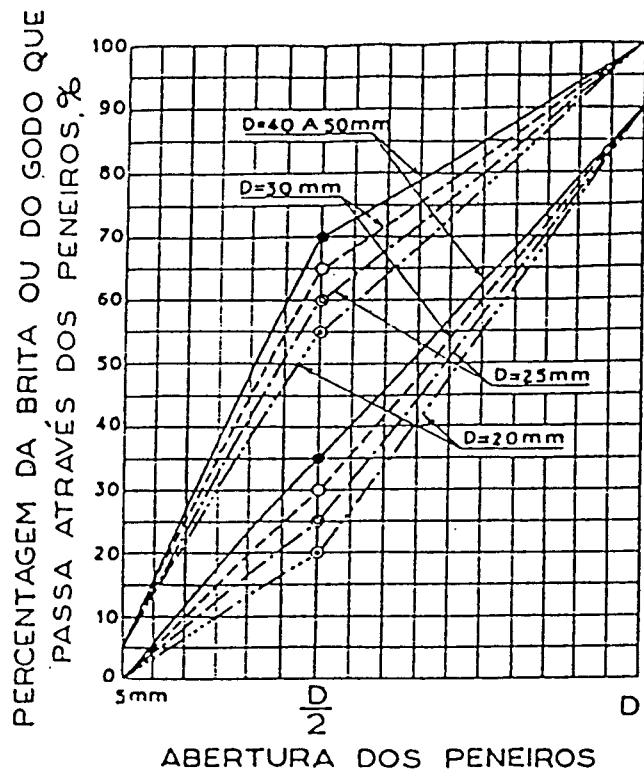


Figura 1 - Zonas dentro das quais devem cair as curvas granulométricas da brita ou godo. D é a máxima dimensão do inerte.

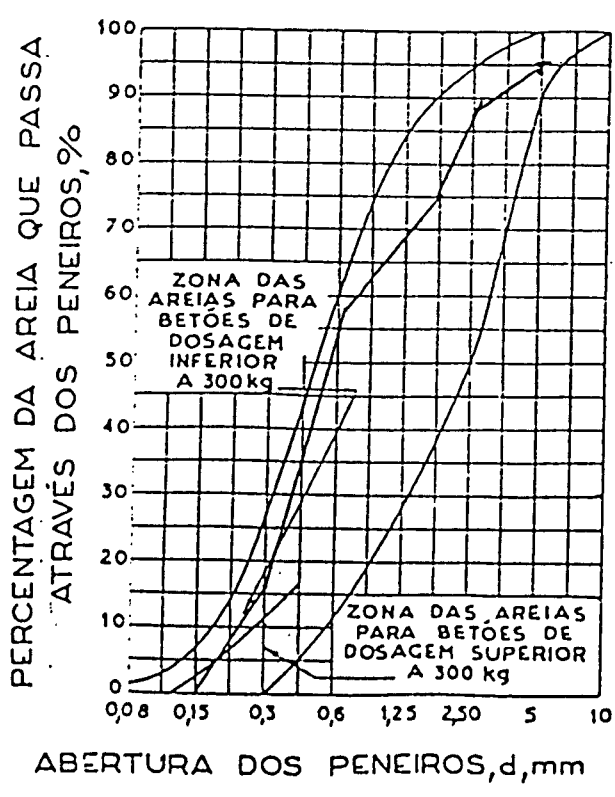


Figura 2 - Zona dentro da qual deve cair a curva granulométrica da areia.

Para se obter altas resistências num betão convém usarem-se areias siliciosas com 80 a 90% de partículas compreendidas entre 2,5 mm e 0,5 mm. As boas areias têm uma percentagem de vazios de 30 a 35% do volume aparente da areia seca.

### G) BARIDADE da AREIA

Sempre que o valor da humidade aumenta, o peso da unidade de volume da areia diminui. O valor desta diminuição e a percentagem de humidade para a qual se dá o máximo de variação da baridade dependem da composição granulométrica da areia e do modo de determinação da baridade, isto é, da colocação na medida. Quanto mais fina é a areia maior é a variação da baridade com a humidade e com o seu grau de compactação na medida que serve para a determinação da baridade. Figura 3.

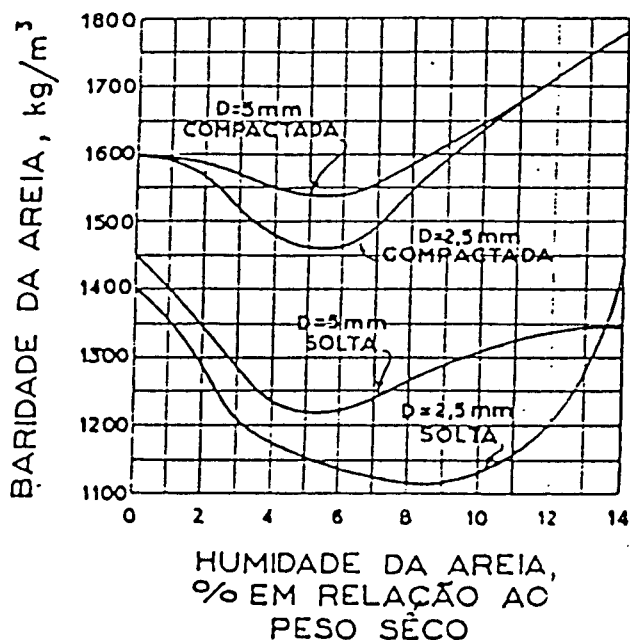


Figura 3 - Variação da baridade das areias com a sua humidade e com o grau de compactação. Nas baridades indicadas intervêm o peso da areia molhada. D é a máxima dimensão da areia.

**CARACTERÍSTICAS dos INERTES para BETÃO**

Características		Valor ou resultado a satisfazer	
Tensão de rotura à compressão da rocha de que é obtido o inerte britado (*) .....		$\geq 50$ MPa	
Resistência ao esmagamento (godo ou brita) (*) .....		$\leq 45$ %	
Desgaste Los Angeles (*) .....		$\leq 50$ %	
Índice volumétrico	Godo .....	$\geq 0,12$	
	Brita .....	$\geq 0,15$	
Absorção de água .....		$\leq 5,0$ %	
Coeficiente de dilatação térmica linear .....		$\geq 0,4 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$	
		$\leq 2,0 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$	
Quantidade de matéria orgânica (*) .....		Não prejudicial	
Reactividade potencial com os álcalis do ligante .....		Processo químico.... Processo da barra de argamassa.....	Negativa (**) Extensões de alongamento dos provetes não superiores a $1,0 \times 10^{-3}$ ao fim de 6 meses
Teor em partículas muito finas e matérias solúveis (***) .....	Areia Natural	$\leq 3,0$ %	
	Areia Britada	$\leq 10,0$ %	
	Godo .....	$\leq 2,0$ %	
	Brita .....	$\leq 3,0$ %	
Teor em partículas friáveis	Areia .....	$\leq 1,0$ %	
	Godo/Brita ...	$\leq 0,25$ %	
Teor em partículas moles (godo ou brita) .....		$\leq 5,0$ %	
Teor em partículas de argila (dimensões inferiores a $2 \mu\text{m}$ ), referido à massa do ligante ...		$\leq 2,0$ %	

(\*) Estas características aferem a resistência mecânica dos inertes, bastando, em geral, determinar uma delas; note-se que a primeira característica não pode ser determinada no caso dos inertes naturais, e a terceira não é significativa para inertes calcários.

(\*\*) Esta característica só é, em geral, determinada para as areias. No caso de haver suspeitas de que os inertes grossos contêm estas impurezas em quantidade prejudicial, haverá que tomar precauções especiais.

(\*\*\*) Admite-se que este resultado seja positivo se o resultado do ensaio pelo processo da barra de argamassa satisfazer o valor especificado. O resultado negativo do ensaio químico dispensa a realização do ensaio pelo segundo processo.

(\*\*\*\*) Os valores indicados podem não ser respeitados mediante justificação baseada no estudo da composição granulométrica do betão.

## II.II. Betão Betuminoso

### II.II.I. - Mistura de Agregados

A mistura de agregados para execução da camada de desgaste em betão betuminoso deverá obedecer às seguintes características:

⇒ A mistura deve ser obtida apartir de, pelo menos, três fracções granulométricas distintas, a ser compostas, obrigatoriamente, em central;

⇒ A granulometria da mistura, à saída da central, deve estar de acordo com os seguintes valores:

Peneiro ASTM	Percentagem acumulada do material que passa
37,5 mm (1 1/2")	100
25,0 mm (1")	80 - 100
19,0 mm (3/4")	68 - 90
12,5 mm (1/2")	54 - 78
9,51 mm (3/8")	45 - 70
4,75 mm (nº 4)	30 - 55
2,00 mm (nº 10)	20 - 40
0,840 mm (nº 20)	12 - 28
0,425 mm (nº 40)	8 - 12
0,180 mm (nº 80)	5 - 12
0,075 mm (nº 200)	2 - 5

⇒ A curva granulométrica, dentro dos limites especificados, apresentará ainda uma forma regular. Sob condição da curva média, por jornada de trabalho, se integrar no fuso especificado, admitem-se as seguintes tolerâncias pontuais, para os peneiros de malha mais larga:

- Peneiro de 9,51 mm (3/8") ..... 2,0%
- Peneiro de 12,5 mm (1/2") ..... 2,0%

⇒ Percentagem mínima de material britado ..... 90%

⇒ Percentagem máxima de desgaste na máquina de Los Angeles ... 22% (\*)

⇒ Equivalente de areia mínimo da mistura de agregados (sem adição de  
fíler) ..... 60%

⇒ Coeficiente mínimo de polimento acelerado ..... 0,55

(\*) - No caso de granitos, este valor pode ser fixado em 32%

## II.II.II. - Características do Betão Betuminoso

### II.II.II.I. - Determinadas pelo método "Marshall"

Os resultados dos ensaios sobre a mistura betuminosa, conduzidos pelo método Marshall, devem estar de acordo com os valores a seguir indicados:

#### a) - Betões à base de inertes de natureza granítica

- Número de pancadas em cada extremo do provete ..... 50

- Força de rotura ..... > 800 Kgf

- Grau de saturação em betume ..... 72% - 82%

- Porosidade ..... 3% - 4,5%

- Deformação (\*) ..... < 3,5 mm
- "Força de rotura (Kgf) / Deformação (mm) " ..... 200 a 350

(\*) - Admitem-se valores de deformação à rotura superiores a 3,5 mm, desde que a relação "Força de Rotura (Kgf) / Deformação (mm) seja superior a 260.

#### b) - Betões à base de outros inertes

- Número de pancadas em cada extremo do provete ..... 50
- Força de rotura ..... > 700 Kgf
- Grau de saturação em betume ..... 72% - 82%
- Porosidade ..... 4% - 6%
- Deformação ..... < 3,5 mm

#### II.II.II.II. - Determinadas pelo método "Duriez"

Quando ensaiada a mistura betuminosa segundo o método Duriez, aquela deverá proporcionar os seguintes valores:

⇒ Compressão simples a 18 °C ..... > 7 Mpa

⇒ Relação imersão/compressão ..... > 0,75





**III- INERTES PARA A EXECUÇÃO  
DE DRENOS**



## **III - INERTES para EXECUÇÃO de DRENOS**

### **III.I. Material Drenante**

O material drenante para utilizar em drenos longitudinais e/ou transversais deve ser limpo, isento de argila, de detritos ou de outras impurezas e ter um equivalente de areia não inferior a 75%.

#### **III.I.I. - Quando em contacto com os materiais a drenar**

A granulometria dos materiais a utilizar na construção de drenos que não sejam protegidos por envolvimento em geotextil, deve obedecer ao seguinte conjunto de condições:

$$\Rightarrow (d_{15} \text{ do material filtrante} / d_{85} \text{ do solo a drenar}) < 5$$

$$\Rightarrow (d_{15} \text{ do material filtrante} / d_{15} \text{ do solo a drenar}) > 5$$

$$\Rightarrow (d_{85} \text{ do material filtrante} / \text{diâmetro dos furos do dreno}) > 2$$

Sendo  $d_{15}$  e  $d_{85}$  os diâmetros dos furos dos peneiros onde passam respectivamente 15% e 85% do material do solo a drenar. No caso dos solos muito finos em que  $d_{15} < 0,1$  mm deve adoptar-se  $d_{15} = 0,1$  mm.

Não sendo praticável usar um único material nas condições acima indicadas, deve utilizar-se dois materiais, ficando o mais fino junto do solo a drenar. Este

material mais fino deve ser considerado como solo a drenar pelo mais grosso, para verificação daquelas condições.

### III.I.II. - Quando envolvido em geotextil de protecção

A granulometria dos materiais a utilizar na construção de drenos protegidos por envolvimento em geotextil, deve respeitar em princípio o seguinte fuso:

Peneiro ASTM	Percentagem acumulada do material que passa
19,0 mm (3/4")	100
12,5 mm (1/2")	80 - 90
9,51 mm (3/8")	66 - 82
4,75 mm (nº 4)	45 - 65
2,00 mm (nº 10)	30 - 42
0,425 mm (nº 40)	12- 20
0,180 mm (nº 80)	8 - 15
0,075 mm (nº 200)	5 - 10

Nos casos em que, dada a proximidade com os pavimentos, se projecte o dreno com uma camada superior em material drenante fino, mais estável, este deve respeitar em princípio o seguinte fuso granulométrico:

Peneiro ASTM	Percentagem acumulada do material que passa
50,0 mm (2")	100
37,5 mm (1 1/2 ")	80 - 100
25,0 mm (1")	50 - 70
19,0 mm (3/4")	30 - 50
12,5 mm (1/2")	0 - 35
9,51 mm (3/8")	0 - 20
4,75 mm (nº 4)	0 - 10
2,00 mm (nº 10)	0 - 5
0,075 mm (nº 200)	0 - 2

### III.II. Material para Recobrimento do Dreno

O material a utilizar no recobrimento da secção drenante, quando se trate de drenos sob o pavimento ou na sua proximidade, deve ser constituído por material pétreo não susceptível à água.

Assim o agregado para aqueles fins deve ser constituído pelo produto de britagem de material explorado em formações homogéneas e ser isento de argilas, de matéria orgânica ou de quaisquer outras substâncias nocivas. Deverá obedecer ainda às seguintes prescrições:

⇒ a granulometria, de tipo contínuo, deve integrar-se no seguinte fuso:

Peneiro ASTM	Percentagem acumulada do material que passa
37,5 mm (1 1/2")	100
25,0 mm (1")	70 - 95
19,0 mm (3/4")	55 - 85
4,75 mm (nº 4)	22 - 45
0,425 mm (nº 40)	5 - 18
0,075 mm (nº 200)	2 - 9

⇒ Limite de liquidez ..... N.P

⇒ Índice de plasticidade ..... N.P

⇒ Equivalente de areia mínimo ..... 40%

⇒ % de desgaste na máquina de Los Angeles..... < 40



**IV- BALASTRO E GRAVILHA PARA  
CAMINHO-DE-FERRO**



## IV - BALASTRO e GRAVILHA para CAMINHO-de-FERRO

São três, os produtos obtidos em pedreiras, e que se usam para o caminho-de-ferro:

- Balastro normal
- Balastro fino
- Gravilha

O balastro normal, o balastro fino e a gravilha devem ser obtidos exclusivamente de rochas duras e sãs. Entende-se por rocha dura aquela que revela elevada resistência ao desgaste, ao esmagamento e ao choque. Por conseguinte, terão de ser excluídos, para os fins em vista, terrenos de cobertura, capas de alteração meteórica, seja esta superficial ou profunda, zonas pouco consistentes, materiais argilosos, etc. Igualmente devem ser excluídas formações rochosas com xistosidade, foliação, fissibilidade, crenulação, disjunção, mineralizações e encraves.

As rochas, além de duras e sãs, devem resistir à acção dos agentes atmosféricos.

Como exemplo de rochas que podem ser empregues no fabrico de balastro normal, balastro fino e gravilha, citam-se, de entre as principais:

- ⇒ granitos
- ⇒ gabros
- ⇒ dioritos
- ⇒ doleritos
- ⇒ basaltos
- ⇒ quartzitos

A rocha quando é granular, deve ser preferencialmente equigranular e de grão fino.

A utilização de quaisquer calcários, mesmo silicioso ou cristalinos (mármore), é interdita ao fabrico de balastro normal, balastro fino e gravilha. Estes três produtos devem obedecer a determinados valores numéricos das seguintes características técnicas:

- ⇒ resistência simultânea ao choque e ao desgaste
- ⇒ granulometria
- ⇒ forma
- ⇒ homogeneidade
- ⇒ limpeza

No que respeita ao valor numérico que estas características podem tomar, consideram-se os seguintes limites:

- LIMITES DE ACEITAÇÃO SEM RESTRIÇÕES**
- LIMITES DE REJEIÇÃO**

Deste modo, três casos se podem verificar:

1º. Nenhum valor numérico das características técnicas excede os limites de aceitação sem restrições, e assim sendo os produtos serão aceites sem quaisquer restrições nem redução no preço de venda.

2º. Um ou mais valores numéricos das características técnicas excedem os limites de aceitação sem restrições embora nenhum ultrapasse os limites de rejeição, neste caso os produtos só excepcionalmente serão aceites e mesmo assim sujeitos a penalizações no preço de venda.

3º. Um ou mais valores numéricos das características técnicas excedem os limites de rejeição, neste caso os produtos serão totalmente rejeitados.

**a) LIMITES DE ACEITAÇÃO SEM RESTRIÇÕES****a<sub>1</sub>) Resistência simultânea ao choque e ao desgaste**

O comportamento do balastro normal, balastro fino e gravilha, no que diz respeito à resistência simultânea ao choque e ao desgaste, é definido pelo coeficiente de Los Angeles. O limite de aceitação sem restrições, para esta característica é de 22,0%.

**a<sub>2</sub>) Granulometria**

- **Balastro normal:**        **25 - 50 mm**
- **Balastro fino:**         **16 - 31,5 mm**
- **Gravilha:**                **10 - 25 mm**

Os correspondentes feixes de curvas granulométricas admissíveis deverão situar-se sempre no interior das curvas limites de aceitação sem restrições - fusos de aceitação sem restrições. As respectivas curvas limites são definidas a partir das coordenadas que o quadro seguinte contém:

**Quadro I**

<u>Abcissas</u> Malha quadrada de crivos ( mm )			<u>Ordenadas</u> Peso acumulado, retido em cada crivo ( % )
Balastro normal	Balastro fino	Gravilha	
63	40	31,5	0
50	31,5	25	0 e 10
37,5	24	17,5	33 e 67
25	16	10	90 e 100
16	10	6,3	98 e 100



a<sub>3</sub>) Forma

Os elementos constituintes do balastro normal, balastro fino e gravilha deverão apresentar forma poliédica de tendência isométrica, designada por forma "cúbica", faces rugosas e arestas vivas.

A "cubicidade" desejada é definida através da imposição de valores máximos para o comprimento e a espessura dos elementos. Os respectivos limites de aceitação sem restrições indicam-se nos dois quadros seguintes:

a<sub>3.1</sub>) Comprimento**Quadro II**

Designação dos produtos	Comprimento máximo de cada elemento (mm)	<u>Limites de aceitação sem restrições</u>
		Peso de elementos com comprimento superior aos máximos indicados na coluna anterior (%)
Balastro normal	90	4
Balastro fino	60	4
Gravilha	45	4

a<sub>3.2</sub>) Espessura**Quadro III**

Designação dos produtos	Espessura mínima (mm)	<u>Limites de aceitação sem restrições</u>
		Peso de elementos com espessura inferior aos mínimos indicados na coluna anterior (%)
Balastro normal	16	5
Balastro fino	10	5
Gravilha	6,3	5

a<sub>4</sub>) Homogeneidade

O balastro normal, balastro fino e gravilha deverão ser homogêneos quanto à natureza dos materiais rochosos que os constituem.

Admite-se no entanto, que possam conter percentagens de materiais indesejáveis nunca superior a 3,0%, em peso. É este o valor o limite de aceitação sem restrições.

Por materiais indesejáveis entende-se o conjunto de rochas alteradas, friáveis, grumos argilosos ou siltosos e elementos estranhos à rocha a utilizar. No que se refere ao grau de alteração, a partir do qual os materiais rochosos são considerados indesejáveis deverá ser a entidade que utilizar o balastro a defini-lo.

a<sub>5</sub>) Limpeza

O balastro normal, balastro fino e gravilha devem estar isentos de elementos finos, 0 - 2 mm.

Aceita-se porém, que aqueles produtos possam conter percentagem dessas partículas finas não superior a 1,0 %, em peso, seja qual for a constituição litológica delas.

É este valor o limite de aceitação sem restrições.

Para garantir tal exigência, as partículas 0 - 2 mm deverão ser eliminadas quando em excesso, se necessário por lavagem.

No quadro IV, procura-se de uma forma clara resumir todos os valores numéricos das características que implicam a aceitação dos produtos sem penalizações.

Quadro resumo dos valores numéricos das características que implicam aceitação dos produtos sem quaisquer restrições ou penalizações.

Características técnicas		Valores de aceitação sem restrições					
		Balastro normal		Balastro fino		Gravilha	
Los Angeles (%)		< 22		< 22		< 22	
Granulometria		Crivos (mm)	Retidos acumulados (%)	Crivos (mm)	Retidos acumulados (%)	Crivos (mm)	Retidos acumulados (%)
		63	0	40	0	31,5	0
		50	< 10	31,5	< 10	25	< 10
		37,5	> 33	24	> 33	17,5	> 33
			< 67		< 67		< 67
		25	> 90	16	> 90	10	> 90
	> 98	10	> 98	6,3	> 98		
Forma	Comprimento (%)	< 4		< 4		< 4	
	Espessura (%)	< 5		< 5		< 5	
Homogeneidade (%)		< 3		< 3		< 3	
Limpeza (%)		< 1		< 1		< 1	

**b) LIMITES DE REJEIÇÃO****b<sub>1</sub>) Resistência simultânea ao choque e ao desgaste**

Os três produtos não deverão acusar, no ensaio de Los Angeles, perdas de peso superiores a 25 %. É este valor o limite de rejeição.

**b<sub>2</sub>) Granulometria**

As curvas limites de rejeição são traçadas de acordo com as coordenadas constantes do quadro que se segue:

**Quadro V**

<u>Abcissas</u> Malha quadrada de crivos ( mm )			<u>Ordenadas</u> Peso acumulado, retido em cada crivo ( % )
Balastro normal	Balastro fino	Gravilha	
80	50	40	0
63	40	31,5	0 e 3
50	31,5	25	0 e 15
37,5	24	17,5	28 e 72
25	16	10	85 e 100
16	10	6,3	85 e 100

**b<sub>3</sub>) Forma**

Constituem limites de rejeição as percentagens indicadas nos quadros VII, VIII e IX.

**b<sub>3.1</sub>) Comprimento**

<u>Designação</u> dos produtos	<u>Comprimento máximo</u> de cada elemento (mm)	<u>Limites de rejeição</u> Peso de elementos com comprimento superior aos máximos indicados na coluna anterior (%)
Balastro normal	90	8
Balastro fino	60	8
Gravilha	45	8

b<sub>3.2</sub>) Espessura**Quadro VII**

Designação dos produtos	Espessura mínima (mm)	Limites de rejeição
		Peso de elementos com espessura inferior aos mínimos indicados na coluna anterior (%)
lastro normal	16	10
lastro fino	10	10
gravilha	6,3	10

b<sub>3.3</sub>) Comprimento e espessura, considerados simultaneamente

Mesmo que as percentagens indicadas na última coluna dos quadros VI e VII não sejam excedidas isoladamente, pode, no entanto, haver rejeição. Para tal é suficiente que se verifiquem as seguintes condições:

- representando por  $P$  a percentagem, em peso, de elementos com comprimento superior aos máximos indicados no quadro VI e por  $T$  a percentagem, em peso, de elementos com espessura inferior às mínimas referidas no quadro VII, constituem limites de rejeição os valores numéricos indicados no quadro VIII.

**Quadro VIII**

Designação dos Produtos	Limites de Rejeição
Balastro normal	15
Balastro fino	15
Gravilha	15

**b<sub>4</sub>) Homogeneidade**

O limite de rejeição relativo a esta característica é atingido quando a percentagem, em peso, de produtos indesejáveis, for 6,0 %.

**b<sub>5</sub>) Limpeza**

No que respeita a esta característica, as partículas finas 0 - 2 mm não podem exceder 2,0 %, em peso. É este valor o limite de rejeição.

Conforme aconteceu nos limites de aceitação também agora se constrói um quadro resumo dos valores numéricos das características técnicas que implicam rejeição dos produtos.

Finalmente e para encerrar este capítulo apresenta-se um quadro com as penalizações, mais em curso, a aplicar aos preços de venda. De referir que estas penalizações apresentadas podem sofrer alterações consoante a entidade que está a adquirir o balastro ou a gravilha. Este é um quadro de penalizações utilizado pela CP.

Quadro resumo dos valores numéricos das características técnicas que implicam rejeição dos produtos

Características técnicas		Valores de rejeição					
		Balastro normal		Balastro fino		Gravilha	
Los Angeles (%)		< 25		< 25		< 25	
Granulometria		Crivos (mm)	Retidos acumulados (%)	Crivos (mm)	Retidos acumulados (%)	Crivos (mm)	Retidos acumulados (%)
		80	0	50	0	40	0
		63	< 3	40	> 3	31,5	> 3
		50	> 15	31,5	> 15	25	> 15
		37,5	< 28	24	< 28	17,5	< 28
		25	> 72	16	> 72	10	> 72
		16	< 85	10	< 85	6,3	< 85
Forma	Comprimento (%)	< 8		< 8		< 8	
	Espessura (%)	> 10		> 10		> 10	
	Espessura + Comprimento	> 15		> 15		> 15	
Homogeneidade (%)		> 6		> 6		> 6	
Limpeza (%)		> 2		> 2		> 2	

**Quadro X**

Penalização a aplicar aos preços de venda

Características técnicas	Limites de aceitação sem restrições						Penalizações	Obs.	
	Balastro normal		Balastro fino		Gravilha		Redução do preço de venda à data da expedição por cada 1% ou fracção desta %, de afastamento dos limites de aceitação sem restrições. (%)		
Los Angeles (%)	< 22		< 22		< 22		10	(a)	
Granulometria	Crivos (mm)	Retidos acumulados (%)	Crivos (mm)	Retidos acumulados (%)	Crivos (mm)	Retidos acumulados (%)		(b)	
	63	0	40	0	31,5	0	3		
	50	< 10	31,5	< 10	25	< 10	3		
	37,5	> 33	24	> 33	17,5	> 33	3		
		< 67		< 67		< 67			
	25	> 90	16	> 90	10	> 90	2		
16	> 98	10	> 98	6,3	> 98	3			
Forma	Comp.	4.0 %						2	(b)
	Espess.	5.0 %						2	
Homogeneidade	3.0 %						3	(b)	
Limpeza	1.0 %						Redução do preço de venda à data da expedição por cada 0,5% ou fracção desta %, de afastamento dos limites de aceitação sem restrições. (%)	(c)	
							4		

Obs. - Exemplos

- 1) - Para o coeficiente de Los Angeles, o limite de aceitação sem restrições é de 22%; deste modo, para valores de 23%, 24% e 25%, as penalizações são respectivamente: 10%, 20% e 30%.
- 2) - Para o comprimento, o limite de aceitação sem restrições é de 4%, deste modo, de 4,1% (inclusivé) até 5% (inclusivé), a penalização no preço de venda é de 2%. De 5,1% até 6% a penalização é de 4%.
- 3) - Para a limpeza o limite de aceitação sem restrições é de 1%, deste modo, de 1,1% até 1,5%, a penalização no preço de venda é 4%. De 1,6% até 2%, a penalização é de 8%. Para 2,1% já se verifica rejeição.





**V- INERTES PARA BASES E SUB-BASES  
DE ESTRADAS**



## V - INERTES para BASES e SUB-BASES de ESTRADAS

Neste capítulo do trabalho, para além dos materiais a utilizar em bases e sub-bases de estradas, vão incluir-se os inertes usados em algumas misturas betuminosas bem como em pavimentações (granular e betuminosa).

As principais características dos inertes que se devem ter em conta aquando a sua aplicação em estradas são as seguintes:

◇ **Natureza e identificação** - evolução da natureza petrográfica dos inertes, grau de alteração dos componentes minerais, porosidade e propriedades químicas.

◇ **Propriedades geométricas** - basicamente a forma e angulosidade das partículas. Relacionando-se o seu conjunto mineral pode estudar-se a sua distribuição granulométrica.

◇ **Propriedades mecânicas** - englobam os parâmetros básicos de resistência ao desgaste e ao polimento.

◇ **Ausência de impurezas** - é fundamental que os inertes a usar estejam livres de impurezas capazes de afectar o bom comportamento das camadas. O uso de inertes sujos pode ser a causa mais do que suficiente para provocar a degradação de uma estrada.

**Inalterabilidade** - é fundamental avaliar as possíveis degradações que os inertes possam sofrer quando colocados em obra. Há que ter

precauções especiais para evitar comportamentos anómalos que possam afectar a vida útil das estradas.

◊ **Adesividade** - os inertes devem apresentar afinidade com os ligantes que se vão empregar e em caso de problemas será necessário o uso de activadore para garantir o bom comportamento das misturas.

## **V.I. PROPRIEDADES**

### **V.I.I. Forma e angulosidade**

A forma das partículas do inerte grosso, afecta fundamentalmente a estrutura mineral dele mesmo.

Segundo a sua forma as partículas podem classificar-se em arredondadas, cúbicas, lamelares ou alongadas. As duas últimas rompem-se facilmente durante a compactação ou depois durante a acção do tráfego, modificando a granulometria do inerte. Em consequência disto devem impor-se limitações à quantidade de partículas que apresentem esta forma.

Para além da forma à que ter em atenção a angulosidade pois esta influencia a textura superficial das partículas e a resistência do conjunto mineral.

### **V.I.II. Resistência ao Desgaste**

A resistência mecânica do conjunto mineral é um factor predominante na avaliação do comportamento das camadas, depois de postas em serviço.

Esta avaliação da resistência realiza-se mediante diversos ensaios de laboratório. Os mais usados são o ensaio de desgaste na máquina de Los Angeles e o ensaio de friabilidade que apresentam como grandes vantagens a rapidez e a sensibilidade.

Em geral se pode dizer que coeficientes de Los Angeles superiores a 50 correspondem a inertes de muito má qualidade, não aptos para a construção de camadas firmes. Pelo contrário, coeficientes inferiores a 20 correspondem a inertes excelentes, com resistência ao desgaste suficiente para qualquer aplicação, em particular para camadas betuminosas que tenham que suportar tráfego pesado.

### **V.I.III. Resistência ao Polimento**

A resistência ao polimento das partículas de um inerte, é dizer resistência a perder aspereza na sua textura superficial, tem grande importância do ponto de vista da resistência ao deslizamento quando estas partículas são empregues numa camada de rodagem.

Para a sua avaliação o ensaio de polimento acelerado é o mais frequente e depende fundamentalmente da natureza petrográfica da rocha de origem.

### **V.I.IV. Plasticidade e Limpeza**

Para o bom comportamento dos inertes em qualquer camada um aspecto fundamental a ter em conta é o da limpeza. Os inertes não devem estar contaminados por partículas de natureza orgânica nem tão pouco por argilas. As especificações estabelecem que os finos tenham uma reduzida plasticidade. Por

sua vez a fracção grossa deve estar isenta de qualquer fíler, sendo fixados os limites admissíveis pelo denominado coeficiente de limpeza.

### **V.I.V. Alterabilidade**

Alguns dos maiores fracassos que se podem produzir num tapete depois de pouco tempo em serviço se devem a processos de alteração dos inertes de algumas das suas camadas.

Esses processos podem desencadear-se por reacção química com alguns dos componentes dos ligantes ou conglomerantes ou simplesmente pela sempre inevitável presença da água.

Em algumas especificações define-se que os inertes devem ter uma certa estabilidade à acção de soluções de sulfato de sódio e de sulfato de magnésio.

### **V.I.VI. Granulometria**

A granulometria é uma característica física fundamental pois influencia de forma importante a resistência mecânica do conjunto.

Podem usar-se diferentes granulometrias conforme a aplicação final dos inertes por exemplo para o macadame será necessário uma granulometria uniforme, por sua vez as misturas betuminosas comportam granulometrias descontínuas.

Para encaixar uma granulometria dentro de um fuso normalizado parte-se de fracções uniformes que se misturam nas proporções adequadas. A análise granulométrica é feita por tamizagem. O tamanho máximo dos inertes vem normalmente limitado por considerações relativas à espessura da camada, trabalhabilidade etc.. Por outro lado a influência das partículas mais finas obriga a limitar a sua percentagem e a sua plasticidade. Nas misturas betuminosas tem especial importância a fracção de tamanho inferior a 80  $\mu\text{m}$ , chamada fíler.

## V.II. SUB-BASES

### A) Solos

#### - Valores aconselháveis

- Limite de Liquidez ..... NP
- Índice de Plasticidade ..... NP
- Equivalente de Areia ..... > 25%
- Percentagem passando o peneiro nº 200 ASTM ..... < 12
- CBR (compactação relativa de 95 % referida ao ensaio de compactação pesada) ..... > 30%

#### - Valores limites

- Limite de Liquidez ..... < 25%
- Índice de Plasticidade ..... < 6%
- Equivalente de Areia ..... > 20%
- Percentagem passando o peneiro nº 200 ASTM ..... < 16
- CBR (compactação relativa de 95 % referida ao ensaio de

compactação pesada) para volumes de tráfego menores que  
 $0,5 \times 10^6$  eixos padrão de 8,2 toneladas até ao ano horizonte .....>20%

## **B) Material aluvionar (\*)**

### **- Valores aconselháveis**

- A granulometria recomendável, de tipo contínuo, é a seguinte:

Peneiro ASTM	Percentagem acumulada de material que passa
75 mm ( 3" )	100
63 mm ( 2 1/2" )	90 - 100
4,75 mm ( n°4 )	35 - 70
0,075 mm ( n° 200 )	0 - 15

- Limite de Liquidez ..... NP

- Índice de Plasticidade ..... NP

- Equivalente de Areia .....> 30%

- Percentagem de desgaste na máquina de Los Angeles ...< 35

(\*) Não é aconselhável a aplicação deste material em espessuras superiores a 15 cm sem um estudo prévio adequado

**- Valores limites**

Peneiro ASTM	Percentagem acumulada de material que passa
75 mm ( 3" )	100
63 mm ( 2 1/2" )	40 - 90
4,75 mm ( n°4 )	30 - 60
0,075 mm ( n° 200 )	0 - 20

- Limite de Liquidez ..... < 25%

- Índice de Plasticidade ..... < 6%

- Equivalente de Areia ..... > 25%

- Percentagem de desgaste na máquina de Los Angeles ... < 40

**V.III. MACADAMES HIDRÁULICOS****A) Agregados****- Valores aconselháveis**

- As granulometrias recomendáveis são as seguintes:



Dimensões nominais do agregado ( cm )	Percentagem que passa nos peneiros						
	75 mm	63 mm	50 mm	37,5 mm	25 mm	19 mm	12,5 mm
2,5 / 5	-	100	90 - 100	35 - 70	0 - 15	-	0 - 5
4 / 6,5	100	90 - 100	35 - 70	0 - 15	-	0 - 5	-

- Percentagem de desgaste na máquina de Los Angeles ..... < 30

**- Valores limites**

- Percentagem de desgaste na máquina de Los Angeles ..... < 35

**B) Material de Enchimento**

**- Valores aconselháveis**

- Limite de Liquidez ..... NP

- Índice de Plasticidade ..... NP

- Equivalente de Areia ..... > 25%

- Percentagem passando o peneiro nº 200 ASTM ..... < 12

- Dimensão máxima ..... 9,5 mm

**- Valores limites**

- Limite de Liquidez ..... < 25%
- Índice de Plasticidade ..... < 6%
- Equivalente de Areia ..... > 20%
- Percentagem passando o peneiro nº 200 ASTM ..... < 12
- Dimensão máxima ..... 9,5 mm

**V. IV. BASES DE GRANULOMETRIA EXTENSA**

**A) Agregados**

**- Valores aconselháveis**

- As granulometrias recomendadas são do tipo 0/40 mm ou 0/30 mm a seguir discriminadas:

Peneiro ASTM	Porcentagem acumulada de material que passa		
	Material da pedreira		Material aluvionar
	0 / 40	0 / 30	0 / 30
50 mm ( 2" )	100	-	-
37,5 mm ( 1 1/2 " )	85- 95	100	100
25,0 mm ( 1" )	-	70 - 95	80 -95
19,0 mm ( 3/4" )	50 - 85	55 - 85	55 - 85
4,75 mm (nº4)	30 - 45	22 - 45	30 - 55
0,425 mm (nº40)	8. - 22	5. - 18	10. - 25
0,075 mm (nº 200)	2. - 9	2. - 9	2. - 10

- Limite de Liquidez ..... NP

- Índice de Plasticidade ..... NP

- Equivalente de Areia ..... > 50%

- Percentagem de desgaste na máquina de Los Angeles ..... < 30

### **- Valores limite**

- Índice de Plasticidade ..... < 6%

- Equivalente de Areia ..... > 30%

- Percentagem de desgaste na máquina de Los Angeles ..... < 35

### **B) Material de Enchimento**

- Limite de Liquidez ..... NP

- Índice de Plasticidade ..... NP
- Equivalente de Areia ..... > 25%
- Percentagem passando no peneiro nº 200 ASTM ..... < 12

### C) Execução dos trabalhos

Na execução de camadas deve ser obtida a seguinte característica:

- Índice de vazios aconselháveis ..... < 13%
- Índice de vazios mínimo ..... 15%

## V.V. REVESTIMENTOS SUPERFICIAIS BETUMINOSOS

### A) Gravilhas

#### - Valores aconselháveis (rede fundamental)

As dimensões aconselháveis do agregado britado são as seguintes:

- Revestimento superficial simples ..... 10/14 mm ; 6/10 mm
- Revestimento superficial duplo ..... 10/14 mm ; e 6/10 mm

(em geral) ou 6/10 mm e 4/6 mm. A fórmula descontínua do tipo 10/14 mm e 4/6 mm, por apresentar menor perigo e rejeição da gravilha, é indicada para velocidade de circulação elevadas. Para tráfego pesado e lento poderá ser aconselhável a fórmula 14 / 20 mm e 6 / 10 mm;

- Percentagem passando no peneiro nº 20 ASTM ..... < 0,5
- As dimensões máxima e mínima de cada elemento do agregado não podem ser respectivamente superiores a 1,8 e inferiores a 0,6 da sua dimensão média;
- Percentagem de desgaste na máquina de Los Angeles ..... < 20  
( No caso de granitos o valor pode ser elevado para 26 )
- Coeficiente de polimento acelerado ..... > 0,55%
- Índice de lamelação ..... 20
- Índice de alongamento ..... 20

**- Valores limites (rede secundária)**

- Percentagem passando no peneiro nº 20 ASTM ( a fixar de acordo com a importância do tráfego)..... < 2 ou < 1
- Percentagem de desgaste na máquina de Los Angeles ..... < 25  
( No caso dos seixos e dos granitos o valor pode ser elevado para 30 ou 40, respectivamente);
- Coeficiente de polimento acelerado ..... > 0,45%
- Índice de lamelação ..... 25

- Índice de alongamento ..... 25

## V.VI. PENETRAÇÕES E SEMI - PENETRAÇÕES BETUMINOSAS

### A) Agregados da camada de base

#### - Valores aconselháveis

- As granulometrias aconselháveis são as seguintes, quando o aglutinante for um betume asfáltico

Tensões nominais do agregado ( cm )	Percentagem que passa nos peneiros							9,5 mm
	75 mm	63 mm	50 mm	37,5 mm	25 mm	19 mm	12,5 mm	
2,0 / 4	-	-	100	90 - 100	20 - 55	0 - 15	-	0 - 5
2,5 / 5	-	100	95 - 100	35 - 70	0 - 15	-	0 - 5	-
4 / 6,5	100	90 - 100	35 - 70	0 - 15	-	0 - 5	-	-

- Percentagem de desgaste na máquina de Los Angeles .....25

#### - Valores limites

- Percentagem de desgaste na máquina de Los Angeles .....30

**B) Agregado de recobrimento**

- As granulometrias recomendáveis são as seguintes, definidas pelas dimensões superiores de 14 mm ou 20 mm:

Dimensões do agregado ( cm )	% que passa na rede de malha quadrada de 18 mm ou 14 mm nos peneiros ASTM					
	19,5 mm	16 mm	9,5 mm	4,75 mm	2,0 mm	0,850 mm
2,0 / 14	-	100	40 - 75	5,0 - 25	0 - 5	0 - 2
4,0 / 18	100	-	20 - 55	0 - 10	0 - 3	0 - 2

**C) Aglutinante betuminoso**

Em geral devem utilizar-se betumes 180/200 ou emulsões catiónicas de viscosidade média e rotura rápida. Nas zonas mais quentes do país, designadamente no sul, e para granulometrias abertas pode haver vantagem na utilização do betume 80/100 em semi-penetrações.

**V.VII. TAPETES DRENANTES**

Uma preocupação constante no sector das estradas é aumentar cada vez mais a segurança tendo em conta as maiores velocidades que hoje em dia os veículos desenvolvem, tendo em conta claro a disponibilidade económica destinada ao efeito.

Um elemento que actua negativamente sobre estes factores é a água. É notório a falta de aderência entre o pneu e o pavimento quando este está molhado. A alternativa pode bem ser o tapete drenante que não é mais do que uma mistura porosa, que contém ocos em percentagem superior a 20%, o que permite filtrar a água e conduzi-la a outros elementos de drenagem evitando que ela permaneça na superfície de rodagem.

Os inertes para este tapete drenante devem possuir características semelhantes às exigidas para os inertes de uma camada de desgaste convencional, tais como:

- Coeficiente de desgaste de Los Angeles ..... < 20%
- Coeficiente de polimento acelerado ..... > 0,45
- Índice de lamelação ..... < 25%
- Índice de adesividade do inerte fino ..... > 4
- Equivalente de areia ..... > 50%

As curvas granulométricas óptimas determinadas em laboratório são as que a seguir indica-se:

Peneiro UNE (mm)	Poroso Aberto 10	Poroso Aberto 12
20		100
12,5	100	70 - 100
10	70 - 90	50 - 80
5	15 - 30	15 - 30
2,5	10. - 22	10. - 22
0,63	6. - 13	6. - 13
0,08	3. - 6	3. - 6

As misturas drenantes devem a sua estabilidade à coesão entre a estrutura mineral e o ligante. Os ensaios clássicos: compressão simples, Marshall, Duriez etc.... não são os mais apropriados. Outros há que parecem ser mais idóneos



como por exemplo a tracção indirecta ou a determinação da coesão das misturas mediante o coesómetro Hyeen.



**VI- DESCRIÇÃO DOS ENSAIOS APLICADOS  
AOS INERTES**



## VI - DESCRIÇÃO dos ENSAIOS APLICADOS aos INERTES

Por mais do que uma vez foi referido que o inerte deve ser ensaiado consoante a sua aplicação final, isto é apesar de os ensaios que podem ser feitos ao inerte serem numerosos não é obrigatório que se façam todos, devendo ser realizados apenas os que se revelam importantes para cada aplicação. Contudo acrescenta-se que há ensaios muito mais utilizados do que outros, por exemplo o ensaio de desgaste na máquina de Los Angeles é muito mais requerido do que por exemplo a determinação do teor em halogenetos.

Antes de entrar propriamente na descrição dos ensaios convém referir que todos eles se regem por normas ou por especificações. As normas neste trabalho focadas tratam-se das normas portuguesas (NP) e as especificações são as do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC). No entanto, por vezes empresas de grande dimensão como a BRISA, J.A.E. CP etc., elaboram as suas próprias especificações técnicas às quais os inertes devem obedecer. Importante referir também, que não estão presentes neste trabalho todos os ensaios que existem para inertes, estão quase todos, os mais importantes.

- ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

Um dos mais importantes ensaios é certamente o da análise granulométrica. A norma que orienta este ensaio é a **NP 1379** e data de 1976. Esta norma determina o modo como deve ser efectuada a análise granulométrica de inertes desde as areias, pedregulhos, britas e até as suas misturas, que se destinem ao fabrico de argamassas e betões.

Trata-se de uma peneiração a seco do inerte através de uma série de peneiros de aberturas normalizadas, pesagem das parcelas de inertes obtidas e cálculo das fracções granulométricas correspondentes. Interessa também que estejam sempre presentes as definições:

**Máxima dimensão do inerte** - menor abertura do peneiro de uma série de peneiros de referência, através do qual passa pelo menos 90% da massa do inerte.

**Mínima dimensão do inerte** - maior abertura do peneiro de uma série de peneiros de referência, através do qual não passa mais do que 5% da massa do inerte.

**Areia** - inerte natural ou artificial cuja máxima dimensão é 4,75 mm.

**Godó** - inerte natural, constituído por partículas de forma arredondadas, cuja mínima dimensão é 4,75 mm.

**Brita** - inerte artificial, ou proveniente da britagem de rochas, cuja mínima dimensão é de 4,75 mm.

Existe igualmente uma especificação do LNEC, a 233 de 1969, que fixa o modo de determinar quantitativamente a distribuição por tamanhos das partículas de agregados finos e grossos, mas somente para construção rodoviária. Não se destinando aos agregados recuperados de misturas betuminosas nem ao fíler.

- DETERMINAÇÃO DA BARIDADE DO INERTE

Este ensaio é realizado segundo as indicações da **NP 955** do ano de 1973. Esta norma fixa o modo de determinar a baridade de inertes com a máxima dimensão não superior a 100 mm, destinados ao fabrico de argamassas e betões. Define-se como baridade, a massa volúmica aparente do material, dada pelo quociente da massa do inerte seco pelo volume por este ocupado em condições de compactação definidas. A baridade do inerte seco, em quilogramas por metro cúbico é dada por:

$$\frac{m_2 - m_1}{V} \times 100$$

sendo,

$m_1$  - a massa do recipiente, em quilogramas

$m_2$  - a massa do recipiente cheio com o inerte, em quilogramas

$V$  - a capacidade do recipiente em decímetros cúbicos

- DETERMINAÇÃO DO TEOR EM SULFURETOS

A norma que acompanha este ensaio é a **NP 2107** de 1984.

Trata-se fundamentalmente de “atacar” o inerte com ácido clorídrico, em presença de uma solução de cloreto de estanho II. Captação do sulfureto de hidrogénio libertado, por solução amoniacal de sulfato de zinco, e doseamento do sulfureto resultante com solução de iodato de potássio.

- PESQUISA DA MATÉRIA ORGÂNICA PELO PROCESSO DO ÁCIDO TÂNICO

A matéria orgânica figura entre as substâncias estranhas mais prejudiciais de uma areia para a fabricação de argamassas e betões. Com efeito, a sua acção sobre o cimento revela-se no retardamento da presa e na diminuição da resistência mecânica da argamassa ou betão em que ela esteja incorporada. É particularmente perigosa no caso do emprego dos cimento portland e aluminoso. Esta pesquisa de matéria orgânica especialmente de natureza húmida nas areias naturais é fixada pela **NP 85** de 1964. Esta norma é baseada no método colorimétrico de Abrams. O ensaio descrito na norma deve ser tomado como um ensaio preliminar para a escolha da areia. No caso de a areia conter uma quantidade de matéria orgânica igual ou inferior ao limite admissível, deve proceder-se à realização de ensaios mecânicos de provetes de argamassa da areia em causa para averiguações da eventual influência da matéria orgânica na resistência.

- DETERMINAÇÃO DAS MASSA VOLÚMICAS E DA ABSORÇÃO DE ÁGUA DE BRITAS E GODOS

A norma que fixa o processo de efectuar a determinação das massas volúmicas e da absorção de água das britas e dos godos é a **NP 581** de 1969.

O importante neste processo é que setenha sempre presente a definição de:

***Massa volúmica do material impermeável das partículas** - quociente da massa do inerte seco pelo volume do material das partículas, mais o dos poros destas nos quais a água não penetrou ao fim de 24 h de imersão.*

***Massa volúmica das partículas saturadas** - quociente da massa do inerte mais a da água por este absorvida em 24 h de imersão, pelo volume do material das partículas, mais o de todos os seus poros.*

***Massa volúmica das partículas secas** - quociente da massa do inerte seco pelo volume do material das partículas, mais o de todos os seus poros.*

***Absorção de água** - percentagem, referida à massa do inerte seco da água absorvida durante 24 h de imersão à temperatura ambiente.*

- ENSAIO DE DESGASTE PELA MÁQUINA DE LOS ANGELES

A resistência ao desgaste dos inertes determina-se através da máquina de Los Angeles, quando sobre o inerte que vai ser ensaiado se faz uma actuar uma carga abrasiva de bolas em aço.

O ensaio realiza-se introduzindo uma amostra de rocha com a sua granulometria bem definida, num cilindro giratório em aço e que deve efectuar a uma determinada velocidade, determinadas rotações consoante as composições granulométricas. Este é um ensaio que praticamente é feito a todo o inerte independentemente da sua aplicação final, pois este ensaio caracteriza-o mecânicamente.

A especificação do **LNEC 237** de 1970 é quem fixa o modo de determinar a perda por desgaste sofrida por um agregado quando submetido ao ensaio na máquina de Los Angeles.

- **DETERMINAÇÃO DO TEOR EM PARTÍCULAS MUITO FINAS E MATÉRIAS SOLÚVEIS**

É a **NP 86** de 1972, que fixa o modo de determinar o teor em partículas muito finas e matérias solúveis de inertes para argamassas e betões.

Neste processo pretende-se determinar a perda de massa do inerte resultante da lavagem e peneiração deste através do peneiro de 75 µm de abertura.

- **ENSAIO DE EQUIVALENTE DE AREIA**

O equivalente de areia é uma característica que convencionalmente exprime a quantidade e a qualidade de elementos finos plásticos existentes em agregados especialmente ao fíler mineral.

A especificação do LNEC que orienta este ensaio é a especificação **199** de 1967.

- **ENSAIO DE ALTERAÇÃO PELO SULFATO DE SÓDIO OU PELO SULFATO DE MAGNÉSIO**

Este ensaio permite fazer uma ideia acerca da alterabilidade do agregado (inerte) quando sujeito a agentes climatéricos, em especial baixas temperaturas.

Tem sobretudo interesse quando não haja experiência do comportamento do agregado em obras do mesmo tipo, na região que vai ser utilizado.

O objectivo deste mesmo ensaio é determinar quantitativa e qualitativamente por observação visual, a alteração sofrida pelo inerte quando submetido alternadamente a imersões numa solução saturada de sulfato de sódio ou de sulfato de magnésio e a secagens em estufas.

A especificação do LNEC **238** de 1971, é quem orienta este ensaio.

- DETERMINAÇÃO DA PRESENÇA DE ARGILAS NOS INERTES

Ultimamente o teste que se tem vindo a realizar para evidenciar a presença de argilas nos inertes é o teste do azul de metileno.

Este método basei-se nas propriedades de absorção das argilas e conseguinte efeito descolorante sobre as soluções aquosas de azul de metileno. O resultado denominado índice de azul de metileno indica a quantidade em gramas com aproximação de uma décima, de azul de metileno por 100 g de amostra seca.

- DETERMINAÇÃO DO TEOR EM SULFATOS

O objectivo deste ensaio é o de determinar o teor em sulfatos solúveis em ácido clorídrico de inertes para argamassas e betões. Para isso ataca-se o inerte com o ácido clorídrico, filtra-se a solução obtida adiciona-se cloreto de bário ao filtrado, separa-se por filtração o precipitado do sulfato de bário segue-se a calcinação e finalmente a pesagem do precipitado.

Este ensaio é orientado pela especificação do LNEC **157** de Junho de 1978.

- DETERMINAÇÃO DO TEOR EM HALOGENETOS SOLÚVEIS

A especificação 253 do LNEC de Maio de 1971, destina-se a fixar o processo de como determinar o teor em halogenetos solúveis dos inertes para argamassas e betões.

Para extrair as matérias solúveis do inerte deve ter-se água em ebulição, fazer uma filtração e acidificação do filtrado com ácido nítrico,, adição, em excesso, de solução de nitrato de prata e doseamento do excesso com solução de tiocianato de potássio.



- ÍNDICE DE LAMELAÇÃO

Este método é baseado na classificação de partículas de agregados como partículas lamelares quando têm uma espessura menor que 0,6 do seu tamanho nominal, sendo este tamanho tomado como a média das aberturas dos peneiros limites usados para determinar o tamanho da fracção no qual a partícula ocorre.

O índice de lamelação de uma amostra de agregado é encontrado através da separação das partículas lamelares expressando a sua massa como percentagem da massa da amostra ensaiada. Este ensaio não é aplicável a material passado no peneiro 6,3 mm (1/4") ASTM ou retido no de 63 mm (2 1/2") ASTM. Na figura 1 apresenta-se o esquema de um medidor de espessuras.

- ÍNDICE DE ALONGAMENTO

Este método é baseado na classificação das partículas e agregados como alongados, sempre que tenham um comprimento (maior dimensão) igual ou superior a 1,8 do seu tamanho nominal, tomando-se este tamanho como a média das dimensões das aberturas dos peneiros limites usados na determinação do tamanho da fracção no qual as partículas ocorrem.

O índice de alongamento de uma amostra de agregado determina-se separando as partículas alongadas e expressando a respectiva massa como percentagem da massa total da amostra ensaiada. Este ensaio não é aplicável a material passado no peneiro 6,3 mm (1/4") ASTM ou retido no de 63 mm (2 1/2") ASTM. Na figura 2 apresenta-se o esquema de um medidor de comprimentos.

Para finalizar este capítulo apresentam-se diferentes boletins usados durante os ensaios. Refira-se ainda que os boletins tipo apresentados são ou do Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP) ou do Instituto Geológico Mineiro (IGM), uma vez que se trata das entidades com maior credibilidade para fazer este tipo de ensaios. Daí que se alguma pedreira quiser certificar os seus inertes deve requerer os ensaios a uma das destas entidades ou às duas.

FOURTA DE AÇO DE 10mm DE ESPESSURA  
 ENROLADA NUM VARÃO DE 8mm DE ESPESSURA

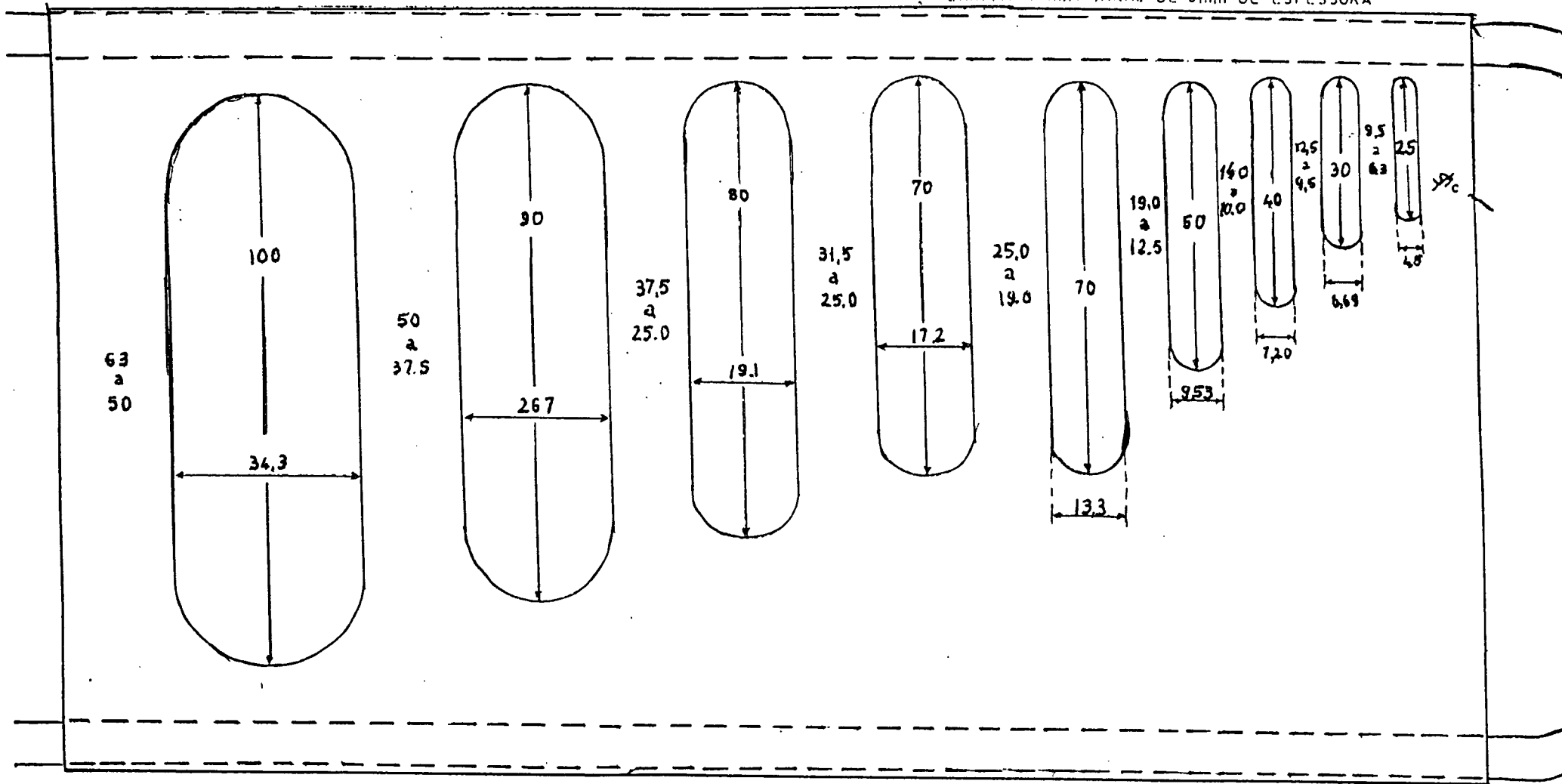
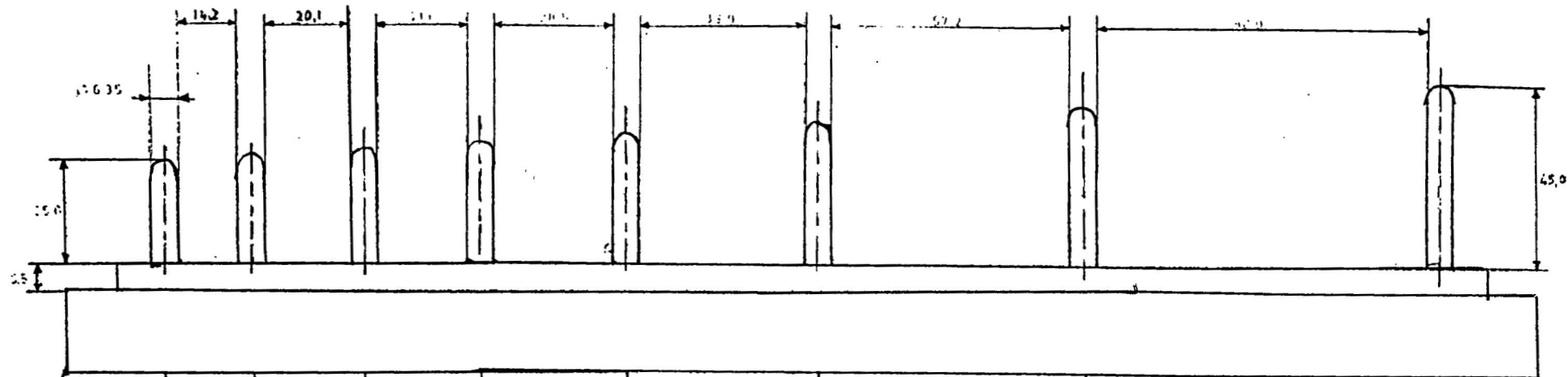


FIG. 1 - MEDIDOR DE ESPESSURAS  
 (em mm)



PASSA NO PENEIRO (mm)	9,5 10,0	12,5	14,0	19,5	25,0	37,5	50,0
ERA RETIDO NO PENEIRO (mm)	11,0 12,0	9,5	12,5	14,0	19,5	25,0	37,5

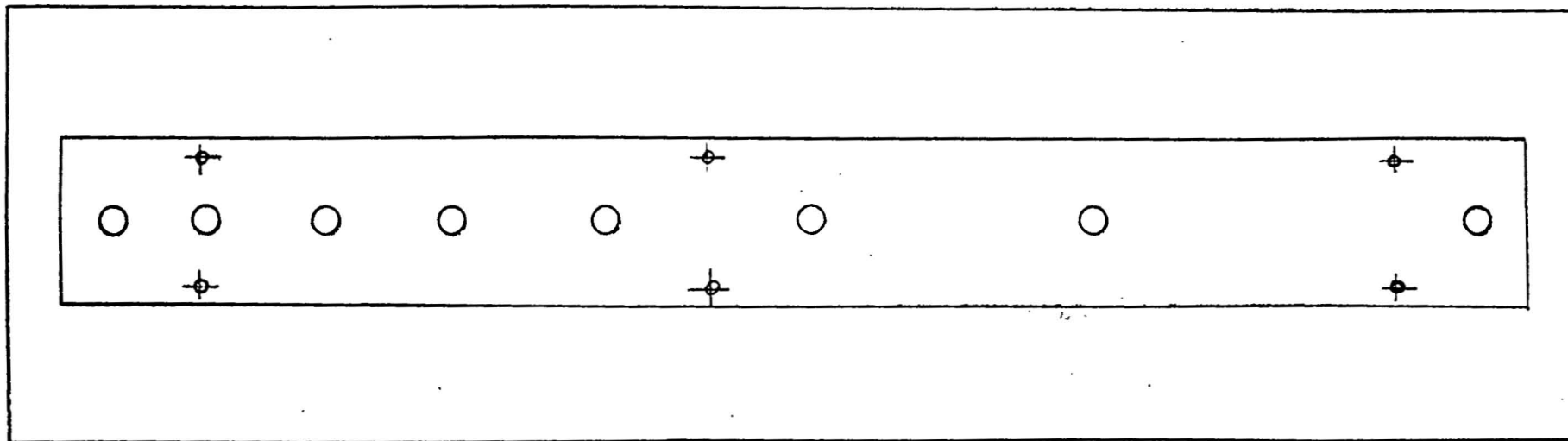


Fig. 2 - MEDIDOR DE COMPRIMENTOS (em mm)

**Obra:** Estudo de Balastro  
Amostra ensaiada 80009 g.  
Amostra nº 4/95

## ENSAIO DE ALONGAMENTO (Comprimento)

*Comprimento máximo de cada elemento (mm) 90*

Peso da Fracção	Peso retido	Alongamento %
80 009 gr.	0,0	0,0

*Índice de alongamento = 0,0%*

OBS.: Não ficou material retido no comparador

Obra: Estudo de Balastro  
Amostra ensaiada 80009 g.

## ENSAIO DE LAMELAÇÃO (ESPESSURA)

*Espessura mínima do comparador 16 mm*

Peso da Fracção	Peso passado	Lamelação %
80 009 gr.	248 gr	0,31

*Índice de lamelação = 0,31%*

Obra: Estudo de Balastro  
Amostra ensaiada 80166 g.

P <sub>1</sub>	Peso inicial da amostra	80 166 gr.
P <sub>2</sub>	Peso depois de lavado	<u>80 009 gr.</u>
	Peso de pó	157 gr.

$$\frac{P_1 - P_2}{P_1} \times 100 \quad \text{Pimpurezas } 0,2\%$$

Homogeneidade      0%

OBS.: Não notamos a presença de materiais indesejáveis rochas alteradas, friáveis, gramos argilosos ou siltosos)

**GRAU DE LIMPEZA E HOMOGENEIDADE**

Normas: \_\_\_\_\_

Requisitante: \_\_\_\_\_

Nº Ordem Lab \_\_\_\_\_

Amostra nº: \_\_\_\_\_

Entidade que colheu a amostra \_\_\_\_\_

Tipo de material: Brita 25/50

Proveniência: \_\_\_\_\_

Data Entrada no LAB \_\_\_\_\_

**GRAU DE LIMPEZA**

Norma: \_\_\_\_\_

*O balastro deve estar isento de elementos finos 0-2 mm, aceitando-se, porém, que este produto possa conter uma percentagem dessas partículas finas não superior a 1%, em peso, seja qual for a constituição litológica delas. É este valor (1%) o Limite de Aceitação sem Restrições. O valor de 2% é o Limite de Rejeição.*

**RESULTADOS DO ENSAIO**

	Peso (g)	%
Provete analisado	25500.51	100
Partículas finas (0-2 mm)	3.34	0.01

**GRAU DE HOMOGENEIDADE**

Norma: Instrução Técnica IT/DIF/01/75 dos Caminhos de Ferro Portugueses, E.P.

*O material deverá ser homogéneo quanto à natureza dos materiais rochosos que o constituem. Admite-se, no entanto, que possa conter uma percentagem de materiais indesejáveis nunca superior a 3% em peso. É este valor o Limite de Aceitação sem Restrições. Por materiais indesejáveis entende-se o conjunto de rochas alteradas, friáveis, grumos argilosos ou siltosos e elementos estranhos à rocha a utilizar. O valor de 6% é o Limite de Rejeição.*

**RESULTADOS DO ENSAIO**

	Peso (g)	%
Provete analisado	25500.51	100
Materiais indesejáveis	0.00	0.00

**COEFICIENTE DE FORMA**

Norma: \_\_\_\_\_

Requisitante: \_\_\_\_\_

Nº Ordem Lab \_\_\_\_\_

Amostra nº: \_\_\_\_\_

Entidade que colheu a amostra \_\_\_\_\_

Tipo de material: Brita 25/50 \_\_\_\_\_

Proveniência: \_\_\_\_\_

Data Entrada no LAB \_\_\_\_\_

<i>Designação do produto:</i>		<i>Balastro Normal</i>
<i>Especificações de Aceitação</i>		
	<i>mm</i>	<i>Aceitação s/ restrições</i>
<i>Comprimento Máximo de cada elemento</i>	90	= < 4%
<i>Espessura Mínima de cada elemento</i>	16	= < 5%
<i>Especificações de Rejeição</i>		
	<i>mm</i>	<i>Rejeição</i>
<i>Comprimento Máximo de cada elemento</i>	90	> 8%
<i>Espessura Mínima de cada elemento</i>	16	> 10%
<i>Somatório de C + E</i>		> 15%
<i>C = % de elementos de comprimento máximo &gt; 90 mm</i>		
<i>E = % de elementos com espessura mínima &lt; 16 mm</i>		

**RESULTADOS DO ENSAIO**

	Peso (g)	%
Provete analisado	25500.51	100
Elementos com comprimento máximo > 90 mm	265.60	1.04
Elementos com espessura mínima < 16 mm	35.41	0.14
C + E		1.18





INSTITUTO  
SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO

LABORATÓRIO DE SOLOS E ROCHAS

Rua de S. Tomé Telef. 8330341 Fax 821159 4200 PORTO

## ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DO INERTE

Obra: Amostra de brita  
Amostra nº 7/95

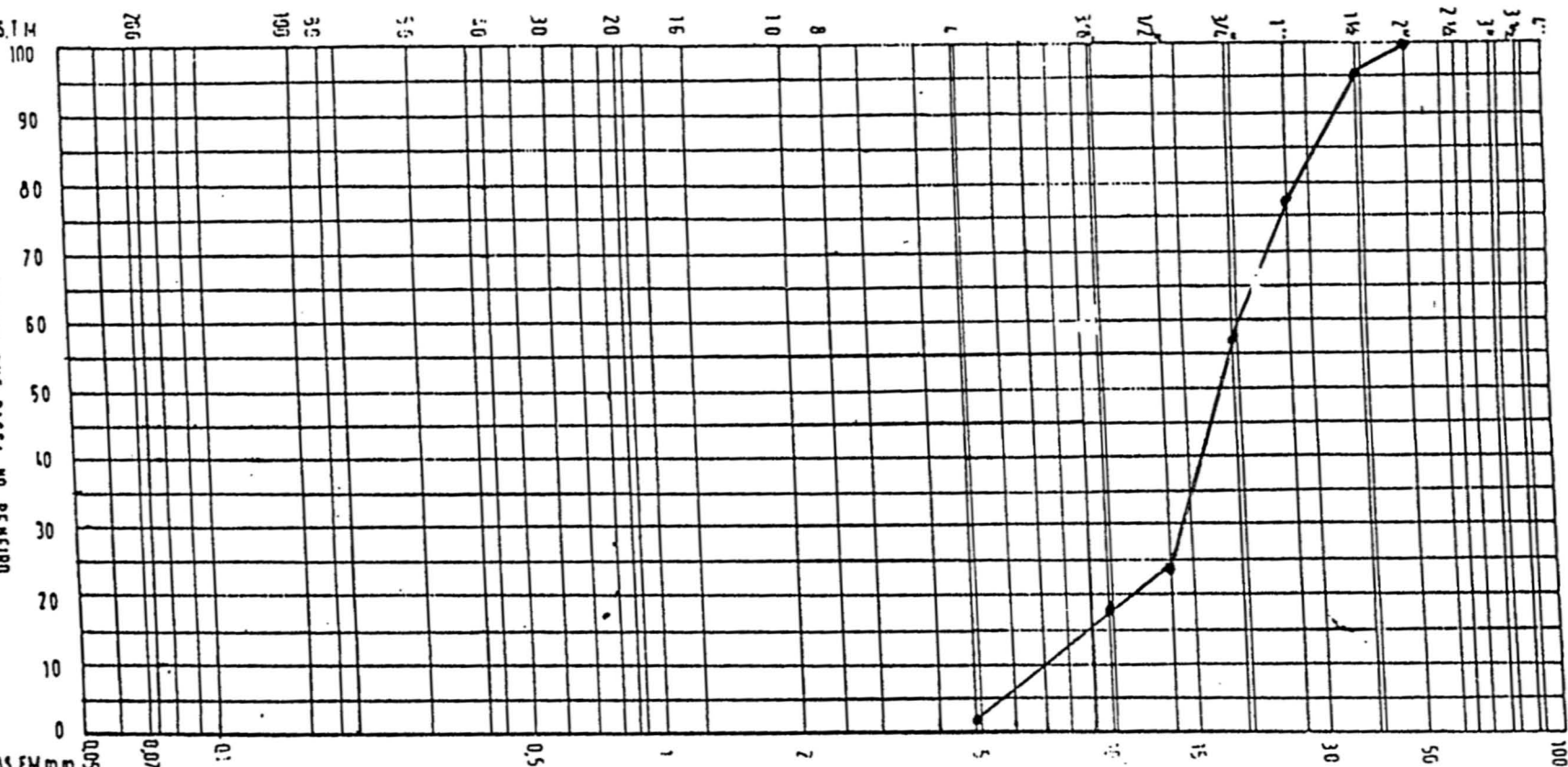
Peneiros	Abertura (mm)	% retidos	% retidos acumulados	% passados
2"	50,8	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	38,1	4,8	4,8	95,2
1"	25,4	18,2	23,0	77,0
3/4"	19,1	20,5	43,5	56,5
1/2"	12,7	32,1	75,6	24,4
3/8	9,53	6,9	82,5	17,5
nº 4	4,76	16,1	98,6	1,4
< nº 4		1,4	100,0	0,0

INERTES NATURAIS

SILTE	AREIA			GÓDIO		
	FINA	MÉDIA	GROSSA	FINO	MÉDIO	GROSSO

PENEIROS A.S.T.M

%. DE MATERIAL QUE PASSA NO PENEIRO



ABERTURAS EM mm

INERTES ARTIFICIAIS

FILLER	PÓ DE BRITAGEM	AREIA DE BRITAGEM	GRAVILHA	MURRAÇA	BRITA
--------	----------------	-------------------	----------	---------	-------

## ENSAIO DE DESGASTE (LOS ANGELES)

ENTIDADE QUE SOLICITOU OS ENSAIOS \_\_\_\_\_

ENTIDADE QUE COLHEU A AMOSTRA (\*) \_\_\_\_\_

LOCALIZAÇÃO \_\_\_\_\_

TIPO DE MATERIAL GranitoTIPO DE ENSAIO PEDIDO Curva granulométrica F

Número da amostra		576-A						
Número de ensaio		576-A-7						
CONDIÇÕES DE ENSAIO	Número de esferas	12						
	Número de rotações	1 000						
MATERIAL RETIDO NOS PENEIROS (Gramas)	ANTES DO ENSAIO	2"-1 1/2"	5 000					
		1 1/2"-1"	5 005					
		TOTAL	10 005					
	APOS ENSAIO	Nº 12	6 375					
DESGASTE %	VERIFICADO		36					
	MÁXIMO ADMISSÍVEL							

PENEIROS (A.S.T.M.)		PESOS E PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS A ENSAIAR, GR						
PASSADO	RETIDO	A	B	C	D	E	F	G
3"	2 1/2"					2500±50		
2 1/2"	2"					2500±50		
2"	1 1/2"					5000±50	5000±50	
1 1/2"	1"	1250±25					5000±25	5000±50
1"	3/4"	1250±25						5000±25
3/4"	1/2"	1250±10	2500±10					
1/2"	3/8"	1250±10	2500±10					
3/8"	nº 3 (1/4")			2500±10				
nº 3	nº 4 (4,76 mm)			2500±10				
nº 4	nº 8 (2,38 mm)				5000±10			
T O T A I S		5000±10	5000±10	5000±10	5000±10	10000±100	10000±75	10000±50
NÚMERO DE ESFERAS		12	11	8	6	12	12	12
NÚMERO DE ROTAÇÕES		500	500	500	500	1000	1000	1000

(\*) Apenas se passam declarações de resultados se o controle de todo o processo (incluindo a colheita de amostra) fôr da responsabilidade deste Laboratório.



Obra: Amostra de brita  
Amostra nº 7/95

## ENSAIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA

P<sub>1</sub> - Peso da amostra saturada com a superfície seca, em gramas com aproximação ao decígrama.

P<sub>2</sub> - Peso da amostra seca, em gramas com aproximação ao decígrama

$$\begin{aligned} P_1 &= 4968,3 \text{ gr.} \\ P_2 &= \underline{4893,7 \text{ gr.}} \\ &74,6 \text{ gr.} \end{aligned}$$

$$\text{Absorção de água \%} = \frac{P_1 - P_2}{P_2} \times 100$$

$$\text{Absorção de água} = 1,524\%$$

**CURVA GRANULOMÉTRICA**

Norma: \_\_\_\_\_

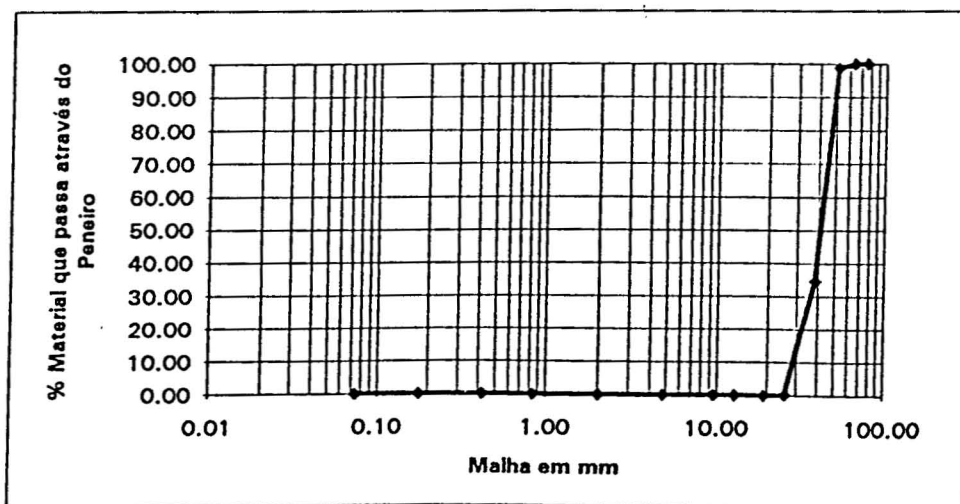
Requisitante: \_\_\_\_\_ N° Ordem Lab \_\_\_\_\_

Amostra n°: \_\_\_\_\_ Entidade que colheu a amostra \_\_\_\_\_

Tipo de material: Brita 25/50

Proveniência: \_\_\_\_\_ Data Entrada no LAB \_\_\_\_\_

Peneiro	Malha mm	Resíduos %	Acumulados	
			Passado	Retido
-	-	0.00	100.00	0.00
3"	76.10	0.00	100.00	0.00
2" 1/2	64.00	0.00	100.00	0.00
2"	50.80	1.24	98.76	1.24
1" 1/2	38.10	64.06	34.70	65.30
1"	25.40	34.33	0.37	99.63
3/4"	19.00	0.31	0.06	99.94
1/2"	12.70	0.04	0.02	99.98
3/8"	9.51	0.00	0.02	99.98
n° 4	4.76	0.00	0.01	99.99
n° 10	2.00	0.00	0.01	99.99
n° 20	0.84	0.00	0.01	99.99
n° 40	0.42	0.00	0.01	99.99
n° 80	0.18	0.00	0.01	99.99
n° 200	0.07	0.00	0.00	100.00
Refugo	—	0.00		
Totais		100.00		





Boletim

**ENSAIO DE DESGASTE (LOS ANGELES)**

Norma: Especificação LNEC E 237 - 1970

Requisitante: \_\_\_\_\_ N° Ordem Lab \_\_\_\_\_

Amostra n°: \_\_\_\_\_ Entidade que colheu a amostra \_\_\_\_\_

Tipo de material: Brita 25/50

Proveniência: \_\_\_\_\_ Data Entrada no LAB \_\_\_\_\_

Número da Amostra		0062 RB				
Tipo de Brita Ensaialada		F				
Condições de Ensaio	Número de esferas		12			
	Número de rotações		1000			
Material Retido nos Peneiros (gramas)	Antes do Ensaio	50.80 - 38.10	5035.1			
		38.10 - 25.40	5004.4			
	Total		10039.5	0.0	0.0	0.0
Após Ensaio		n° 12	8570.1			
DESGASTE %	Verificado		15%	-	-	-
	Máximo Admissível		25%			
	Aceitação sem restrições		=< 22%			

PENEIROS (A.S.T.M.)		PESOS E PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS A ENSALAR (gr)						
Passado	Retido	A	B	C	D	E	F	G
3"	2" 1/2					2500±50		
2" 1/2	2"					2500±50		
2"	1" 1/2					5000±50	5000±50	
1" 1/2	1"	1250±25					5000±25	5000±50
1"	3/4"	1250±25						5000±25
3/4"	1/2"	1250±10	2500±10					
1/2"	3/8"	1250±10	2500±10					
3/8"	n° 3 (1/4")			2500±10				
n° 3 (1/4")	n° 4 (4.76mm)			2500±10				
n° 4 (4.76mm)	n° 8 (2.38mm)				5000±10			
TOTALS		5000±10	5000±10	5000±10	5000±10	10000±100	10000±75	10000±50
Número de Esferas		12	11	8	6	12	12	12
Número de Rotações		500	500	500	500	1000	1000	1000

**FUSOS DE CONTROLO PARA BALASTRO NORMAL**

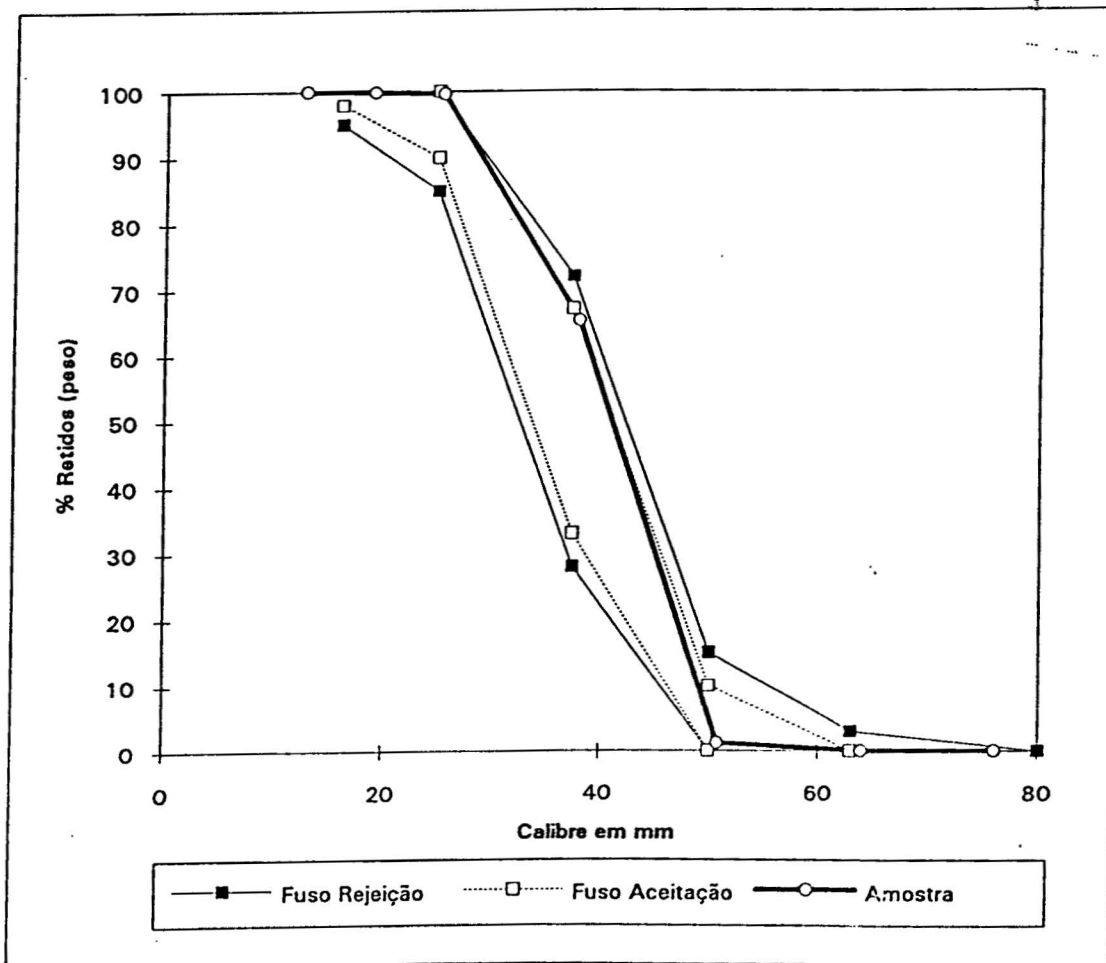
Norma: \_\_\_\_\_

Requisitante: \_\_\_\_\_ Nº Ordem Lab \_\_\_\_\_

Amostra n.º: \_\_\_\_\_ Entidade que colheu a amostra \_\_\_\_\_

Tipo de material: Brita 25/50 \_\_\_\_\_

Proveniência: \_\_\_\_\_ Data Entrada no LAB \_\_\_\_\_





**V I I- ESPECIFICAÇÕES E NORMAS PARA  
INERTES EM VIGOR**





## **VII- ESPECIFICAÇÕES e NORMAS para** **INERTES em VIGOR**

Neste capítulo apresentam-se a maioria das especificações do Laboratório de Engenharia Civil (LNEC), bem como as Normas portuguesas (NP), que ao longo deste trabalho foram sendo mencionadas, são elas:

### **ESPECIFICAÇÕES**

E233 - Análise granulométrica

E237 - Ensaio de desgaste pela máquina de Los Angeles

E199 - Ensaio de Equivalente de Areia

E238 - Ensaio de alteração pelo sulfato de sódio ou magnésio

E157 - Determinação do teor em sulfatos

E253 - Determinação do teor em Halogenetos Solúveis

E373 - Inertes para argamassas e betões

E377 - Sílica de fumo para betões

E375 - Escória granulada de alto forna moída para betões

E376 - Fíler calcário para betões

E223 - Determinação do índice volumétrico

E235 - Determinação da quantidade de material que passa  
no peneiro 0,074 mm (nº200) ASTM

### **NORMAS (NP)**

NP env 206 - Betão

NP 85 - Pesquisa de matéria orgânica pelo processo do ácido tânico

NP 581 - Determinação das massas volúmicas e da absorção de  
água de britas e godos

NP 955 - Determinação da baridade

NP 1379 - Análise granulométrica

NP 2107 - Determinação do teor em sulfuretos

NP 86 - Determinação do teor em partículas muito finas em matérias  
solúveis

## AGREGADOS

## ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

CDU

625.8.07:620.168 (083.74)

DIRR

agregado 23.62  
ensalo 40.85  
granulometria 40.49  
norma 88.26

OUTUBRO 1970

## GRANULATS

## Analyse granulométrique

## OBJET

La présente spécification vise à établir le procédé à suivre dans la détermination quantitative de la distribution, selon la grandeur, des particules des granulats fins et gros employés dans la construction routière.

Elle n'est pas valable pour les granulats récupérés de mélanges bitumineux ni pour le filler.

## AGGREGATES

## Sieve analysis

## SCOPE

The present specification establishes the procedure to be followed in the determination of the particle size distribution of fine and coarse aggregates used in road construction.

It does not concern either aggregates recovered from bituminous mixtures or fillers.

## 1 — OBJECTO

A presente especificação destina-se a fixar o modo de determinar quantitativamente a distribuição por tamanhos das partículas de agregados finos e grossos, para construção rodoviária.

Não se destina aos agregados recuperados de misturas betuminosas nem ao filler.

## 2 — APARELHOS E UTENSÍLIOS

a) Série de peneiros ASTM de malha quadrada com as seguintes aberturas: 90,5 mm, 76,1 mm, 64,0 mm, 50,8 mm, 38,1 mm, 25,4 mm, 19,0 mm, 12,7 mm, 9,51 mm, 4,76 mm (n.º 4), 2,00 mm (n.º 10), 0,841 mm (n.º 20), 0,420 mm (n.º 40), 0,177 mm (n.º 80) e 0,074 mm (n.º 200).

b) Balança para pesagens com limites de erro de  $\pm 1$  g.

c) Balança para pesagens com limites de erro de  $\pm 0,01$  g.

d) Estufa de secagem, capaz de manter 105-110°C.

e) Repartidores.

f) Tabuleiros para pesagem.

## 3 — PROVETES

Os provetes devem ser obtidos por redução da amostra<sup>(1)</sup>, por esquartelamento ou por meio dum repartidor. Quando contiver agregado fino, a amostra deve ser humedecida antes da operação de redução.

As massas dos provetes devem satisfazer ao indicado em 3.1 e 3.2, mas têm que resultar directamente da operação de redução, não sendo permitido qualquer ajustamento posterior.

3.1 — Os provetes de agregado fino devem ter, depois de secos, aproximadamente as massas indicadas a seguir:

- Agregado com pelo menos 90 % de elementos passando no peneiro de 4,76 mm (n.º 4) e com mais que 5 % de elementos retidos no peneiro de 2,00 mm (n.º 10) ... .. 500 g
- Agregado com pelo menos 95 % de elementos passando no peneiro de 2,00 mm (n.º 10) ... .. 100 g

No caso de se utilizarem peneiros de 20 cm de diâmetro, o material retido num peneiro, depois de concluída a peneiração, não deverá ter massa supe-

(1) Ver a especificação LNEC E 232 «Agregados — Amostragem para pavimentação».

ior à indicada no quadro I; quando tal suceder, a peneiração deverá ser repetida efectuando a peneiração do provete por parcelas.

QUADRO I

Peneiro	Massa máxima retida g
2,00 mm (n.º 10)	100
0,841 mm (n.º 20)	75
0,420 mm (n.º 40)	60
0,177 mm (n.º 80)	40
0,074 mm (n.º 200)	25

3.2 — Os provetes de agregado grosso devem ser, depois de secos, as massas mínimas indicadas no quadro II.

QUADRO II

Máxima dimensão do agregado mm	Massa mínima do provete kg
90,5	35,0
76,1	30,0
64,0	25,0
50,8	20,0
38,1	15,0
25,4	10,0
19,0	5,0
12,7	2,5
9,51	1,0

Para provetes de massa superior a 5,0 kg, recomenda-se a utilização de peneiros de 40 cm de diâmetro ou de dimensão superior.

3.3 — No caso de agregados com finos e grossos, para-se a amostra em duas partes por meio do peneiro de 4,76 mm (n.º 4) e, a partir de cada uma delas, preparam-se os provetes como é indicado em 3.1 e 3.2.

## 4 — TÉCNICA

a) Seca-se o provete na estufa a 105-110 °C até massa constante, e anota-se o valor desta.

b) Peneira-se o agregado através dos peneiros necessários da série indicada em 2 a), começando pelo de abertura correspondente à máxima dimensão do agregado, de modo a separá-lo nas fracções pretendidas.

A peneiração deve ser feita executando movimentos horizontais de translação e rotação de forma a manter o material em movimento contínuo no fundo dos peneiros; os movimentos de rotação devem ser efectuados alternadamente no sentido directo e no sentido retrógrado. Não se deve forçar, à mão ou com qualquer instrumento, a passagem das partículas. A peneiração deve prolongar-se até que, em qualquer peneiro, não passe, durante 1 min, mais de 1 % do material nele retido. Pode usar-se a peneiração mecânica, se necessário completada com a peneiração manual acima descrita.

c) A quantidade de material de dimensão inferior a 0,074 mm deve ser determinada de acordo com a especificação LNEC E 235 «Agregados — Determinação da quantidade de material que passa no peneiro de 0,074 mm (n.º 200) ASTM». Quando não for necessário grande rigor, poderá proceder-se a esta determinação apenas por via seca.

d) Terminada a peneiração, pesa-se o material retido em cada peneiro.

## ENTIDADES QUE COLABORARAM COM O LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL NA ELABORAÇÃO DESTA ESPECIFICAÇÃO

Direcção-Geral de Obras Públicas e Comunicações do  
Ministério do Ultramar  
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto  
Junta Autónoma de Estradas  
Laboratório de Engenharia de Angola  
Laboratório de Engenharia de Moçambique

**AGREGADOS**

**ENSAIO DE DESGASTE PELA MÁQUINA DE LOS ANGELES**

CDU

625.8.07:620.178.16 (083.74)

SIB

Dp2

DIRR

agregado 23.62

ensaio 40.85

Los Angeles 21.71

norma 88.26

MAIO 1971

**GRANULATS**

Essai d'usure dans la machine de Los Angeles

**OBJET**

La présente spécification a pour objet de fixer la façon de déterminer la perte par usure subie par un granulats lorsqu'il est essayé dans la machine de Los Angeles.

**1 — OBJECTO**

A presente especificação destina-se a fixar o modo de determinar a perda por desgaste sofrida por um agregado quando submetido a ensaio na máquina de Los Angeles.

**2 — APARELHOS E UTENSÍLIOS**

a) Máquina de Los Angeles (fig. 1), essencialmente constituída por um cilindro giratório de aço, oco, fechado em ambos os topos, com  $711 \pm 5$  mm de diâmetro interior e  $508 \pm 5$  mm de comprimento interior, e cujo eixo deve estar horizontal com uma tolerância de 1/100. Na parede do cilindro existe, a todo o comprimento da geratriz, uma abertura provida duma tampa que permite fechar o cilindro de modo a evitar a saída das poeiras produzidas durante o ensaio e a restabelecer a continuidade da superfície cilíndrica interior. No interior do cilindro existe uma prateleira de aço, orientada radialmente e acompanhando toda a geratriz, com  $89 \pm 2$  mm de largura; esta prateleira deve ser amovível, sem prejuízo da necessária rigidez da sua ligação à parede do cilindro, e deve estar situada a pelo menos 127 cm da abertura, distância medida sobre a superfície exterior e no sentido da rotação. Como solução alternativa mas menos aconselhável, a prateleira poderá ser montada na tampa conforme se indica na fig. 1.

A máquina deve dispor de um motor que permita fazer girar o cilindro à velocidade de 30 a 33 r. p. m.

**AGGREGATES**

Abrasion test by use of the Los Angeles machina

**SCOPE**

The present specification provides the procedure for testing aggregates for resistance to abrasion using the Los Angeles machine.

b) Carga abrasiva constituída por esferas de aço, cada uma com massa entre 390 g e 445 g, e tais que a média dos seus diâmetros seja aproximadamente 46,8 mm. É necessário dispor de nove esferas com a massa total de  $5000 \pm 25$  g.

c) Peneiros ASTM de malha quadrada com as seguintes aberturas: 76,1 mm, 64,0 mm, 50,8 mm, 38,1 mm, 25,4 mm, 19,0 mm, 12,7 mm, 9,51 mm, 6,35 mm (n.º 3), 4,76 mm (n.º 4), 2,38 mm (n.º 8) e 1,68 mm (n.º 12).

d) Balança para pesagens com limites de erro de  $\pm 1$  g.

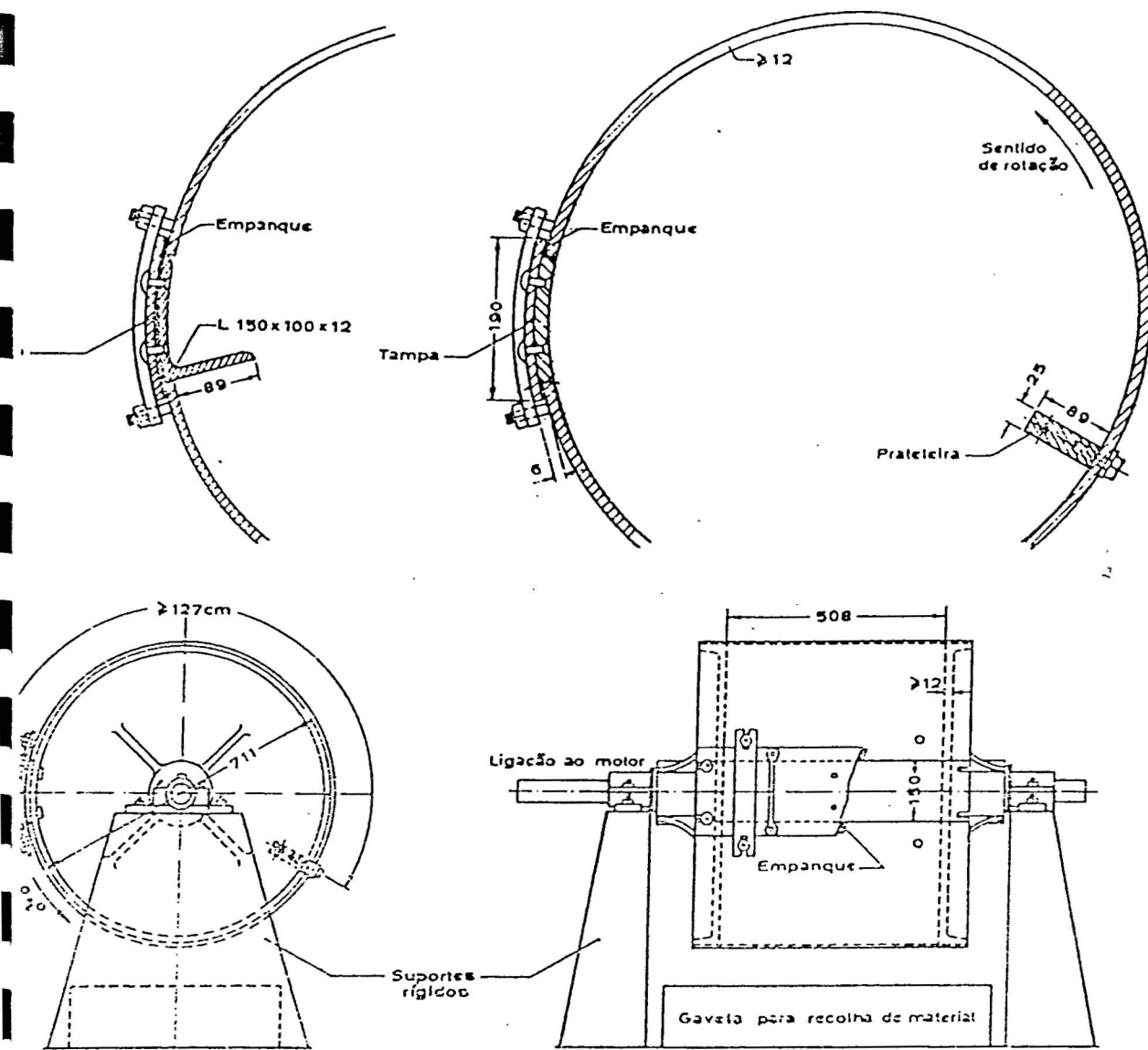
e) Estufa de secagem, capaz de manter a temperatura de 105-110 °C.

**3 — PROVETE**

a) Lava-se o agregado a ensaiar e seca-se na estufa a 105-110 °C até massa aproximadamente constante.

b) Separa-se a amostra por peneiração nas fracções granulométricas indicadas no quadro I.

c) Forma-se o provete pesando destas fracções as quantidades indicadas no quadro I para a composição granulométrica que mais se aproxime do do agregado que irá ser utilizado em obra. Pesa-se o provete e regista-se a sua massa ( $m_1$ ). Para se obter a composição granulométrica pretendida não se deve recorrer a britagem em laboratório.



Dimensões em milímetros

FIG. 1 — MÁQUINA DE LOS ANGELES

## QUADRO I

Composição granulométrica dos provetes

acções granulométricas mm	Massas g						
	Composições granulométricas						
	A	B	C	D	E	F	G
/ 64,0	—	—	—	—	2500 ± 50	—	—
/ 50,8	—	—	—	—	2500 ± 50	—	—
/ 38,1	—	—	—	—	5000 ± 50	5000 ± 50	—
/ 25,4	1250 ± 25	—	—	—	—	5000 ± 25	5000 ± 25
/ 19,0	1250 ± 25	—	—	—	—	—	5000 ± 25
/ 12,7	1250 ± 10	2500 ± 10	—	—	—	—	—
/ 9,51	1250 ± 10	2500 ± 10	—	—	—	—	—
/ 6,35	—	—	2500 ± 10	—	—	—	—
/ 4,76	—	—	2500 ± 10	—	—	—	—
/ 2,38	—	—	—	5000 ± 10	—	—	—
	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	10000 ± 100	10000 ± 75	10000 ± 50

#### 4 — TÉCNICA

a) Constitui-se a carga abrasiva correspondente ao provete a ensaiar, de acordo com o especificado no quadro II.

QUADRO II

Composição da carga abrasiva

Composição granulométrica do provete	Número de esferas	Massa das esferas g
A	12	5000 ± 25
B	11	4584 ± 25
C	8	3330 ± 20
D	6	2500 ± 15
E	12	5000 ± 25
F	12	5000 ± 25
G	12	5000 ± 25

b) Introduzem-se na máquina o provete e a carga abrasiva, tendo o cuidado de os repartir uniformemente ao longo do comprimento do cilindro.

c) Coloca-se a tampa na abertura e põe-se a máquina em funcionamento. O cilindro deve efectuar, à velocidade de 30 a 33 r. p. m., 500 rotações no caso das composições granulométricas A, B, C, D, e 1000 rotações no caso das composições granulométricas E, F, G.

d) Descarregam-se os materiais, retiram-se as esferas e peneira-se o provete no peneiro de 1,68 mm (n.º 12), sobre o qual se coloca geralmente um peneiro de maior abertura, por exemplo o de 4,76 mm (n.º 4), para evitar a danificação do primeiro.

Lava-se dentro do peneiro de 1,68 mm (n.º 12) o material retido, seca-se na estufa a 105-110 °C até massa constante e pesa-se ( $m_2$ ).

e) Quando se pretenda avaliar a uniformidade do material, interrompe-se o ensaio às 100 ou 200 rotações, consoante o número total destas for 500 ou 1000, e pesa-se, sem prévia lavagem, o material retido no peneiro de 1,68 mm (n.º 12); é preciso haver o cuidado de repor na máquina todo o material retirado, incluindo o pó proveniente do desgaste. Para materiais de características uniformes, a perda após 100 ou 200 rotações não deverá exceder significativamente 1/5 da perda total no fim do ensaio.

#### 5 — RESULTADO

A perda por desgaste na máquina de Los Angeles, expressa em percentagem, é dada por:

$$\frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100$$

em que

$m_1$  — massa do provete

$m_2$  — massa do material retido no peneiro de 1,68 mm (n.º 12).

O resultado apresenta-se arredondado às unidades, acompanhado da indicação da composição granulométrica adoptada.

ENTIDADES QUE COLABORARAM COM O LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL NA ELABORAÇÃO DESTA ESPECIFICAÇÃO

Direcção-Geral de Obras Públicas e Comunicações do  
Ministério do Ultramar  
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto  
Junta Autónoma de Estradas  
Laboratório de Engenharia de Angola  
Laboratório de Engenharia de Moçambique

## SOLOS

## ENSAIO DE EQUIVALENTE DE AREIA

SOLOS  
SOLS  
SOILS

OUTUBRO 196

## SOLS

## Essai d'équivalent de sable

## OBJET

La présente spécification vise à établir le procédé à suivre pour la détermination de l'équivalent de sable, une caractéristique qui par convention exprime la quantité et la qualité des éléments fins plastiques existant dans un sol.

La spécification s'applique aussi à des agrégats, spécialement au filler minéral.

## SOILS

## Sand equivalent test

## SCOPE

The present specification establishes the procedure to be followed in the determination of the sand equivalent of a soil which is a conventional characteristic quantitatively and qualitatively expressing the fraction plastic fine elements.

This same specification applies to aggregates, such mineral fillers.

## 1 — OBJECTO

A presente especificação destina-se a fixar o modo de determinar o equivalente de areia, característica que exprime convencionalmente a quantidade e a qualidade de elementos finos plásticos existentes num solo.

Esta especificação é também aplicável a agregados, em especial ao filler mineral.

## 2 — REAGENTES

a) Solução concentrada, contendo por litro:  $111 \pm 1$  g de cloreto de cálcio cristalizado anidro (produto puro);  $480 \pm 5$  g de glicerina a 99 % de glicerol (produto farmacêutico); 12 a 13 g de formaldeído a 40 % em volume (produto farmacêutico); água destilada até perfazer  $1000 \text{ cm}^3$ .

A solução concentrada deve existir em armazém, de preferência em frascos de plástico contendo  $125 \pm 1 \text{ cm}^3$ .

b) Solução diluída, preparada a partir de uma toma de  $125 \pm 1 \text{ cm}^3$  de solução concentrada, adicionando-se-lhe água destilada até perfazer  $5 \pm 0,05 \text{ dm}^3$  e agitando vigorosamente.

## 3 — APARELHOS E UTENSÍLIOS

a) Proveta cilíndrica transparente, de vidro ou plástico (fig. 1), com diâmetro exterior de  $40 \pm 0,5 \text{ mm}$ , diâmetro interior de  $32 \pm 0,5 \text{ mm}$

e altura de  $430 \pm 0,25 \text{ mm}$ . Na proveta existe duas referências gravadas às alturas de  $100 \pm 0,25 \text{ mm}$  e  $380 \pm 0,25 \text{ mm}$ , medidas a partir do fundo.

Para fechar a proveta utiliza-se uma rolha de borracha que se adapte bem à abertura do cilindro.

b) Tubo de lavagem (fig. 2), constituído por um tubo rígido (aço inoxidável ou latão) com  $6 \pm 0,5 \text{ mm}$  de diâmetro exterior e  $3 \pm 0,2 \text{ mm}$  de diâmetro interior, munido de uma torneira na parte superior e de uma ponta roscada, em metal inoxidável, com forma de cunha. Cada face da cunha tem um furo com  $1 \pm 0,1 \text{ mm}$  de diâmetro.

c) Recipiente transparente, de vidro ou plástico, com a capacidade de  $5 \text{ dm}^3$  aproximadamente, munido de um sistema de sifão. O recipiente colocado, durante o ensaio, com o fundo cerca de 1 m acima do tampo da mesa de trabalho.

d) Tubo de borracha ou plástico, com cerca de 1,50 m de comprimento e 5 mm de diâmetro interior, destinado a fazer a ligação do tubo de lavagem ao sifão.

e) Pistão de metal inoxidável, devidamente tarado (fig. 1), constituído por: uma haste altura superior a 430 mm; uma base de  $25 \pm 0,25 \text{ mm}$  de diâmetro, com face inferior plana e perpendicular ao eixo da haste, e possuindo 3 parafusos laterais para centragem, com pequena folga, do pistão na proveta; uma peça guia metálica, de  $10 \pm 0,1 \text{ mm}$  de espessura, adaptável



c) Determina-se, por método expedito, o teor em água do solo.

d) Tomam-se duas porções de solo que correspondam, cada uma, a 120 g de solo seco. Cada porção terá pois a massa, em gramas:

$$120 \times \frac{100 + W_a}{100}$$

em que

$W_a$  — teor em água do solo.

## 5.2 — Ensaio

a) Transfere-se a solução diluída do recipiente transparente, colocado com o fundo à altura de 1 m em relação ao tampo da mesa de trabalho, para a proveta cilíndrica até atingir o traço de referência inferior.

b) Introduce-se, com o auxílio do funil, na proveta colocada verticalmente, o solo preparado como se indica em 5.1. Bate-se fortemente e por várias vezes a base da proveta sobre a palma da mão, para desalojar as bolhas de ar e facilitar a molhagem do provete. Deixa-se repousar durante 10 min.

c) Depois de convenientemente fechada com uma rolha de borracha, fixa-se a proveta no agitador e submete-se a uma agitação de  $90 \pm 1$  ciclos em  $30 \pm 1$  s. No caso de não se dispor de um agitador mecânico, a agitação pode ser feita manualmente, procurando reproduzir os movimentos daquele.

d) Retira-se a proveta da máquina, coloca-se na posição vertical, destapa-se e procede-se às seguintes operações:

— Desce-se o tubo de lavagem e lavam-se de cima para baixo as paredes da proveta.

— Introduce-se o tubo até ao fundo da proveta, diversas vezes, fazendo subir os elementos argilosos, com movimento contínuo e lento de vaivém. Este movimento deverá ser acompanhado por um rodar suave do tubo de lavagem, com uma mão, e da proveta em sentido contrário, com a outra mão.

e) Quando o líquido atingir, na proveta, o traço de referência superior, retira-se lentamente o tubo de lavagem, de modo que aquele nível se mantenha sem parar o escoamento. Este deve ser regulado de tal forma que o tubo não tenha saído totalmente antes de ajustar o nível final ao traço de referência.

f) Deixa-se repousar sem perturbações durante 20 min  $\pm$  10 s e procede-se do seguinte modo:

— Determina-se a altura  $h_1$  do nível superior do floculado e, se possível, a altura  $h'_2$  do nível superior da parte sedimentada, em relação ao fundo da proveta (fig. 3). As alturas  $h_1$  e  $h'_2$  são lidas com a aproximação do milímetro.

— Desce-se lentamente o pistão na proveta, até repousar sobre a parte sedimentada. Durante esta operação, a peça metálica destinada a guiar o pistão deve estar apoiada na boca da proveta; quando o pistão atingir a parte sedimentada, aperta-se o parafuso da peça guia de encontro à haste.

— Determina-se, com a aproximação do milímetro, a altura  $h_2$  entre a face superior da peça guia e a face inferior do peso do pistão.

— Determina-se a altura do sedimento  $h_2$  subtraindo de  $h_1$  a constante do aparelho  $k$ .

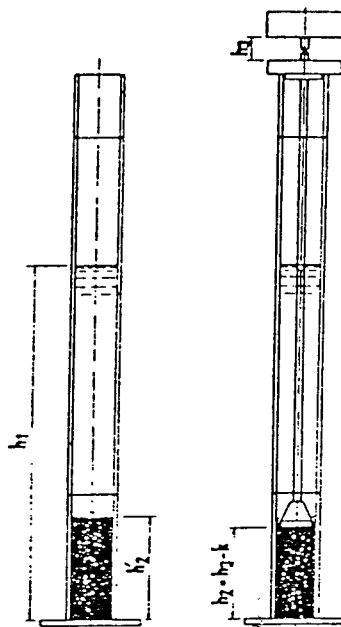


FIG. 3 — DETERMINAÇÃO DE  $h_1$ ,  $h'_2$  E  $h_2$ .

## 6 — RESULTADOS

### 6.1 — Cálculos

a) O equivalente de areia  $E. A.$  dum provete é, por definição, dado por

$$\frac{h_2}{h_1} \times 100$$

em que

$h_1$  — altura do nível superior do floculado em relação ao fundo da proveta

$h_2$  — altura do sedimento determinada com o auxílio do pistão.

b) O equivalente de areia visual  $E. A. V.$  dum provete é dado por:

$$\frac{h'_2}{h_1} \times 100$$

em que

$h'_2$  — altura do sedimento lida directamente.

### 6.2 — Apresentação

O equivalente de areia  $E. A.$  e o equivalente de areia visual  $E. A. V.$  da amostra são as médias aritméticas dos valores determinados sobre os dois provetes, arredondadas às unidades.

ENTIDADES QUE COLABORARAM COM O LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL NA ELABORAÇÃO DESTA ESPECIFICAÇÃO:

Junta Autónoma de Estradas  
 Direcção-Geral de Obras Públicas e Comunicações do  
 Ministério do Ultramar  
 Laboratório de Engenharia de Angola  
 Laboratório de Ensaios de Materiais e Mecânica do Solo  
 de Moçambique  
 Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

## AGREGADOS

ENSAIO DE ALTERAÇÃO PELO SULFATO DE SÓDIO  
OU PELO SULFATO DE MAGNÉSIO

625.8.07: 620.193.91 (083.74)

S/B D p 2

DIRR

agregado 23.62  
alterabilidade 29.55  
ensalo 40.85  
norma 88.26

JANEIRO 1971

## GRANULATS

Essai d'altération par le sulfate de sodium  
ou par le sulfate de magnésium

## OBJET

La présente spécification vise à établir le procédé à suivre pour déterminer l'altération subie par un granulats par suite de l'action d'une solution saturée de sulfate de sodium ou de sulfate de magnésium.

Cet essai permet de faire une idée sur l'altérabilité du granulats soumis à des agents climatiques, spécialement de basses températures. Il intéresse surtout quand il n'y a pas d'expérience du comportement du granulats en travaux du même type dans la région où il a va être utilisé.

## 1 — OBJECTO

A presente especificação destina-se a fixar o modo de determinar a alteração sofrida por um agregado devido à acção duma solução saturada de sulfato de sódio ou de sulfato de magnésio.

Este ensaio permite fazer uma ideia acerca da alterabilidade do agregado quando sujeito a agentes climáticos, em especial baixas temperaturas. Tem sobretudo interesse quando não haja experiência do comportamento do agregado em obras do mesmo tipo, na região em que vai ser utilizado.

Chama-se a atenção para o facto de os resultados do ensaio diferirem substancialmente conforme se utilize a solução de sulfato de sódio ou a solução de sulfato de magnésio.

## 2 — RESUMO DO PROCESSO

Apreciação quantitativa (por peneiração e determinação da perda de massa) e qualitativa (por observação visual) da alteração sofrida pelo agregado, quando submetido alternadamente a imersões numa solução saturada de sulfato de sódio ou de sulfato de magnésio e a secagens em estufa.

## AGGREGATES

Test for soundness of aggregates by use of  
sodium sulfate or magnesium sulfate

## SCOPE

The present specification establishes the procedure to be followed in determining the resistance of aggregates to desintegration by saturated solutions of sodium sulfate or magnesium sulfate.

The test gives information on the soundness of aggregates when subject to weathering agents, particularly to low temperatures. It is especially helpful when adequate information is not available on the behaviour of the aggregate for the same type of works in the region where it will be applied.

## 3 — REAGENTE

Utiliza-se uma das seguintes soluções:

a) Solução saturada de sulfato de sódio — Dissolve-se sulfato de sódio puro em água mantida a 25-30 °C, agitando-se vigorosamente até se atingir a saturação, revelada pela permanência de cristais não dissolvidos. Pode usar-se sal anidro ou sal hidratado ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ), utilizando-se 350 g do primeiro ou 750 g do segundo por cada decímetro cúbico de água.

Na ocasião do ensaio, a densidade da solução a  $21 \pm 1^\circ\text{C}$  deve estar compreendida entre 1,151 e 1,174 <sup>(1)</sup>.

b) Solução saturada de sulfato de magnésio — Dissolve-se sulfato de magnésio puro em água mantida a 25-30 °C, agitando-se vigorosamente até se atingir a saturação, revelada pela permanência de cristais não dissolvidos. Pode usar-se sal anidro ou

(1) A mesma solução pode ser utilizada em vários ensaios, desde que não se apresente alterada e a sua densidade satisfaça aos valores indicados; no caso de simples turvação, filtra-se e, se necessário, acerta-se a densidade.

tratado ( $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ ), utilizando-se 350 g primeiro ou 1400 g do segundo por cada decímetro cúbico de água.

Na ocasião do ensaio, a densidade da solução a  $21 \pm 1^\circ C$  deve estar compreendida entre 1,295 e 1,305 (<sup>1</sup>).

## APARELHOS E UTENSÍLIOS

Peneiros ASTM de malha quadrada com as seguintes aberturas: 90,5 mm, 64,0 mm, 50,8 mm, 32,0 mm, 25,4 mm, 19,0 mm, 16,0 mm, 12,5 mm, 9,51 mm, 8,00 mm, 4,76 mm (n.º 4), 3,35 mm (n.º 5), 2,38 mm (n.º 8), 1,19 mm (n.º 16), 0,595 mm (n.º 30) e 0,297 mm (n.º 50).

Cestos ou recipientes similares, para imersão dos provetes na solução, que permitam a fácil remoção e posterior drenagem da solução sem perda significativa de material.

Recipientes para conter a solução durante o ensaio, com forma e dimensões que permitam a fácil imersão dos provetes nas condições especificadas na seção 6.

Dispositivo capaz de manter a solução, com os provetes imersos, à temperatura de  $21 \pm 1^\circ C$ .

Estufa para secagem dos provetes a  $105 \pm 5^\circ C$ .

Balança com capacidade não inferior a 10 kg, com pesagens com limites de erro de  $\pm 1$  g.

Balança com capacidade não inferior a 500 g, com pesagens com limites de erro de  $\pm 0,1$  g.

Densímetro apropriado para a determinação da densidade da solução de sulfato de sódio ou de sulfato de magnésio.

## PROVETES

Quando a amostra de agregado para ensaio não for representativa da indicação da sua composição granulométrica, é necessário proceder à determinação da densidade de acordo com a especificação LNEC aplicável. Considera-se separadamente o material que passa pelo peneiro de 4,76 mm (agregado fino) e o material que é retido nesse peneiro (agregado grosso). Deve-se, porém, o material de granulometria superior a 4,76 mm passar todo no peneiro de 9,51 mm será considerado, para efeitos do ensaio, como agregado

### — Agregado fino

Toma-se uma porção de material que, após lavagem e secagem, permita obter pelo menos 100 g de cada uma das frações granulométricas adiante indicadas; não são consideradas as frações que correspondam a menos de 5 % da porção tomada. Lava-se o material dentro do peneiro de 4,76 mm, para eliminar o agregado de dimensão superior, e seca-se na estufa a  $105-110^\circ C$  até massa constante.

Peneira-se o agregado de modo a fazer uma separação aproximada nas seguintes frações:

9,51	/	4,76	mm <sup>(1)</sup>
4,76	/	2,38	mm
2,38	/	1,19	mm
1,19	/	0,595	mm
0,595	/	0,297	mm

De cada uma destas frações (excluídas as que correspondam a menos de 5 %), tomam-se cerca de 110 g que se peneiram nos peneiros que as limitam inferiormente. Pesam-se, na balança referida em 4 g), 100 g do material retido em cada peneiro, não aproveitando o que tiver ficado preso nas malhas.

Coloca-se cada provete num dos recipientes referidos em 4 b).

## 5.2 — Agregado grosso

Toma-se uma porção de agregado grosso (material retido no peneiro de 4,76 mm) que, após lavagem e secagem, permita obter provetes com as massas e composições indicadas no quadro I; não se consideram as frações (1.ª coluna) que correspondam a menos de 5 % da porção tomada.

Lava-se o material e seca-se na estufa a  $105-110^\circ C$  até massa constante.

Separam-se por peneiração as diferentes frações granulométricas, que se loteiam para formar provetes com a composição indicada no quadro I. Anotam-se as massas dos provetes e, nos de granulometria superior a 19,0 mm, procede-se à contagem das partículas que constituem cada um deles.

Coloca-se cada provete num dos recipientes referidos em 4 b).

## 6 — TÉCNICA

Agita-se vigorosamente a solução de sulfato de sódio ou de sulfato de magnésio, quebrando-se qualquer depósito de cristais aglutinados existente, e mantém-se à temperatura de  $21 \pm 1^\circ C$  durante pelo menos 48 h, agitando de vez em quando. Verifica-se se a densidade da solução está dentro dos limites referidos na seção 3.

Imergem-se os cestos tendo em conta as seguintes condições: o volume de solução deve ser pelo menos igual a cinco vezes o volume dos provetes imersos; a parte superior dos provetes deve ficar pelo menos 1,5 cm abaixo da superfície do líquido. No caso de agregados muito leves, deve colocar-se uma rede metálica sobre os provetes para os manter imersos.

Tapa-se o recipiente para evitar a evaporação e a entrada de substâncias estranhas, e deixam-se os provetes em imersão durante 16 a 18 h à temperatura de  $21 \pm 1^\circ C$ .

Decorrido aquele período, retiram-se os cestos da solução, deixam-se escorrer durante 10 a 20 min e metem-se na estufa previamente levada a  $105-110^\circ C$ . Em relação a cada provete, considera-se

(1) Esta fração só é ensaiada como agregado fino no caso especial referido em 5.

QUADRO I

Fracções granulométricas mm	Composição dos provetes *		Massa dos provetes g
	Fracções mm	Massas g	
90,5 / 64,0			7000 ± 1000
64,0 / 38,1	64,0 / 50,8	3000 ± 300	5000 ± 300
	50,8 / 38,1	2000 ± 200	
38,1 / 19,0	38,1 / 25,4	1000 ± 50	1500 ± 50
	25,4 / 19,0	500 ± 30	
19,0 / 9,51	19,0 / 12,7	670 ± 10	1000 ± 10
	12,7 / 9,51	300 ± 5	
9,51 / 4,76			300 ± 5

\* Se, por insuficiência duma das fracções, a composição não puder ser rigorosamente respeitada forma-se o provete com as quantidades disponíveis mais próximas das indicadas

terminada a secagem quando a diferença entre duas pesagens consecutivas, intervaladas de não menos de 4 h e não mais de 18 h, for inferior a 0,1 g no caso do agregado fino e a 1 g no caso do agregado grosso. antes de se efectuarem as pesagens, devem deixar-se arrefecer os provetes até à temperatura ambiente

Realizam-se cinco ciclos completos de imersão e secagem, a menos que outro número tenha sido explicitamente indicado.

Após cada período de imersão, devem observar-se os provetes de granulometria superior a 19,0 mm, a fim de se verificar se houve fissuração, esfoliação, fragmentação, esfarelamento ou qualquer outro tipo de alteração. No fim da última imersão, deve anotar-se o número de partículas que sofreram cada uma dessas modificações: se tal não for possível, anota-se apenas o número total de partículas que sofreram alteração.

Concluído o último ciclo de imersão e secagem, lavam-se os provetes dentro dos cestos com água corrente, até que esta saia praticamente isenta de sulfatos (a adição de cloreto de bário à água de lavagem não deve produzir turvação superior à obtida na água corrente).

Secam-se os provetes na estufa até massa constante.

Peneiram-se separadamente todos os provetes os de agregado fino nos peneiros em que tinham ficado retidos antes do ensaio e os de agregado grosso nos peneiros indicados no quadro II

Pesa-se o material retido em cada um dos peneiros e anotam-se as massas obtidas

## 7 — RESULTADOS

O ensaio fornece resultados quantitativos (perdas de massa, em percentagem) e resultados qualitativos (alterações verificadas). Estes últimos só se referem às fracções de granulometria superior a 19,0 mm.

Os resultados devem ser acompanhados da indicação da solução utilizada (sulfato de sódio ou sulfato de magnésio) e do número de ciclos de imersão e secagem efectuados.

Em anexo, exemplifica-se a forma de registar os valores de ensaio e apresentar os resultados obtidos.

### 7.1 — Resultados quantitativos

Consideram-se separadamente os resultados referentes ao agregado fino e ao agregado grosso.

Sendo, para o agregado fino (ou para o agregado grosso),

$g_i$  — percentagens das respectivas fracções granulométricas referidas à massa do agregado fino (ou do agregado grosso), calculadas a partir da composição granulométrica do material

$m_i$  — massas iniciais dos provetes

$m_f$  — massas dos provetes após a peneiração final,

QUADRO II

Fracções ensaiadas mm	Peneiros mm
90,5 / 64,0	50,8
64,0 / 38,1	32,0
38,1 / 19,0	16,0
19,0 / 9,51	8,0
9,51 / 4,76	4,0

perdas dos provetes, em percentagem, são

$$p_i = \frac{m_i - m'_i}{m_i} \times 100$$

perda do agregado fino (ou do agregado grosso), em percentagem, é

$$P = \sum \frac{g_i}{100} p_i$$

Os valores das perdas relativas às fracções que foram submetidas a ensaio obedecem às seguintes condições:

- as perdas das fracções de granulometria inferior a 0,297 mm consideram-se nulas;
- para as fracções cuja percentagem é inferior a 5 %, toma-se para valor da perda a média das perdas das fracções contíguas ou, na ausência duma destas, o valor da perda da outra.

Os valores das perdas, expressos em percentagem, apresentam-se arredondados às décimas.

#### - Resultados qualitativos

Para cada um dos provetes de granulometria superior a 19,0 mm indicam-se:

- o número inicial de partículas;
- o número de partículas que sofreram alterações, nomeadamente fissuração, esfoliação, fragmentação ou esfarelamento, discriminando, se possível, o número das que sofreram cada uma dessas alterações.

#### ENTIDADES QUE COLABORARAM COM O LABORATORIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL NA ELABORAÇÃO DESTA ESPECIFICAÇÃO

Comissão de Fiscalização das Obras dos Grandes Aproveitamentos Hidroeléctricos  
 Direcção-Geral de Obras Públicas e Comunicações do Ministério do Ultramar  
 Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto  
 Instituto Nacional de Investigação Industrial  
 Junta Autónoma de Estradas  
 Laboratório de Engenharia de Angola  
 Laboratório de Engenharia de Moçambique  
 Associação Técnica da Indústria do Cimento Construções Técnicas, Lda.  
 Empresa de Cimentos de Leiria  
 Fundações Franki, Lda.

## EXEMPLOS DE ORGANIZAÇÃO DOS BOLETINS DE ENSAIO

## RESULTADOS QUANTITATIVOS

Exemplo 1

Amostra		Frações granulométricas  mm	Composição granulométrica do agregado (fino ou grosso)  g% %	Massas iniciais dos provetes  m <sub>i</sub> g	Perdas de massa dos provetes referidas a		
Tipo de agregado	Proporção %				cada provete	cada agregado (fino ou grosso)	
					p <sub>i</sub> %	$\frac{\delta_i}{100} \times p_i$ %	
Agregado fino	20	9,51 / 4,76 *	—	—	—	—	
		4,76 / 2,38	30,1	100	5,6	1,7	
		2,38 / 1,19	29,5	100	5,8	1,7	
		1,19 / 0,595	15,0	100	4,0	0,6	
		0,595 / 0,297	10,7	100	3,6	0,4	
		< 0,297	14,7	—	—	—	
			100,0			P - 4,4	
Agregado grosso	80	90,5 / 64,0	—	—	—	—	
		64,0 / 38,1	64,0 / 50,8 (2825 g) 50,8 / 38,1 (1958 g)	20,4	4783	4,8	1,0
		38,1 / 19,0	38,1 / 25,4 (1012 g) 25,4 / 19,0 ( 513 g)	44,7	1525	8,0	3,5
		19,0 / 9,51	19,0 / 12,7 ( 675 g) 12,7 / 9,51 ( 333 g)	22,9	1008	9,6	2,2
		9,51 / 4,76		12,0	298	11,2	1,3
			100,0			P - 8,1	

\* Esta fracção só é incluída no agregado fino quando toda a amostra passa no peneiro de 9,51 mm

Exemplo 2

Amostra		Frações granulométricas  mm	Composição granulométrica do agregado (fino ou grosso)  g% %	Massas iniciais dos provetes  m <sub>i</sub> g	Perdas de massa dos provetes referidas a	
Tipo de agregado	Proporção %				cada provete	cada agregado (fino ou grosso)
					p <sub>i</sub> %	$\frac{\delta_i}{100} \times p_i$ %
Agregado fino	100	9,51 / 4,76 *	4,6	—	11,2 **	0,5
		4,76 / 2,38	10,8	100	11,2	1,2
		2,38 / 1,19	17,0	100	8,0	1,4
		1,19 / 0,595	25,2	100	4,8	1,2
		0,595 / 0,297	26,0	100	4,2	1,1
		< 0,297	16,4	—	—	—
			100,0			P = 5,4
Agregado grosso	0	90,5 / 64,0				
		64,0 / 38,1				
		38,1 / 19,0				
		19,0 / 9,51				
		9,51 / 4,76				

\* Esta fracção foi incluída no agregado fino porque toda a amostra passa no peneiro de 9,51 mm.

\*\* Tomou-se o valor obtido para a fracção contígua, por a fracção corresponder a menos de 5 % do agregado.

## RESULTADOS QUALITATIVOS

Frações granulométricas mm	Número Inicial de partículas	Número de partículas que sofreram alteração				Total
		Fissuração	Esfoliação	Fragmentação	Esfarrelamento	
70,5 / 64,0	-	-	-	-	-	-
64,0 / 38,1	29	2	2	-	-	4
38,1 / 19,0	50	5	4	1	-	10

## ESPECIFICAÇÃO LNEC

INERTES PARA ARGAMASSAS E BETÕES

DETERMINAÇÃO DO TEOR EM SULFATOS

CDU

691.322:543(083.74)

SfB

Dp2

JUNHO 1971

A presente edição substitui a de 1964.

## GRANULATS POUR MORTIERS ET BÉTONS

Détermination de la teneur en sulfates

## OBJET

La présente spécification a pour objet de décrire la méthode de détermination de la teneur en sulfates solubles dans l'acide chlorhydrique des granulats destinés à la confection de mortiers et bétons.

## 1 — OBJECTO

A presente especificação destina-se a fixar o modo de determinar o teor em sulfatos solúveis em ácido clorídrico de inertes para argamassas e betões.

## 2 — RESUMO DO PROCESSO

Ataque do inerte com ácido clorídrico, filtração da solução obtida, adição de solução de cloreto de bário ao filtrado, separação do precipitado de sulfato de bário por filtração, calcinação e pesagem do precipitado.

## 3 — REAGENTES E AUXILIARES

Todos os reagentes referidos são para análise.

- a) Ácido clorídrico ( $\rho \approx 1,19 \text{ g/cm}^3$ ).
- b) Solução de cloreto de bário ( $\text{Ba Cl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) a  $100 \text{ g/dm}^3$ .

## 4 — APARELHOS E UTENSÍLIOS

- a) Estufa para secagem a  $105-110^\circ\text{C}$ .
- b) Dispositivo para britagem do inerte.
- c) Moinho de bolas.

## AGGREGATES FOR MORTAR AND CONCRETE

Determination of the sulfates content

## SCOPE

The present specification provides a procedure for determining the content of hydrochloric acid soluble sulfates in aggregates for use in cement mortar and in concrete.

d) Peneiro de rede de malha quadrada com a abertura nominal de  $212 \mu\text{m}$  <sup>(1)</sup>.

e) Copos de precipitação de  $250 \text{ cm}^3$  e de  $500 \text{ cm}^3$ .

f) Provetas graduadas de  $5 \text{ cm}^3$  e de  $10 \text{ cm}^3$ .

g) Cadinho de porcelana com cerca de  $40 \text{ mm}$  de diâmetro de boca.

h) Mufla capaz de manter  $850^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$ .

i) Balança sensível a  $0,1 \text{ mg}$ .

## 5 — TÉCNICA

## 5.1 — Preparação da amostra

Homogeneiza-se o melhor possível a amostra, para o que, sendo necessário, se britam as partículas de maiores dimensões. Espalha-se o material e retiram-se de vários pontos pequenas fracções até perfazer uma quantidade de cerca de  $250 \text{ g}$ , que se seca na estufa a  $105-110^\circ\text{C}$ , durante pelo menos  $16 \text{ h}$ .

Após arrefecimento, mói-se o material no moinho de bolas até que passe no peneiro de  $212 \mu\text{m}$ , homogeneiza-se, espartela-se, toma-se uma quantidade de cerca de  $100 \text{ g}$ , seca-se na estufa a  $105^\circ\text{C}$ .

<sup>(1)</sup> O peneiro indicado é definido na ASTM Standard E 11-70 e corresponde ao peneiro de abertura nominal de  $0,210 \text{ mm}$  anteriormente considerado na ASTM Standard E 11-61. Ver a Norma NP-1458.



10 °C até massa constante e deixa-se arrefecer em um exsiccador, onde deve permanecer até ao momento do ensaio.

## 2 — Determinação

Paralelamente à determinação, e nas mesmas condições, realiza-se um ensaio-testemunha com as mesmas quantidades de reagentes.

Do material preparado como se indica em 5.1 efectuam-se três tomas de cerca de 5 g; se o teor em sulfatos do inerte for elevado (p. ex. da ordem de 1 % ou superior), o que porém não é corrente, podem efectuar-se tomas com massa inferior à indicada.

Procede-se para cada um das tomas para ensaio como a seguir se indica.

Introduz-se a toma num copo de precipitação de 250 cm<sup>3</sup>, juntam-se 10 cm<sup>3</sup> de água, agita-se e adiciona-se ácido clorídrico, gota a gota, até não verificar efervescência; junta-se um excesso de 10 cm<sup>3</sup> de ácido clorídrico, tapa-se o copo com um vidro-de-relógio e aquece-se a solução até à ebulição que se deve manter durante 15 min.

Filtra-se a solução resultante através de filtro de poros médios, lavam-se o copo e o resíduo cinco vezes com pequenos volumes de água quente (cerca de 10 cm<sup>3</sup> para cada lavagem) e recolhe-se o filtrado num copo de precipitação de 500 cm<sup>3</sup>.

Adiciona-se água até se perfazer cerca de 100 cm<sup>3</sup>, aquece-se até à ebulição e juntam-se, gota a gota, lentamente e agitando constantemente, 10 cm<sup>3</sup> de solução de cloreto de bário, quente; mantém-se a ebulição até formação completa do precipitado.

Tapa-se o copo com um vidro-de-relógio e mantém-se sobre banho de vapor durante 12 h, pelo menos, tendo o cuidado de adicionar mais água, se necessário, para se manter, aproximadamente, o volume inicial da solução.

Filtra-se através de dois filtros de poros apertados, sem cinzas, lavam-se o copo e o precipitado cinco vezes com pequenos volumes de água quente (cerca de 10 cm<sup>3</sup> para cada lavagem).

Introduz-se o papel de filtro, com o precipitado, no cadinho de porcelana previamente tarado, seca-se e incinera-se com precaução para não inflamar o papel de filtro, calcina-se o resíduo na mufla a 850 ± 50 °C, durante 1 h, deixa-se arrefecer num exsiccador e pesa-se.

## 6 — RESULTADO

### 6.1 — Cálculo

Sendo:

$m_1$  — massa da toma para ensaio

$m_2$  — massa do resíduo da calcinação

$m_3$  — massa do resíduo da calcinação, obtido no ensaio-testemunha,

todas expressas na mesma unidade, o teor em sulfatos de cada toma, expresso em trióxido de enxofre, em percentagem, é:

$$34,3 \times \frac{m_2 \cdot m_3}{m_1}$$

e o teor em sulfatos da amostra é dado pela média dos valores obtidos nas determinações efectuadas com as três tomas.

### 6.2 — Apresentação

O resultado apresenta-se arredondado às centésimas.

**INERTES PARA ARGAMASSAS E BETÕES**  
**DETERMINAÇÃO DO TEOR EM HALOGENETOS SOLÚVEIS**

MAIO 1971

**GRANULATS POUR MORTIERS ET BÉTONS**

Détermination de la teneur en halogénures solubles

## OBJET

La présente spécification a pour objet de décrire la méthode de détermination de la teneur en halogénures solubles de sables destinés à la confection de mortiers et bétons.

**1 — OBJECTO**

A presente especificação destina-se a fixar o modo de determinar o teor em halogenetos solúveis dos inertes para argamassas e betões.

**2 — RESUMO DO PROCESSO**

Extração das matérias solúveis do inerte por água em ebulição, filtração, acidificação do filtrado com ácido nítrico, adição, em excesso, de solução de nitrato de prata e doseamento do excesso com solução de tiocianato de potássio.

**3 — REAGENTES E AUXILIARES**

Todos os reagentes a seguir referidos são para análise.

- a) Nitrobenzeno.
- b) Ácido nítrico (2:3).
- c) Solução saturada de sulfato de ferro (III) e amónio — Tomam-se cerca de 140 g de sulfato de ferro (III) e amónio ( $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ), adicionam-se a 1 dm<sup>3</sup> de água ligeiramente aquecida e agita-se vigorosamente; após repouso, deve verificar-se a permanência de cristais não dissolvidos.

**AGGREGATES FOR MORTAR AND CONCRETE**

Determination of the soluble halides content

## SCOPE

The present specification provides a method for determining the water-soluble halides content of aggregates for use in cement mortar and in concrete.

d) Solução-padrão de nitrato de prata 0,05 N — Pulveriza-se nitrato de prata padrão e seca-se em estufa a 105-110 °C durante 2 h; tomam-se 8,4945 g, dissolvem-se em água, num balão aferido de 1000 cm<sup>3</sup>, perfaz-se o volume até à marca, a 20 °C, e homogeneiza-se. Guarda-se a solução em frasco de vidro castanho, ao abrigo da luz solar.

e) Solução titulada de tiocianato de potássio, aproximadamente 0,05 N — Pesam-se cerca de 5 g de tiocianato de potássio, dissolvem-se em água, num balão graduado de 1000 cm<sup>3</sup>, perfaz-se o volume até à marca e homogeneiza-se. Guarda-se a solução em frasco de vidro castanho, ao abrigo da luz solar.

Para a titulação desta solução, medem-se com pipeta, para um frasco de Erlenmeyer de 150 cm<sup>3</sup>, 25 cm<sup>3</sup> de solução-padrão de nitrato de prata, adicionam-se 5 cm<sup>3</sup> de ácido nítrico (2:3) e 1 cm<sup>3</sup> de solução saturada de sulfato de ferro (III) e amónio, e junta-se, agitando constantemente, a solução de tiocianato de potássio contida numa bureta, até se obter cor rosa-alaranjada, estável durante pelo menos 1 min. O factor de normalidade da solução de tiocianato de potássio é:

$$f = \frac{25 \times 0,05}{V_1}$$

onde  $V_1$  é o volume, em centímetros cúbicos, desta solução gasto na titulação.

## — APARELHOS E UTENSÍLIOS

- a) Estufa para secagem a 105-110 °C.
- b) Dispositivo para britagem do inerte.
- c) Moinho de bolas.
- d) Peneiro ASTM de malha quadrada de 0,297 mm de abertura (n.º 50).
- e) Copo de precipitação de 150 cm³.
- f) Frasco de Erlenmeyer de 300 cm³.
- g) Provetas graduadas de 5 cm³ e de 50 cm³.
- h) Buretas graduadas em 0,05 cm³.
- i) Balança sensível a 0,1 mg.

## — TÉCNICA

### 1 — Preparação da amostra

Homogeneiza-se a amostra, retiram-se, de vários pontos, pequenas fracções, até perfazer cerca de 50 g; seca-se este material na estufa, a 105-110 °C, durante pelo menos 16 h, e deixa-se arrefecer.

Mói-se o material no moinho de bolas até passar pelo peneiro de 0,297 mm; antes da moedura pode haver necessidade de britar as partículas mais grossas. Homogeneiza-se e esquartela-se o material moído; toma-se, de dois quartos opostos, uma quantidade de cerca de 100 g, seca-se na estufa a 105-110 °C até massa constante, e deixa-se arrefecer num exsiccador, onde se conserva até à ocasião do ensaio.

### 2 — Determinação

Paralelamente à determinação, e nas mesmas condições, realiza-se um ensaio-testemunha com as mesmas quantidades de reagentes; em particular, o volume de solução-padrão de nitrato de prata empregado deve ser rigorosamente igual ao volume desta solução utilizado na determinação.

Se se prevê que o teor a determinar é inferior a 0,1 % ou se situa entre 0,1 % e 1,0 %, ou é superior a este valor, tomam-se, respectivamente, cerca de 5 g, 2 g ou 1 g da amostra preparada como é indicado em 5.1, que se pesam.

Lança-se a toma no copo de precipitação de 150 cm³, juntam-se 50 cm³ de água quente, aquece-se e mantém-se em ebulição durante 2 a 3 min, e transfere-se para banho-maria, onde se conserva durante 1 h, agitando de vez em quando.

Filtra-se a solução resultante, lavam-se o copo e o resíduo 4 a 6 vezes com água quente e recolhe-se o filtrado no frasco de Erlenmeyer de 300 cm³.

Adiciona-se ácido nítrico (2:3), na proporção de 5 cm³ de ácido para cada 25 cm³ de solução, e adiciona-se solução-padrão de nitrato de prata contida na bureta, em excesso (2 a 5 cm³).

Adiciona-se nitrobenzeno e solução saturada de sulfato de ferro (III) e amónio, respectivamente nas proporções de 3 cm³ e de 1 cm³ para cada 25 cm³ de solução anteriormente considerados, e agita-se durante 1 min para aglomerar o precipitado.

Junta-se solução titulada de tiocinato de potássio contida numa bureta, agitando constantemente, até se obter cor rosa-alaranjada, estável durante pelo menos 1 min.

## 6 — RESULTADO

Sendo:

- m* — massa, em gramas, da toma para ensaio  
*V<sub>s</sub>* — volume, em centímetros cúbicos, de solução titulada de tiocianato de potássio, gasto no doseamento  
*V<sub>s</sub>* — volume, em centímetros cúbicos, da mesma solução, gasto no ensaio-testemunha  
*f* — factor de normalidade da mesma solução, calculado como se indica em 3 e),

o teor em halogenetos solúveis do inerte, expresso em íão cloreto, em percentagem, é:

$$\frac{3,5453 (V_s - V_s) f}{m}$$

O resultado apresenta-se arredondado às centésimas.

## BIBLIOGRAFIA

VOINOVICH, I. A.; DEBRAS-GUEDON, J.; LOUVRIER, J.  
— L'Analyse des Silicates. Paris, Hermann, 1962.

### ENTIDADES QUE COLABORARAM COM O LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL NA ELABORAÇÃO DESTA ESPECIFICAÇÃO

Comissão de Fiscalização das Obras dos Grandes Aproveitamentos Hidroeléctricos  
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto  
Instituto Nacional de Investigação Industrial  
Junta Autónoma de Estradas  
Laboratório de Engenharia de Angola  
Laboratório de Engenharia de Moçambique  
Associação Técnica da Indústria do Cimento  
Construções Técnicas, Lda.  
Empresa de Cimentos de Leiria  
Fundações Franki, Lda.

# DOCUMENTAÇÃO NORMATIVA

## ESPECIFICAÇÃO LNEC

### INERTES PARA ARGAMASSAS E BETÕES

#### CARACTERÍSTICAS E VERIFICAÇÃO DA CONFORMIDADE

CDU  
691.327:691.322 (083.74)

ISSN 0870-8592

CI/SIB

q.p. (AJV)

MAIO 1993

#### GRANULATS POUR MORTIERS ET BÉTONS

##### Exigences et vérification de conformité

#### OBJET

Le présent document établit les exigences que les granulats doivent satisfaire pour leur utilisation dans les mortiers et dans le béton et indique les correspondantes méthodes d'essai.

#### 1 — OBJECTO

A presente especificação estabelece as características que os inertes devem respeitar para poderem ser utilizados no fabrico de argamassas e de betões e referencia os métodos de ensaio para a sua determinação.

#### 2 — REFERÊNCIAS

Nesta especificação recorre-se à aplicação dos seguintes documentos normativos:

Normas Portuguesas:

- NP 85 – Areias para argamassas e betões. Pesquisa da matéria orgânica pelo processo do ácido tânico.
- NP 86 – Inertes para argamassas e betões. Determinação do teor em partículas muito finas e matérias solúveis.
- NP 581 – Inertes para argamassas e betões. Determinação das massas volúmicas e da absorção de água das britas e godos.
- NP 953 – Inertes para argamassas e betões. Determinação do teor em partículas leves.
- NP 954 – Inertes para argamassas e betões. Determinação das massas volúmicas e da absorção de água de areias.
- NP 955 – Inertes para argamassas e betões. Determinação da baridade.
- NP 956 – Inertes para argamassas e betões. Determinação dos teores em água total e em água superficial.
- NP 957 – Inertes para argamassas e betões. Determinação do teor em água superficial de areias.
- NP 1039 – Inertes para argamassas e betões. Determinação da resistência ao esmagamento.
- NP 1040 – Pedras naturais. Determinação da tensão de rotura por compressão da rocha.
- NP 1378 – Agregados. Ensaio de alteração pelo sulfato de sódio ou pelo sulfato de magnésio.
- NP 1379 – Inertes para argamassas e betões. Análise granulométrica.

#### AGGREGATES FOR MORTAR AND CONCRETE

##### Requirements and conformity criteria

#### SCOPE

This document establishes the requirements that the aggregates must comply in order to be used in mortar and in concrete and quotes the correspondent test methods.

- NP 1380 – Inertes para argamassas e betões. Determinação do teor de partículas friáveis.
- NP 1381 – Inertes para argamassas e betões. Ensaio de reactividade potencial com os álcalis do ligante. Processo da barra de argamassa.
- NP 1382 – Inertes para argamassas e betões. Determinação do teor de álcalis solúveis. Processo por espectrofotometria de chama.
- NP 2106 – Inertes para argamassas e betões. Determinação do teor em sulfatos.
- NP 2107 – Inertes para argamassas e betões. Determinação do teor em sulfuretos.

Especificações LNEC:

- E 159 – Agregados. Determinação da reactividade potencial.
- E 196 – Solos. Análise granulométrica.
- E 222 – Agregados. Determinação do teor em partículas moles.
- E 223 – Agregados. Determinação do índice volumétrico.
- E 237 – Agregados. Ensaio de desgaste pela máquina de Los Angeles.
- E 251 – Inertes para argamassas e betões. Ensaio de reactividade com os sulfatos em presença de hidróxido de cálcio.
- E 253 – Inertes para argamassas e betões. Determinação do teor em halogenetos solúveis.
- E 355 – Inertes para argamassas e betões. Classes granulométricas.
- E 415 – Inertes para argamassas e betões. Determinação da reactividade potencial com os álcalis. Análise petrográfica.

#### 3 — CARACTERÍSTICAS E VERIFICAÇÃO DA CONFORMIDADE

As características e os correspondentes valores limites que os inertes devem respeitar para poderem ser utilizados no fabrico de argamassas e de betões, assim como os documentos normativos que estabelecem os métodos de ensaio para a sua determinação, constam do quadro 1.

QUADRO 1

Características e verificação da conformidade dos inertes

Característica		Documento normativo	Valor a satisfazer
Resistência mecânica <sup>(1)</sup> dos nertes grossos medida através de	- resistência à compressão ou	NP 1040	≥ 50 MPa
	- resistência ao esmagamento ou	NP 1039	≤ 45%
	- desgaste Los Angeles <sup>(2)</sup>	E 237	≤ 50%
	- desagregação pelo sulfato de sódio ou de magnésio <sup>(3)</sup>	NP 1378	SO <sub>4</sub> Na: perdas peso < 10% SO <sub>4</sub> Mg: perdas peso < 15% ao fim de 5 ciclos de ensaio
Absorção de água <sup>(1)</sup> e massa volúmica	- de inertes grossos - de areias	NP 581 NP 984	absorção ≤ 5,0% absorção ≤ 5,0 %
Quantidades de partículas ou matérias prejudiciais	- de matéria orgânica	NP 85	não prejudicial
	- de partículas muito finas e matéria solúvel	NP 86	areia natural ≤ 3,0% areia britada ≤ 10,0% godo ≤ 2,0% brita ≤ 3,0%
	- de partículas de argila	E 196	≤ 2,0% de massa do ligante
	- de partículas friáveis	NP 1380	areia ≤ 1,0% godo ou brita ≤ 0,25%
	- de partículas moles	E 222	godo ou brita ≤ 5,0%
	- de partículas leves <sup>(1)</sup> <sup>(3)</sup>	NP 953	areias ≤ 0,5% godos ou britas ≤ 1,0%
Índice volumétrico		E 223	godo ≥ 0,12 brita ≥ 0,15
Reactividade potencial com os álcalis dos cimentos	Processo absorciométrico	E 159	negativo
	Proc. da barra de argamassa	NP 1381	extensão ≤ 1,0 × 10 <sup>-3</sup> ao fim de 6 meses
	Análise petrográfica <sup>(4)</sup>	E 415	negativo
Reactividade com os sulfatos <sup>(5)</sup>		E 251	provete de argamassa: - ausência de fendilhamento - extensão < 0,5 × 10 <sup>-3</sup> provetes de rocha: - extensão < 1,0 × 10 <sup>-3</sup> ao fim de 6 meses
Conteúdo de cloretos		E 253	<sup>(6)</sup>
Conteúdo de sulfuretos		NP 2107	<sup>(7)</sup>
Conteúdo de sulfatos		NP 2106	
Conteúdo de álcalis		NP 1382	
Análise granulométrica		NP 1379	<sup>(8)</sup>
Finura		NP 955	<sup>(9)</sup>
Conteúdo de água total		NP 956	<sup>(10)</sup>
		NP 957	

Os valores exigidos por esta característica não se aplicam aos inertes leves.

O desgaste Los Angeles não é em princípio significativo para inertes calcários.

- (3) Os ensaios de desagregação pelo sulfato de sódio ou de magnésio e de quantificação das partículas leves são exigidos quando o betão está sujeito a ambientes em que a temperatura pode atingir, com frequência, valores inferiores a  $-5^{\circ}\text{C}$  ou se pretendem obter betões de elevada resistência à penetração de cloretos.
- (4) Na Especificação LNEC E 415 indicam-se os minerais e rochas com formas de sílica potencialmente reactivas ou fornecedoras de álcalis.
- (5) O ensaio de reactividade com os sulfatos é exigido quando os betões ficam em contacto com a água do mar ou com águas ou solos que contenham sulfatos com teores iguais ou superiores aos da água do mar e quando os inertes exibem feldspatos.
- (6) O teor de cloretos dos inertes deve ser somado ao teor de cloretos dos outros constituintes do betão de forma que o teor por massa de cimento seja inferior a 1%, 0,4% e 0,2% no caso do betão simples, armado e pré-esforçado, respectivamente.
- (7) O teor de sulfuretos, sulfatos e álcalis dos inertes deve ser somado aos correspondentes teores determinados nos outros componentes do betão (com excepção do cimento) e o valor final não deve exceder as seguintes percentagens referidas à massa do cimento ou à massa do cimento e das adições:

Cimento	Sulfuretos (expresso em S)	Sulfatos (expresso em $\text{SO}_2$ )	Álcalis* (expresso em $\text{Na}_2\text{O}$ )
Tipo I	0,2	0,5	0,6
Tipo II	0,0	0,5	0,6
Tipo III	0,0	1,0	—
Tipo IV	0,2	2,0	—

\*Esta determinação será dispensável se os inertes satisfizerem as exigências do quadro 1 no que respeita à reactividade potencial com os álcalis do cimento.

- (8) A classificação dos inertes em classes granulométricas é feita na Especificação LNEC E 355.
- (9) A baridade é usada para definir ou controlar a composição do betão.
- (10) O teor de água é usado para corrigir, quando necessário, a água de amassadura.

**ENTIDADES QUE COLABORARAM COM O  
LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL  
NA ELABORAÇÃO DESTA ESPECIFICAÇÃO:**

**Organismo de Normalização Sectorial para os  
Cimentos e Betões – Associação Técnica da Indústria do  
Cimento (ONS/ATIC).**

# DOCUMENTAÇÃO NORMATIVA

# ESPECIFICAÇÃO LNEC

## SÍLICA DE FUMO PARA BETÕES

### CARACTERÍSTICAS E VERIFICAÇÃO DA CONFORMIDADE

CDU	691.327.216 (083.74)
ISSN	0870-8592
CI/SfB	
	q4:p3   (A)iv

MAIO 1993

## FUMÉES DE SILICE POUR BÉTONS

### Exigences et vérification de conformité

#### OBJET

Le présent document établit les exigences auxquelles doivent satisfaire les fumées de silice pour être utilisées comme des additions dans les bétons hydrauliques et indique les correspondantes méthodes d'essai.

#### 1 — OBJECTO

A presente especificação estabelece as exigências físicas e químicas que a sílica de fumo deve satisfazer para poder ser usada como adição tipo II em betões de ligantes hidráulicos e referencia os correspondentes métodos de ensaio para a sua determinação.

#### 2 — REFERÊNCIAS

Nesta especificação recorre-se à aplicação dos seguintes documentos normativos:

Normas Portuguesas:

NP EN 196-2 – Métodos de ensaio de cimentos. Análise química de cimentos.  
NP EN 196-21 – Métodos de ensaio de cimentos. Determinação do teor em cloretos, dióxido de carbono e álcalis nos cimentos.

Norma Internacional ISO:

ISO 9556 – Aciers et fontes – Dosage du carbone total. Méthode par absorption dans l'infrarouge après combustion dans un four à induction.

Especificações LNEC:

E 61 – Cimentos. Determinação do teor em sulfatos.  
E 64 – Cimentos. Determinação da massa volúmica.  
E 412 – Materiais em pó. Determinação da superfície específica. Método de B.E.T.

## SILICA FUME FOR CONCRETE

### Requirements and conformity criteria

#### SCOPE

This document establishes requirements that silica fume must comply in order to be used as additions in the concrete and quotes the correspondent test methods.

#### 3 — DEFINIÇÃO

A sílica de fumo é um pó amorfo, extremamente fino, obtido numa electrometalurgia de silício e respectivas ligas por condensação e filtragem dos fumos.

#### 4 — DESIGNAÇÃO

A designação de uma sílica de fumo deve compreender as seguintes indicações:

- a) sílica de fumo;
- b) referência à presente especificação LNEC;
- c) proveniência (fábrica);
- d) modo de preparação.

#### 5 — CARACTERÍSTICAS E VERIFICAÇÃO DA CONFORMIDADE

##### 5.1 — Características físicas

As características físicas da sílica de fumo para betões e os correspondentes valores a satisfazer, assim como os documentos normativos que estabelecem os métodos de ensaio para a sua determinação, constam do quadro 1.

##### 5.2 — Características químicas

As características químicas da sílica de fumo para betões e os correspondentes valores a satisfazer, assim como os documentos normativos que estabelecem os métodos de ensaio para a sua determinação, constam do quadro 2.

QUADRO 1

Características físicas da sílica de fumo

Característica	Documento normativo	Valor a satisfazer
Superfície específica B.E.T. [m <sup>2</sup> /kg]	E 412	20 000 a 35 000
Massa volúmica [kg/m <sup>3</sup> ]	E 64	2100 a 2300

QUADRO 2

Características químicas da sílica de fumo

Característica	Documento normativo	Valor a satisfazer
Teor de SiO <sub>2</sub>	NP EN 196-2	> 85%
Teor de CaO	NP EN 196-2	< 1,5%
Teor de SO <sub>3</sub>	E 61	< 2,0%
Teor de (Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O)	NP EN 196-21	< 2%
Teor de Cl <sup>-</sup>	NP EN 196-21	< 0,1% (1)
Teor de carbono livre	ISO 9556	< 4% (2)

(1) O fornecimento deve indicar o teor de cloretos sempre que este ultrapasse 0,1%; e, caso seja inferior ou igual a 0,1%, se for pedido.

(2) Para determinar o teor de carbono livre, efectuam-se as seguintes operações:

- divide-se uma toma de 2 g, aproximadamente, de sílica de fumo, representativa da amostra a analisar, em duas fracções equivalentes;
- calcina-se uma dessas fracções durante 1 hora, num forno à temperatura de 700°C, de modo a provocar a combustão do carbono livre;
- determina-se o carbono total da fracção não calcinada, segundo a Norma ISO 9556, o que corresponde ao teor de carbono total da amostra;
- determina-se o carbono total da fracção calcinada, segundo a Norma ISO 9556, o que corresponde ao teor de carbono combinado da amostra;
- calcula-se o teor de carbono livre da amostra pela diferença:

$$\% C_{\text{livre}} = \% C_{\text{total}} - \% C_{\text{comb}}$$

As variações do teor de carbono livre têm incidência sobre o teor de ar introduzido no caso do emprego de introdutores de ar e na aparência do betão.

ENTIDADES QUE COLABORARAM COM O LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL NA ELABORAÇÃO DESTA ESPECIFICAÇÃO:

Organismo de Normalização Sectorial para os Cimentos e Betões – Associação Técnica da Indústria do Cimento (ONS/ATIC).

ATA: A sílica de fumo a usar nas caldas de injeção, no betão pré-esforçado, ou em betão de estruturas não ventiladas, deve ter um teor de silício metálico livre, determinado conforme a norma DIN 51075, inferior a 0,2%.



DOCUMENTAÇÃO NORMATIVA  
ESPECIFICAÇÃO LNEC

ESCÓRIA GRANULADA DE ALTO-FORNO  
MOÍDA PARA BETÕES  
CARACTERÍSTICAS E VERIFICAÇÃO DA CONFORMIDADE

CDU  
691.327.216:669.162.266  
(083.74)  
ISSN 0870-8592  
CI/SIB  
q4:p2 (A)iv

MAIO 1993

LAITIER DE HAUT FOURNEAU POUR BÉTONS  
Exigences et vérification de conformité

GROUND GRANULATED BLASTFURNACE SLAG  
FOR CONCRETE  
Requirements and conformity criteria

OBJET

SCOPE

Le présent document établit les exigences auxquelles doivent satisfaire les laitiers pour être utilisés comme addition type II dans les bétons hydrauliques et indique les correspondantes méthodes d'essai.

This document establishes the requirements that ground granulated blastfurnace slag must comply in order to be used as type II addition in the concrete and quotes the correspondent test methods.

1 — OBJECTO

3 — DEFINIÇÃO

A presente especificação estabelece as exigências que a escória granulada de alto-forno moída deve satisfazer para poder ser usada como adição tipo II em betões de ligantes hidráulicos e indica os correspondentes métodos de ensaio para a sua determinação.

A escória granulada de alto-forno moída é um material que resulta do arrefecimento rápido, em regra por água (doce), da escória fundida num alto-forno siderúrgico, e posterior secagem e moagem.

2 — REFERÊNCIAS

4 — CARACTERÍSTICAS E VERIFICAÇÃO DA CONFORMIDADE

Nesta especificação recorre-se à aplicação dos seguintes documentos normativos:

4.1 — Características físico-mecânicas

Normas Portuguesas:

As características físico-mecânicas da escória granulada de alto-forno moída para betões e os correspondentes valores a satisfazer, assim como os documentos normativos que estabelecem os métodos de ensaio para a sua determinação, constam do quadro 1.

NP EN 196-1 — Métodos de ensaio de cimentos. Determinação das resistências mecânicas.

NP EN 196-2. Métodos de ensaio de cimentos. Análise química de cimentos.

NP EN 196-3 — Métodos de ensaio de cimentos. Determinação do tempo de presa e da expansibilidade.

NP EN 196-6 — Métodos de ensaio de cimentos. Determinação da finura.

4.2 — Características químicas

Especificação LNEC:

E 384 — Escória granulada de alto-forno moída para betões. Determinação do teor de material vítreo por difracção de raios X.

As características químicas da escória granulada de alto-forno moída para betões e os correspondentes valores a satisfazer, assim como o documento normativo que estabelece os métodos de ensaio para a sua determinação, constam do quadro 2.

QUADRO 1

Características físico-mecânicas da escória granulada de alto-forno moída

Característica	Documento normativo	Valor a satisfazer
Finura (Blaine)	NP EN 196-6	$\geq 2750 \text{ cm}^2/\text{g}$
Princípio de presa <sup>(1)</sup>	NP EN 196-3	$\geq 45 \text{ min}$
Resistência à compressão <sup>(1)</sup>	NP EN 196-1	$\geq 12 \text{ MPa}$ aos 7 dias <sup>(2)</sup> $\geq 24 \text{ MPa}$ aos 28 dias <sup>(2)</sup>
Expansibilidade	NP EN 196-3	$\leq 10 \text{ mm}$
Teor de material vítreo	E 384	$\geq 66\%$
Teor de água	ver Anexo A	$\leq 1\%$

(1) O ligante é constituído por 70% de escória de alto-forno e 30% de cimento Portland tipo I, classe 42,5 MPa.

(2) Este valor da tensão de rotura à compressão corresponde à média dos valores obtidos em 3 provetes de 4 cm x 4 cm x 16 cm, após rotura por flexão a meio vão.

QUADRO 2

Características químicas da escória granulada de alto-forno moída

Característica	Documento normativo	Valor a satisfazer
Resíduo insolúvel	NP EN 196-2	$\leq 1,5\%$
Teor de magnésio		$\leq 14,0\%$
Teor de sulfuretos		$\leq 2,5\%$
Teor de manganês		$\leq 2,0\%$
Teor de óxido de ferro		$\leq 1,0\%$
Teor de cloretos		$\leq 0,1\%$
Perda ao fogo		$\leq 3,0\%$
Índices químicos: $I_1 = \frac{(\text{CaO}) + (\text{MgO})}{(\text{SiO}_2)}$		
$I_2 = \frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2}$		$I_2 \leq 1,4$

## ANEXO A

### DETERMINAÇÃO DO TEOR DE ÁGUA

#### A.1 — Resumo do processo

Secagem de uma amostra de escória de alto-forno num forno eléctrico até esta atingir massa constante.

#### A.2 — Aparelhos e utensílios

- a) Balança sensível a 0,001 g;
- b) Recipiente pouco fundo com capacidade para 20 g de escória;
- c) Forno eléctrico, com ventilação natural e regulado para uma temperatura de  $105 \pm 5^\circ\text{C}$ ;
- d) Secador, contendo magnésio seco.

#### A.3 — Técnica

Pesar, com uma aproximação de 0,001 g,  $10 \pm 0,05$  g de escória de alto-forno, no recipiente que foi previamente seco e pesado. Colocar o recipiente com a escória no

forno eléctrico. Aquecer durante 1 hora. Retirar o recipiente, deixar arrefecer no secador à temperatura da sala de ensaio, e pesar. Repetir o processo de aquecer e arrefecer até que a diferença entre os valores da massa obtidos em duas pesagens consecutivas seja inferior a 0,005 g.

#### A.4 — Resultado

O teor de água  $t$  da amostra, em percentagem, é dado por:

$$t = \frac{(m_1 - m_2)}{m_2} \times 100$$

onde

$m_1$  — massa inicial da amostra, em gramas

$m_2$  — massa da amostra seca, em gramas

O resultado apresenta-se arredondado às décimas.

ENTIDADES QUE COLABORARAM COM O  
LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL  
NA ELABORAÇÃO DESTA ESPECIFICAÇÃO:

Organismo de Normalização Sectorial para os  
Cimentos e Betões — Associação Técnica da Indústria do  
Cimento (ONS/ATIC).

# DOCUMENTAÇÃO NORMATIVA

## ESPECIFICAÇÃO LNEC

### FÍLER CALCÁRIO PARA BETÕES

#### CARACTERÍSTICAS E VERIFICAÇÃO DA CONFORMIDADE

CDU

691.327.216 (083.74)

ISSN

0870-8592

CI/SfB

q4:p1 (Ajv)

MAIO 1993

#### FILLER CALCAIRE POUR BÉTONS

##### Exigences et vérification de conformité

#### OBJET

Le présent document établit les exigences auxquelles doivent satisfaire les fillers calcaires pour être utilisés comme des additions dans les bétons hydrauliques et indique les correspondantes méthodes d'essai.

#### 1 — OBJECTO

A presente especificação estabelece as exigências geométricas, físicas e químicas que o fíler calcário deve satisfazer para poder ser usado como adição em betões de ligantes hidráulicos com vista a otimizar a compacidade destes através da modificação da curva granulométrica na zona dos muito finos e referencia os correspondentes métodos de ensaio.

#### 2 — REFERÊNCIAS

Nesta especificação recorre-se à aplicação dos seguintes documentos normativos:

Normas Portuguesas:

NP EN 196-1 – Métodos de ensaio de cimentos. Determinação das resistências mecânicas.

NP EN 196-3 – Métodos de ensaio de cimentos. Determinação do tempo de presa e da expansibilidade.

NP EN 196-6 – Métodos de ensaio de cimentos. Determinação da finura.

NP 1381 – Inertes para argamassas e betões. Ensaio de reactividade potencial com os álcalis do ligante. Processo da barra de argamassa.

NP 2106 – Inertes para argamassas e betões. Determinação do teor em sulfatos.

NP 2107 – Inertes para argamassas e betões. Determinação do teor em sulfuretos.

NP 4242 – Métodos de ensaio de cinzas volantes. Finura por peneiração húmida.

Especificações LNEC:

E 64 – Cimentos. Determinação da massa volúmica.

E 253 – Inertes para argamassa e betões. Determinação do teor em halogenetos solúveis.

#### LIMESTONE FILLER FOR CONCRETE

##### Requirements and conformity criteria

#### SCOPE

This document establishes the requirements that limestone fillers must comply in order to be used as additions in the concrete and quotes the correspondent test methods.

E 385 – Fíler calcário para betões. Determinação do valor do azul de metileno.

E 386 – Fíler calcário para betões. Determinação do teor de carbono orgânico total (TOC).

#### 3 — DEFINIÇÃO

O fíler calcário é um material proveniente de rochas calcárias maciças ou de jazidas aluvionares. Deve conter pelo menos 90% de carbonato de cálcio e, após tratamento, 85% do material deve ter dimensão inferior a 80  $\mu\text{m}$  e não ter partículas superiores a 315  $\mu\text{m}$ ; este tratamento deve consistir apenas em lavagem, secagem, moagem e peneiração.

#### 4 — CARACTERÍSTICAS E VERIFICAÇÃO DA CONFORMIDADE

##### 4.1 — Características geométricas

As características geométricas do fíler calcário para betões e os correspondentes valores a satisfazer, assim como os documentos normativos que estabelecem os métodos de ensaio para a sua determinação, constam do quadro 1.

##### 4.2 — Características físicas

As características físicas do fíler calcário para betões a verificar são a massa volúmica e a necessidade de água.

4.2.1 — A massa volúmica, determinada de acordo com a Especificação LNEC E 64, não deve variar mais do que 100  $\text{kg/m}^3$  em relação ao valor declarado.

QUADRO 1

Características geométricas do filer calcário

Característica	Documento normativo	Valor a satisfazer
Resíduo no peneiro de 315 µm	NP EN 196-6	0%
Resíduo no peneiro de 80 µm	NP 4242	< 15%
Superfície específica Blaine (cm <sup>2</sup> /g)	NP EN 196-6	2000
classe A		2000 a 4000
classe B		4000 a 6000
classe C		> 6000
classe D		

A necessidade de água corresponde à quantidade de água que misturada com o filer conduz à consistência normal, seguindo-se o modo operativo indicado na NP EN 196-3. Consideram-se 4 classes de filer em função da necessidade de água, conforme se indica no quadro 2.

QUADRO 2

Classes de filer calcário

Classe	Necessidade de água	
	Valor (% média em massa)	Tolerância %
F1	20	± 0,5
F2	20 a 25	
F3	25 a 30	
F4	> 30	

4.3 — Características químicas

As características químicas do filer calcário para os betões e os correspondentes valores a satisfazer, assim como os documentos normativos que estabelecem os métodos de ensaio para a sua determinação, constam do quadro 3.

QUADRO 3

Características químicas do filer calcário

Característica	Documento normativo	Valor a satisfazer
Teor de argila	E 385	< 1,2 g/100 g de filer
Teor de carbono orgânico total	E 386	0,20%
Teor de cloretos	E 253	0,1%
Teor de sulfatos	NP 2106	< 1%
Reactividade aos álcalis(*)	NP 1381	expansão < 0,05% a 3 meses expansão < 0,10% a 6 meses
Teor de sulfuretos	NP 2107	< 1%

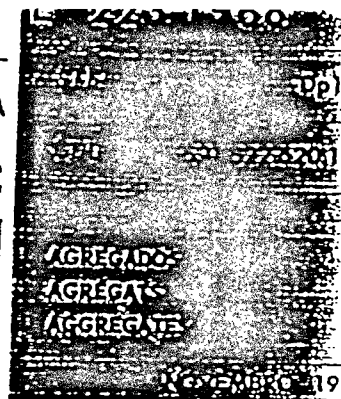
(\*) No caso de calcários dolomíticos, usando um inerte de reconhecida não-reactividade e substituindo parte do cimento pelo filer calcário na proporção a adicionar.

ENTIDADES QUE COLABORARAM COM O LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL NA ELABORAÇÃO DESTA ESPECIFICAÇÃO:

Organismo de Normalização Sectorial para os Cimentos e Betões – Associação Técnica da Indústria do Cimento (ONS/ATIC).

M O P - LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL - PORTUGAL  
D O C U M E N T A Ç Ã O N O R M A T I V A  
E S P E C I F I C A Ç Ã O L N E C

**AGREGADOS**  
DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE VOLUMÉTRICO



DEPÓSITO  
DE  
PUBLICAÇÕES

**AGRÉGATS**

**AGGREGATES**

Détermination de l'indice volumétrique

Determination of the volumetric index

**OBJET**

**SCOPE**

La présente spécification fixe le mode opératoire de détermination de l'indice volumétrique d'une fraction de l'agrégat à plus grande dimension comprise entre 4,76 mm et 50,8 mm.

The present specification establishes the procedure for determining the volumetric index of an aggregate fraction comprised between 4,76 mm and 50,8 mm.

**1 — OBJECTO**

A presente especificação fixa o processo de determinar o índice volumétrico de uma fracção granulométrica de agregado de máxima dimensão entre 4,76 e 50,8 mm.

c) Recipiente para determinações volumétricas com limites de erro de  $\pm 1 \text{ cm}^3$ , com capacidade não inferior ao dobro do maior dos volumes das fracções granulométricas a ensaiar.

d) Balança para pesar até pelo menos 15 kg com limites de erro de  $\pm 5 \text{ g}$ .

**2 — DEFINIÇÕES**

**4 — PROVETES**

2.1 — Comprimento de uma partícula — Maior das distâncias entre pontos da partícula.

2.2 — Máxima dimensão de um agregado — Menor abertura do peneiro através do qual passa pelo menos 90 % da massa do agregado.

Toma-se uma quantidade de agregado cuja massa deve ser da ordem de grandeza indicada no quadro seguinte, determinada em função da máxima dimensão do agregado.

2.3 — Índice volumétrico de uma fracção granulométrica de agregado — Quociente da soma dos volumes das partículas da fracção granulométrica do agregado pela soma dos volumes de igual número de esferas de diâmetros iguais aos comprimentos das partículas.

Máxima dimensão do agregado mm	Massa da toma kg
4,76 a 19,0	3
25,4 e 38,1	10
50,8	15

**3 — APARELHOS E UTENSÍLIOS**

a) Craveira que permita medições até pelo menos 10 cm com limites de erro de  $\pm 0,5 \text{ mm}$ .

b) Série de peneiros ASTM de malha quadrada com as seguintes aberturas: 50,8 mm; 38,1 mm; 25,4 mm; 19,0 mm; 12,7 mm; 9,51 mm; 6,35 mm; 4,76 mm.

Peneira-se o agregado sucessivamente através de cada um dos peneiros da série mencionada na secção 3, começando pelo de maior abertura, correspondente à máxima dimensão do agregado. Despreza-se a fracção que passa no peneiro de 4,76 mm de abertura.

Os provetes são as fracções granulométricas obtidas.

## CNICA

nam-se, ao acaso, 50 partículas de cada fracção granulométrica, ou o número total delas se for superior a 50, e com a craveira mede-se o comprimento de cada partícula, a partir do qual se determina o volume da esfera de diâmetro igual àquele comprimento (veja-se tabela anexa).

Quando todas as partículas da mesma fracção granulométrica estiverem medidas, deitam-se no recipiente graduado, com volume conhecido de água até cerca de metade da sua altura, uma a uma com cuidado para evitar salpicos, por exemplo, inclinando ligeiramente o recipiente e fazendo com que as partículas ao longo das paredes deste. Depois, ligeiramente o recipiente para expulsar as partículas, tendo o cuidado de evitar qualquer entrada de água. Anota-se o volume correspondente ao nível da superfície livre da água.

## RESULTADOS

Para cada fracção granulométrica en-

- soma dos volumes das esferas de diâmetro igual ao comprimento de cada partícula, arredondada às unidades
- volume da água contida no recipiente graduado
- volume da água e do agregado contidos no recipiente graduado,

todos expressos em centímetros cúbicos, o índice volumétrico de cada uma das fracções granulométricas do agregado é dado por

$$\frac{V_2 - V_1}{\Sigma V}$$

Os resultados apresentam-se arredondados às centésimas e devem ser dados para cada uma das fracções granulométricas, acompanhados da indicação dos peneiros mediante os quais foram separadas.

## BIBLIOGRAFIA

NORME FRANÇAISE NF P 18-301. Paris, Association Française de Normalisation, 1960.

## ENTIDADES QUE COLABORARAM COM O LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL NA ELABORAÇÃO DESTA ESPECIFICAÇÃO:

Comissão de Fiscalização das Obras dos Grandes Aproveitamentos Hidroeléctricos  
Direcção-Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais  
Direcção-Geral dos Serviços de Urbanização  
Junta Autónoma de Estradas — Direcção dos Serviços de Pontes  
Ordem dos Engenheiros  
Associação Técnica da Indústria do Cimento  
Empresa de Sondagens e Fundações Teixeira Duarte, Lda.  
Fundações Franki, Lda.

A N E X O

Tabela de volumes de esferas em função do diâmetro

Diâmetro mm	Volume cm <sup>3</sup>
5	0,0654
6	0,113
7	0,180
8	0,268
9	0,382
10	0,524
11	0,697
12	0,905
13	1,15
14	1,44
15	1,77
16	2,14
17	2,57
18	3,05
19	3,59
20	4,19
21	4,85
22	5,58
23	6,37
24	7,24
25	8,18
26	9,20
27	10,3
28	11,5
29	12,8
30	14,2
31	15,6
32	17,2
33	18,8
34	20,6
35	22,5
36	24,4

Diâmetro mm	Volume cm <sup>3</sup>
37	26,5
38	28,7
39	31,1
40	33,5
41	36,1
42	38,8
43	41,6
44	44,6
45	47,7
46	51,0
47	54,4
48	57,9
49	61,6
50	65,4
51	69,5
52	73,6
53	78,0
54	82,4
55	87,1
56	92,0
57	97,0
58	102
59	108
60	113
61	119
62	125
63	131
64	137
65	144
66	151
67	157
68	165

Diâmetro mm	Volume cm <sup>3</sup>
69	172
70	180
71	187
72	195
73	204
74	212
75	221
76	230
77	239
78	248
79	258
80	268
81	278
82	289
83	299
84	310
85	322
86	333
87	345
88	357
89	369
90	382
91	395
92	408
93	421
94	435
95	449
96	463
97	478
98	493
99	508
100	524



**AGREGADOS**

DETERMINAÇÃO DA QUANTIDADE DE MATERIAL  
QUE PASSA NO PENEIRO DE 0,074 MM (N.º 200) ASTM

CD 115
625.8.07.610 (65 (083.74))
DIRA
agregado 23.62
ensalo 40.85
granulometria 40.49
norma 88.26
NOVEMBRO 1970

**GRANULATS**

Détermination de la quantité de matériau passant le tamis de 0,074 mm (nº 200) ASTM

**OBJET**

La présente spécification vise à établir le procédé à suivre pour déterminer la quantité totale de matériau, existant dans un granulats, qui passe le tamis de 0,74 mm (nº 200) ASTM.

**AGGREGATES**

Determination of material finer than No. 200 ASTM sieve

**SCOPE**

The present specification establishes the procedure for determining the amount of material finer than a No. 200 (74µm) ASTM sieve in aggregates.

**1 — OBJECTO**

A presente especificação destina-se a fixar o modo de determinar a quantidade total de material, existente num agregado, que passa no peneiro de 0,074 mm (n.º 200) ASTM.

**2 — APARELHOS E UTENSÍLIOS**

a) Peneiros ASTM de malha quadrada com as seguintes aberturas: 38,1 mm, 19,0 mm, 9,51 mm, 4,76 mm (n.º 4), 2,38 mm (n.º 8), 1,19 mm (n.º 16) e 0,074 mm (n.º 200).

b) Balança para pesagens com limites de erro de  $\pm 1$  g.

c) Balança para pesagens com limites de erro de  $\pm 0,1$  g.

d) Estufa de secagem, capaz de manter 105-110 °C.

e) Recipiente com dimensões suficientes para conter a amostra totalmente coberta de água e permitir uma vigorosa agitação sem que transborde material ou água.

f) Repartidor.

**3 — PROVETE**

A amostra — colhida de acordo com a especificação LNEC E 232 «Agregados — Amostragem para pavimentação» — deve ser reduzida por esquadramento ou por meio dum repartidor, depois de convenientemente homogeneizada e humedecida.

O provete deve, após a secagem referida em 4 a), satisfazer ao indicado no quadro I, mas como resultado directo da operação de redução, não sendo permitido qualquer ajustamento posterior.

**QUADRO I**

Máxima dimensão do agregado mm	Massa mínima do provete g
$\geq 38,1$	5000
19,0	2500
9,51	2000
4,76	500

## — TÉCNICA

a) Seca-se o provete na estufa a 105-110 °C até massa constante <sup>(1)</sup> e anota-se o valor desta ( $m_1$ ); pesagem deve ser efectuada com limites de erro de  $\pm 0,1$  % da massa a determinar.

b) Coloca-se o provete no recipiente referido em 2 e) e junta-se-lhe água em quantidade suficiente para o cobrir. Agita-se vigorosamente o material de modo a separar as partículas muito finas e mantê-las em suspensão. Verte-se imediatamente a água sobre os peneiros de 1,19 mm (n.º 16) e de 0,074 mm (n.º 200) sobrepostos, estando o de malha mais larga por cima, com o cuidado necessário para não deixar arrastar as partículas mais grossas.

c) Deita-se mais água no recipiente e repete-se a operação tantas vezes quantas as necessárias até a água sair limpa.

d) Junta-se todo o material retido nos dois peneiros ao material que ficou no recipiente. Seca-se na estufa a 105-110 °C até massa constante <sup>(1)</sup> e anota-se o valor desta ( $m_2$ ); a pesagem deve ser efectuada com limites de erro de  $\pm 0,1$  % da massa a determinar.

(1) Considera-se atingida a massa constante quando a diferença entre duas pesagens consecutivas intervaladas de pelo menos 15 minutos for inferior a 0,1 % da massa determinada.

## 5 — RESULTADO

A quantidade de material que passa no peneiro de 0,074 mm (n.º 200) é dada, em percentagem, por:

$$\frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100$$

em que

$m_1$  — massa inicial do provete,

$m_2$  — massa do provete após o ensaio.

O resultado apresenta-se arredondado às décimas.

ENTIDADES QUE COLABORARAM COM O LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL NA ELABORAÇÃO DESTA ESPECIFICAÇÃO

Direcção-Geral de Obras Públicas e Comunicações do  
Ministério do Ultramar  
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto  
Junta Autónoma de Estradas  
Laboratório de Engenharia de Angola  
Laboratório de Engenharia de Moçambique

# NORMA PORTUGUESA

NP

ENV 206

1993

## **Betão**

Comportamento, produção, colocação e critérios de conformidade

## **Béton**

Performances, production, mise en oeuvre et critères de conformité

## **Concrete**

Performance, production, placing and compliance criteria

## **CDU**

666.971/98:691.32:693.5:620.1:658:562

## **Descritores**

Betões; especificações do produto; materiais de construção; composição; definições; expedição de mercadorias; produção; propriedades; qualidade; controle da qualidade; conformidade

## **Correspondência**

## **Homologação**

Diário da República, III Série, N.º 183, de 1993-08-06

A presente norma é a versão portuguesa da Pré-Norma Europeia ENV 206 (1990)

**Elaborado por**  
CT104 (ATIC)

**Edição**  
Outubro de 1993

© IPQ reprodução proibida

**Instituto Português da Qualidade**

Rua C à Avenida dos Três Vales  
2825 MONTE DA CAPARICA  
Te: 011 294 81 00

# NORMA PORTUGUESA

NP

ENV 206

EMENDA 1

1996

## Betão

Comportamento, produção, colocação e critérios de conformidade

## Béton

Performances, production, mise en oeuvre et critères de conformité

## Concrete

Performance, production, placing and compliance criteria

## CDU

666.971/98:691.32:693.5:620.1:658:562

## Descritores

Betões; especificações do produto; materiais de construção; composição; definições; expedição de mercadorias; produção; propriedade; qualidade; controle de qualidade; conformidade

## Correspondência

## Homologação

Termo de Homologação N° 38/96, de 1996-03-25

A presente Emenda constitui uma actualização ao Anexo Nacional da NPENV 206: 1993

**Elaborado por**  
CT104 (ATIC)

**Edição**  
Setembro de 1996

© IPQ reprodução proibida

Instituto Português da **Q**ualidade

Rua C 3 Avenida dos Três Vales  
2825 MONTE DA CAPARICA  
Te: 101 294 81 00  
Fax: (01) 294 81 01

# NORMA PORTUGUESA

NP

ENV 206

Errata 2

1996

## Betão

Comportamento, produção, colocação e critérios de conformidade

## Béton

Performances, production, mise en oeuvre et critères de conformité

## Concrete

Performance, production, placing and compliance criteria

### ERRATA

	<u>Onde se lê:</u>	<u>Deve ler-se:</u>
- Pág. 22 (Quadro 8)	(N/mm = Mpa)	(N/mm <sup>2</sup> = Mpa)
- Pág. 31 (secção 10.6.5)	5 N/m <sup>2</sup>	5 N/mm <sup>2</sup>
- Pág. 45 (segunda linha)	$\bar{X}_n \geq f_{ck} + S_n$	$\bar{X}_n \geq f_{ck} + \lambda S_n$
- Quadro 19 (no próprio quadro)	K	k

# NORMA PORTUGUESA

NP

ENV 206

ERRATA

1993

Betão

Comportamento, produção, colocação e critérios de conformidade

Béton

Performances, production, mise en oeuvre et critères de conformité

Concrete

Performance, production, placing and compliance criteria

## ERRATA

- Pág. 31 (secção 10.6.5)

ONDE SE LÊ

5 N/m<sup>2</sup>

DEVE LER-SE

5 N/mm<sup>2</sup>

-Pág. 45  
segunda linha

ONDE SE LÊ

$\bar{X}_n \geq f_{ck} + S_n$

DEVE LER-SE

$\bar{X}_n \geq f_{ck} + \lambda S_n$

quadro 19  
(no próprio quadro)

K

k

**NA 11.2.1** Generalidades

Os ensaios realizados no quadro do controle da produção que podem ser considerados para o controle de conformidade, quando este for exigido, serão definidos por acordo prévio.

**NA 11.2.2.1** Controle dos materiais constituintes, equipamento, processo de fabrico e propriedades do betão

No Quadro 14 - Controle dos materiais, o ensaio previsto na linha 6 e a preparação dos provetes para o ensaio previsto na linha 14 para água de amassadura devem ser feitos de acordo com a NP 955 - Inertes para argamassas e betões. Determinação da baridade, e NP 1383 - Betões. Preparação de provetes para ensaios de compressão e de flexão, respectivamente.

No Quadro 16 os ensaios previstos devem ser feitos de acordo com as normas referidas nas secções deste NA a seguir indicadas:

linha 6 (Consistência do betão) .....	NA 7.2.1
linha 7 (Massa volúmica do betão fresco compactado) .....	NA 7.2.3
linha 8 (Resistência à compressão) .....	NA 7.3.1.1
linha 14 (Teor de ar do betão fresco) .....	NA 7.2.2

Na linha 17, as outras características serão, quando acordado, as referidas no NA 8.2.3.

**NA 11.2.2.2** Controle do betão pelo empreiteiro quando se utiliza o betão pronto

No Quadro 17, as Normas Portuguesas aplicáveis nas determinações previstas nas linhas 3, 8 e 9 são as indicadas no NA 11.2.2.1 referente ao Quadro 16, nas linhas 6, 8 e 14 respectivamente; na linha 10 as outras características serão, quando acordado, as referidas no NA 8.2.3.

**NA 11.3.4** Responsabilidade pela amostragem

A responsabilidade cabe primeiro ao organismo de certificação, se existir; caso contrário, caberá ao dono da obra ou ao empreiteiro conforme for assente em acordo prévio. O fabricante será responsável pela amostragem do seu autocontrole.

**NA 11.3.5.1.2** Plano de amostragem e critérios de conformidade a adoptar na obra no caso de se utilizar betão fabricado no local

A declaração de conformidade pelo fabricante prevista nesta cláusula é permitida quando o fabricante demonstrar ter um sistema de qualidade satisfazendo as exigências da ENV 206. O dono da obra deverá ter acesso ao controle do fabrico e aos ensaios prévios e definir os lotes ou elementos de betão onde se poderá colocar o betão objecto daquela declaração.

**NA 11.3.5.1.3** Plano de amostragem e critérios de conformidade a adoptar na obra no caso da utilização de betão pronto

Enquanto não houver certificação do betão pronto por um organismo de certificação deverá seguir-se a Opção 1 - Conformidade baseada na amostragem por lotes, conforme estabelecido em 11.3.5.1.2, com a amostragem feita no local.

A preparação dos provetes deve ser feita de acordo com a NP 1383 - Betões. Preparação de provetes para ensaios de compressão e de flexão.

**NA 7.3.1.2 Resistência à tracção**

A resistência à tracção por flexão do betão deve ser determinada de acordo com a especificação LNEC E 227 - Betão. Ensaio de flexão, e a preparação dos provetes de acordo com a NP 1383 - Betões. Preparação de provetes para ensaios de compressão e de flexão.

**NA 7.3.1.4 Resistência à abrasão**

A resistência à abrasão do betão deve ser determinada de acordo com a especificação LNEC E 396 - Betões. Determinação da resistência à abrasão.

**NA 8.2.3 Elementos adicionais se requeridos por condições especiais**

Podem especificar-se ainda os seguintes requisitos técnicos adicionais para o betão endurecido:

- resistência à penetração de cloretos, a determinar de acordo com as especificações LNEC E 383 - Betões. Determinação da resistência à penetração de cloretos. Método da célula de difusão, ou da especificação LNEC E 390 - Betões. Determinação da resistência à penetração de cloretos. Ensaio de imersão;
- absorção capilar, a determinar de acordo com a especificação LNEC E 393 - Betões. Determinação da absorção de água por capilaridade, ou LNEC E 394 - Betões. Determinação da absorção de água por imersão. Ensaio à pressão atmosférica, ou ainda LNEC E 395 - Betões. Determinação da absorção de água por imersão. Ensaio no vácuo;
- permeabilidade ao oxigénio, ao ar e à água a determinar de acordo com as especificações LNEC E 392 - Betões. Determinação da permeabilidade ao oxigénio, e LNEC E 413 - Betões. Determinação da permeabilidade ao ar e à água. Método de Figg;
- volume de vazios, a determinar de acordo com a especificação LNEC E 387 - Betões. Caracterização de vazios por métodos microscópicos;
- resistência à carbonatação, a determinar de acordo com a especificação LNEC E 391 - Betões. Determinação da resistência à carbonatação.
- módulo de elasticidade, a determinar de acordo com a especificação LNEC E 397 - Betões. Determinação do módulo de elasticidade em compressão;
- retracção e fluência, a determinar de acordo com as especificações LNEC E 398 - Betões. Determinação da retracção e da expansão, e LNEC E 399 - Betões. Determinação da fluência em compressão.

O controle destas exigências pode ser complementado com uma análise petrográfica do betão feita segundo a especificação LNEC E 388 - Betões. Análise macro e micro-estrutural. Exame petrográfico.

**NA 9.1.2.2 Equipamento de dosagem**

A precisão do equipamento de medição é a indicada no Quadro 10, por não existir normativo nacional.

**NA 10.3.2 Guia de remessa no caso do betão pronto**

A compactação do betão prevista na nota 11 do pé de página é feita de acordo com a NP 1383 - Betões. Preparação de provetes para ensaios de compressão e de flexão.



- a utilização de água de amassadura refrigerada;
- a pintura dos silos e instalações de betonagem com cor branca, se não forem protegidos do sol;
- a utilização de azoto líquido durante a amassadura.

**NA 6.2.2** Requisitos de durabilidade relacionados com as condições ambientais  
As recomendações inseridas no Quadro 3 referentes a tipos de cimentos, a dosagens de cimento e a razões água/ligante estão contempladas como se referiu em NA 5.3 na especificação LNEC E 378 - Betão. Guia para a utilização de ligantes hidráulicos.

Os cimentos resistentes aos sulfatos são cimentos de composição apropriada, não abrangidos em geral pela NP 2064, pelo que serão apenas produzidos sob contrato. Neste caso, o ensaio para determinação desta resistência deve fazer-se de acordo com a especificação LNEC E 251 - Inertes para argamassas e betões. Ensaio de reactividade com os sulfatos em presença do hidróxido de cálcio. O cimento ou o ligante será conforme se respeitar o valor limite estabelecido no ponto 9 da referida especificação, devendo o ensaio ser feito com inertes de comprovada resistência aos sulfatos.

Na determinação da resistência dos inertes ao gelo devem verificar-se as exigências da Nota 2 da especificação LNEC E 373 - Inertes para argamassas e betões. Características e verificação da conformidade.

Não está fixada exigência adicional de classe de resistência mínima para o betão como requisito de durabilidade às condições ambientais.

#### **NA 7.2.1** Consistência

Para a determinação da consistência do betão fresco, são aplicáveis as seguintes Normas Portuguesas:

NP 87 - Consistência do betão. Ensaio de abaixamento;

NP 414 - Consistência do betão. Ensaio de espalhamento;

e a especificação:

LNEC E 228 - Betão. Determinação da trabalhabilidade Vêbê.

#### **NA 7.2.2** Teor de ar

O teor de ar do betão fresco deve ser determinado de acordo com a NP 1386 - Betões. Determinação do teor de ar do betão fresco. Processo pneumático.

#### **NA 7.2.3** Massa volúmica do betão fresco compactado

A massa volúmica do betão fresco compactado deve ser determinada de acordo com a NP 1384 - Betões. Determinação da massa volúmica do betão fresco.

#### **NA 7.2.4** Razão água/cimento e dosagem de cimento

A determinação experimental, no betão fresco, da razão água/cimento e da dosagem de cimento deve ser feita de acordo com NP 1385 - Betões. Determinação da composição do betão fresco. No betão endurecido estas determinações podem ser feitas de acordo com a especificação LNEC E 388 - Betões - Análise macro e micro-estrutural. Exame petrográfico.

#### **NA 7.3.1.1** Resistência à compressão

A resistência à compressão do betão deve ser determinada de acordo com a especificação LNEC E 226 - Betão. Ensaio de compressão.

prNP 4243 - Cinzas volantes para betão. Definições, especificações e controle da qualidade;

NP 4220 - Pozolanas para betão. Definições, especificações e verificação da conformidade;

LNEC E 375 - Escória granulada de alto forno moída para betões. Características e verificação da conformidade;

LNEC E 376 - Filer calcário para betões. Características e verificação da conformidade;

LNEC E 377 - Silica de fumo para betões. Características e verificação da conformidade.

Os métodos de ensaio para determinação das propriedades das cinzas volantes constam dos seguintes documentos normativos:

prNP 4241 - Métodos de ensaio de cinzas volantes. Teor de óxido de cálcio livre;

prNP 4242 - Métodos de ensaio de cinzas volantes. Finura por peneiração húmida.

Os métodos de ensaio para determinação das propriedades das pozolanas, da escória granulada de alto forno moída, do filer calcário e da sílica de fumo constam da NP 4220 e das especificações LNEC E 375, 376 e 377, respectivamente.

#### **NA 5.2** Estrutura do betão

A compactação dos provetes deve ser feita de acordo com a NP 1383 - Betões. Preparação de provetes para ensaios de compressão e de flexão.

A determinação do teor de ar no betão endurecido pode ser feita de acordo com a Especificação LNEC E 387 - Betões. Caracterização de vazios por métodos microscópicos.

#### **NA 5.3** Tipos de cimento, dosagem de cimento e razão água/cimento

As orientações gerais para a escolha de cimentos e de ligantes constituídos por cimentos e adições, sua dosagem e razões água/ligante são apresentadas na especificação LNEC E 378 - Betões. Guia para a utilização de ligantes hidráulicos.

#### **NA 5.5** Teor de cloretos do betão

O teor de cloretos do betão é, no máximo, o indicado no Quadro 1 para o betão simples, armado e pré-esforçado, por não existir normativo nacional. Não devem ser utilizados adjuvantes à base de cloretos.

#### **NA 5.7** - Resistência à reacção álcalis-sílica

As Normas Portuguesas para determinar a resistência à reacção álcalis-sílica dos inertes são a NP 1381 - Inertes para argamassas e betões - Ensaio de reactividade potencial com os álcalis do ligante. Processo da barra de argamassa, e a especificação LNEC E 159 - Agregados. Determinação da reactividade potencial. A Norma para determinar os álcalis do cimento é a NP EN 196-21, referida na NP 2064 em 4.1.

#### **NA 5.9** Adições

As Normas Portuguesas aplicáveis são atrás referidas na cláusula NA 4.5.

#### **NA 5.10** Temperatura do betão

Entre as medidas especiais mais importantes para manter a temperatura do betão, no momento da colocação, inferior a 30°C, contam-se:

- o sombreamento das pilhas de inertes, eventualmente acompanhado de molhagem;
- a refrigeração dos inertes por rega com água a temperatura próxima dos 0° C;

**NA 2.4** Outras referências

Os Eurocódigos n.ºs 2 e 4 foram aprovados em Dezembro de 1991 e Abril de 1992, respectivamente como pré-normas europeias: ENV 1992-1-1 - Eurocódigo 2: Projecto de estruturas de betão. Parte 1 - Regras gerais e regras para edifícios; ENV 1994-1-1 - Eurocódigo 4: Projecto de estruturas mistas aço - betão. Parte 1 - Regras gerais e regras para edifícios.

**NA 3** Definições

Na NP ENV 206 entende-se que o fabrico do betão é a fase da sua produção até à descarga da betoneira, incluindo os requisitos respeitantes a pessoal, equipamento e instalações, como referido na secção 9.

**NA 4.1** Cimentos

Os cimentos portugueses são fabricados e comercializados de acordo com as seguintes Normas Portuguesas:

NP 2064 - Cimentos. Definições, composição, especificações e critérios de conformidade;

NP 2065 - Cimentos. Condições de fornecimento e recepção.

A NP 2064 está harmonizada com a pré-norma europeia ENV 197-1:1992 referida no NA 2.2. As normas de ensaio para determinação das propriedades físicas e químicas dos cimentos constam da NP 2064.

Quando for necessário determinar o calor de hidratação do cimento, o ensaio deve ser realizado de acordo com a especificação LNEC E 88 - Cimentos. Determinação do calor de hidratação.

**NA 4.2** Inertes

As propriedades dos inertes para argamassas e betões e os requisitos a satisfazer são indicados na especificação LNEC E 373 - Inertes para argamassas e betões. Características e verificação da conformidade.

Os métodos de ensaio para determinação daquelas características constam das Normas ou especificações referidas naquela especificação LNEC.

**NA 4.3** Água de amassadura

As propriedades da água de amassadura para betões e os requisitos a satisfazer são indicadas na especificação LNEC E 372 - água de amassadura para betões. Características e verificação da conformidade.

Os métodos de ensaio para determinação daquelas características constam das Normas ou especificações referidas naquela especificação LNEC.

**NA 4.4** Adjuvantes

As propriedades dos adjuvantes para betões e os requisitos a satisfazer são indicados na especificação LNEC E 374 - Adjuvantes para betões. Características e verificação da conformidade.

Os métodos de ensaio para determinação daquelas características dos adjuvantes constam dos documentos normativos referidos naquela especificação LNEC.

**NA 4.5** Adições

As adições consideradas são cinzas volantes, pozolanas, escória granulada de alto forno, filer calcário e sílica de fumo. As propriedades e os requisitos a satisfazer constam dos seguintes documentos:

## **Anexo NA (Anexo Nacional)**

### **Introdução**

Este Anexo Nacional da NP ENV 206 - «Betão. Comportamento, produção, colocação e critérios de conformidade» referencia o acervo normativo português que suporta aquela norma, fornecendo um guia para a sua aplicação e esclarece (a) «as exigências das normas nacionais ou regulamentações em vigor no local de aplicação do betão» que a ENV 206 contem, (b) «a indicar as normas nacionais em contradição com a ENV 206 que podem ser mantidas em vigor» e (c) «a utilização de métodos de ensaio nacionais» que a ENV 206 admite durante a sua vigência. Ao longo do texto da NP ENV 206, chama-se a atenção para este NA com um asterisco entre parêntesis(\*)).

As cláusulas deste Anexo NA (Anexo Nacional) tem a mesma numeração que as da NP ENV 206, mas estão precedidas das letras NA.

#### **NA 1.2 Campo de aplicação**

As disposições desta Norma aplicam-se também a estruturas simples de pouca importância.

#### **NA 2.2 Referências obrigatórias**

Norma Europeia EN 196-7 - Méthodes d'essai des ciments - Partie 7 - Méthodes de prélèvement et d'échantillonnage du ciment, corresponde, desde 1990, a Norma Portuguesa NP EN 196-7 - Métodos de ensaio de cimentos - Parte 7 - Métodos de colheita e preparação de amostras de cimento.

Os três projectos de pré-normas europeias de cimentos ENV 197-1, ENV 197-2 e ENV 197-3 foram, em Junho de 1989, reunidos apenas num único projecto de pré-norma, prENV 197 - Ciments: composition, specifications et critères de conformité. Em Junho de 1992 este projecto deu origem à pré-norma europeia ENV 197 - Ciment. Composition, specification et critères de conformité - Partie 1 - Ciment courant.

A algumas normas ISO correspondem Normas ou especificações portuguesas, a saber:

- a) ISO 1920:1976; ISO 2736/1:1986 e ISO 2736/2:1986 que correspondem à NP 1383 - Betões. Preparação de provetes para ensaios de compressão e de flexão;
- b) ISO 4012:1978, que corresponde à especificação LNEC E 226 - Betão. Ensaio de compressão;
- c) ISO 4013:1978, que corresponde à especificação LNEC E 227 - Betão. Ensaio de flexão;
- d) ISO 4848:1980, que corresponde à NP 1386 - Betões. Determinação do teor de ar do betão fresco. Processo pneumático.

#### **NA 2.3 Referências opcionais**

De acordo com a secção 2.1, as normas indicadas na secção 2.3 podem ser substituídas pelas normas equivalentes do acervo normativo português, as quais são indicadas neste NA nas correspondentes secções.

As normas europeias EN 45011 e EN 45014 são já Normas Portuguesas:

NP EN 45011 - Critérios gerais de aceitação de organismos de certificação de produtos;

NP EN 45014 - Critérios gerais de declaração de conformidade do fornecedor

**Anexo A****Modificações dos documentos de referência****A.1 - ISO 1920 Éprouvettes: dimensions, tolérances**

Cláusula 2: Adicionar no final do 2.º parágrafo: «A gama completa de tamanhos e tipos de provetes não estará disponível em todos os países».

**A.2 - ISO 2736 Partie 2: Confection et conservation d'éprouvettes pour essais de résistance.**

Cláusula 3.2: Eliminar «(opcional)» no título; introduzir um 2.º parágrafo: «Em caso de dúvida, os valores obtidos em ensaios utilizando um quadro de enchimento devem ser considerados relevantes.»

Cláusula 5.1: Incluir no 2.º parágrafo: «Um quadro de enchimento deve ser utilizado para provetes compactados por vibração (de acordo com 3.3a e 3.3b). A altura de betão no quadro de enchimento após compactação não deve exceder 10% da altura do provete.»

Cláusula 5.2.1: Acrescentar «quando se utiliza um betão altamente fluído (abaixamento S4 ou Vêbê V4), pode ser necessário adaptar o método de compactação à consistência do betão».

Cláusula 6: Incluir uma indicação do tempo de cura (período entre a moldagem e o ensaio).

**A.3 - ISO 4012 - Résistance à la compression**

Cláusula 2: Indicar mais precisamente: «ISO 2736 Partie 1 et Partie 2».

Cláusula 6: Depois do 5.º parágrafo: «A velocidade de carga convém ser escolhida de modo que o ensaio demore cerca de 60 segundos».

Em vez do 6.º parágrafo: «Continuar o carregamento até à rotura do provete com a carga escolhida e anotar a carga máxima».

Cláusula 7: Acrescentar «Ignorar a ISO 1920 cláusula 5 e basear a expressão dos resultados dos ensaios nas dimensões reais do provete de ensaio, com a aproximação ao milímetro».

**A.4 - ISO 4013 - Résistance à la flexion**

Cláusula 6, 2.º parágrafo: em vez de «Uma vez ajustado, ...» introduzir: «A velocidade de carga convém ser escolhida de tal modo que o ensaio demore cerca de 60 segundos. Continuar o carregamento até à rotura do provete com a velocidade de carga escolhida e anotar a carga máxima».

**A.5 - ISO 7031 - Résistance à la pénétration de l'eau**

Cláusula 4, 2.º parágrafo: Em vez da referência à ISO 2736, Parte 1, deve ler-se: «O provete deve ser curado e conservado dentro de água até ao ensaio».

Podem existir valores individuais inferiores, mas não mais que 5% do valor especificado.

**11.3.10.** Plano de amostragem e critérios de conformidade para o teor de ar do betão fresco

A frequência de amostragem deve ser pelo menos de uma vez por dia ou de uma vez por 150 m<sup>3</sup> de betão, tomando-se a frequência maior.

Admite-se a conformidade se os teores de ar individuais das amostras forem superiores ao valor especificado, mas não mais de 3%, a não ser que se acorde de outro modo.

**11.3.11.** Plano de amostragem e critérios de conformidade para a penetração da água

A frequência da amostragem e dos ensaios deve ser previamente acordada.

Admite-se a conformidade se os valores máximo e médio da profundidade de penetração em cada amostra não forem superiores aos valores dados em 7.3.1.5.

Podem ser aceites os resultados do controle de fabrico, quando feito de acordo com o Quadro 16.

**11.3.12.** Plano de amostragem e critérios de conformidade para o teor de cloretos

A frequência e os métodos de determinação devem ser previamente acordados.

Os métodos mais adequados são:

- a) cálculos baseados na medição do teor de cloretos dos constituintes;
- b) cálculos baseados no teor máximo nominal de cloretos dos constituintes;
- c) ensaios de determinação dos cloretos sobre o betão fresco.

Os valores obtidos não devem exceder os valores máximos indicados no Quadro 1 (cláusula 5.5).

A determinação deve ser feita no cálculo de cada composição e deve ser repetida se houver alteração no teor de cloretos de qualquer dos constituintes.

**11.3.6. Plano de amostragem e critérios de conformidade para a consistência do betão**

Deve ser feita uma inspeção visual de cada amassadura ou carregamento, ou, no caso de betão pronto, de cada entrega.

Se o betão tem uma aparência normal para a consistência especificada poder-se-á considerar conforme.

Quando se colher uma amostra para o ensaio de consistência, esta deve ser representativa da amassadura, carregamento ou entrega. Admite-se a conformidade se a consistência pertencer à classe de consistência especificada, a não ser que se acorde de outro modo.

**11.3.7. Plano de amostragem e critérios de conformidade para a massa volúmica do betão leve**

A frequência de amostragem deve ser igual à da resistência à compressão.

Admite-se a conformidade se o valor médio da massa volúmica do material seco em estufa pertencer à classe de massa volúmica especificada (Quadro 9).

**11.3.8. Plano de amostragem e critérios de conformidade para a razão água/cimento**

Deve ser feita pelo menos uma determinação da razão A/C por dia de betonagem.

Podem ser aceites os resultados do controle de fabrico, quando feito de acordo com o Quadro 16. Contudo, devem ser colhidas amostras em caso de dúvida.

Admite-se a conformidade se o valor médio da razão água/cimento não for superior ao valor especificado e se os valores individuais não excederem o valor especificado em mais de 0,02.

Pode considerar-se que o betão satisfaz as exigências da máxima razão água/cimento se estiver conforme com a classe de resistência aplicável do betão, função da classe de resistência do cimento, como indicado no Quadro 20. O Quadro 20 não se aplica se forem utilizadas adições do tipo II ou agentes introdutores de ar.

Pode ser necessário usar outras relações para além das indicadas no Quadro 20, p.ex., em consequência da natureza dos inertes utilizados. Essas relações podem ser aplicadas se estiverem documentadas e verificadas por ensaios.

**Quadro 20 - Classes de resistência do betão relacionadas com a razão água/cimento**

Classe de resistência do cimento	Razão água/cimento				
	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45
CE 32,5	C 20/25	C 25/30	C 30/37	C 35/45	C 40/50
CE 42,5	C 25/30	C 30/37	C 35/45	C 40/50	C 45/55

**11.3.9. Plano de amostragem e critérios de conformidade para a dosagem de cimento**

A frequência da amostragem e das determinações deve ser previamente acordada.

Admite-se a conformidade se o valor médio da dosagem de cimento for igual ou superior ao especificado.

A resistência, em MPa, deve satisfazer as seguintes condições:

$$\bar{X}_n \geq f_{ck} + S_n$$

$$X_{\min} \geq f_{ck} - k$$

onde:

$X_{\min}$  é o menor valor individual do conjunto de amostras;

$\bar{X}_n$  é a resistência média do conjunto de amostras;

$S_n$  é o desvio padrão das resistências do conjunto de amostras;

$f_{ck}$  é a resistência característica especificada para o betão;

$\lambda$  e  $k$  são valores indicados no Quadro 19 de acordo com o número  $n$  de amostras do conjunto.

### Critério 2

Este critério aplica-se quando a conformidade é verificada através da consideração de três amostras cujas resistências são  $x_1$ ,  $x_2$  e  $x_3$ .

A resistência de uma amostra deve ser o resultado do ensaio de um provete ou a média dos resultados quando se moldam dois ou mais provetes de uma amostra.

A resistência, em MPa, deve satisfazer as seguintes condições:

### **Quadro 19 - Valores de $\lambda$ e $k$**

n	$\lambda$	K
6	1.87	3
7	1.77	3
8	1.72	3
9	1.67	3
10	1.62	4
11	1.58	4
12	1.55	4
13	1.52	4
14	1.50	4
15	1.48	4

$$\bar{X}_3 \geq f_{ck} + 5$$

$$X_{\min} \geq f_{ck} - 1$$

onde:

$\bar{X}_3$  é a resistência média das amostras.



**11.3.5.2.** Plano de amostragem e critérios de conformidade a adoptar no fabrico contínuo de betão em centrais de betão pronto

A verificação da conformidade de acordo com esta cláusula convém servir de base para o contrato entre o fabricante de betão pronto e o empreiteiro.

A amostragem deve fazer-se em cada família de betão (ver 11.2.2.3.) fabricado em condições consideradas uniformes, com base no volume total ou no tempo de fabrico, como indicado no Quadro 18, tomando-se o valor que conduza a um maior número de amostras.

Admite-se a conformidade se os resultados dos ensaios satisfizerem os requisitos do critério 1.

Se forem satisfatórios os resultados de mais de 15 ensaios durante o fabrico de um tipo ou de uma família de betão (ver cláusula 11.2.2.3) só têm que ser considerados os últimos 15 resultados.

**Quadro 18 - Número de amostras para o controle da conformidade**

Classe de resistência	Número de amostras	
$\leq C 20/25$	1 por 150 m <sup>3</sup> de betão mas não mais de 6 amostras por dia a não ser que seja especificado outro valor	1 por dia
$> C 20/25$	1 por 75 m <sup>3</sup> de betão mas não mais de 15 amostras por dia, a não ser que seja especificado outro valor	

**11.3.5.3.** Plano de amostragem e critérios de conformidade a adoptar no fabrico contínuo de betão em fábricas de prefabricação

Convém que a verificação da conformidade segundo esta cláusula sirva de base para o contrato entre o fabricante e o empreiteiro ou o dono da obra, respectivamente.

Desde que a fábrica funcione com o esquema de certificação verificado por um organismo de certificação aprovado, deve aplicar-se o plano de amostragem e os critérios de conformidade de 11.3.5.2.; nos outros casos, deve aplicar-se 11.3.5.1.

**11.3.5.4.** Critérios de conformidade para a resistência à compressão

**Critério 1**

Este critério aplica-se quando a conformidade é verificada através da consideração de 6 ou mais amostras consecutivas, cujas resistências são  $x_1, x_2 \dots x_n$ .

A resistência de uma amostra deve ser o resultado do ensaio de um provete ou a média dos resultados quando se moldam dois ou mais provetes de uma amostra.

Admite-se a conformidade se os resultados dos ensaios satisfizerem:

- o critério 1 da cláusula 11.3.5.4 no caso de 6 ou mais amostras;
- o critério 2 da cláusula 11.3.5.4 no caso de 3 amostras.

Quando as normas nacionais ou as regulamentações em vigor no local de aplicação do betão o permitirem (\*), pode ser suficiente uma declaração de conformidade pelo fabricante conforme a EN 45014, desde que:

- exista um controle de fabrico satisfazendo as exigências;
- os ensaios prévios tenham dado resultados satisfatórios;
- a classe de resistência especificada para o betão não seja superior a C20/25;
- os lotes sejam inferiores a 150m<sup>3</sup> ou os elementos de betão sejam de menor importância para a segurança da estrutura.

**11.3.5.1.3.** Plano de amostragem e critérios de conformidade a adoptar na obra no caso de utilização de betão pronto

Para definir o plano de amostragem e os critérios de conformidade a adoptar na obra no caso em que se usar o betão pronto são possíveis duas opções. A opção a usar depende das normas nacionais ou regulamentações em vigor no local de aplicação do betão ou, se tais regulamentações não existirem, de um acordo (\*).

Opção 1 - Conformidade baseada na amostragem por lotes

Aplicar-se-ão o plano de amostragem e os critérios de conformidade estabelecidos em 11.3.5.1.2. A amostragem deve sempre fazer-se no local.

Quando a conformidade do betão pronto fornecido já tiver sido verificada por um organismo de certificação (caso 1, cláusula 11.3.3.1) e se a verificação se baseou em pelo menos 15 resultados de ensaios, então, para a verificação da conformidade no local:

- para um número de amostras  $n \geq 6$ , utilizando o critério 1 da cláusula 11.3.5.4, pode tomar-se  $\lambda = 1,48$ ;
- no caso de 3 amostras, utilizando o critério 2, a resistência deve satisfazer as seguintes condições:

$$\bar{X}_3 \geq f_{ck} + 3 \text{ }^{13)}$$

$$X_{\min} \geq f_{ck} - 1 \text{ }^{13)}$$

Opção 2 - Conformidade baseada numa certificação do betão

Para um determinado local, não é necessário amostragem nem ensaios de conformidade desde que:

- a conformidade do betão pronto fornecido seja verificada de acordo com a cláusula 11.3.5.2 por um organismo de certificação;
- existam resultados satisfatórios de ensaios de amostras colhidas no decurso do fabrico e existam disponíveis no local amostras de betão pronto do fornecedor, retiradas da mesma família de betão durante os últimos 7 dias de fabrico.

<sup>13)</sup> Para os símbolos ver a cláusula 11.3.5.4.

(\*) Ver Anexo NA (Anexo Nacional)

devem ser efectuadas pelo dono da obra ou pelo seu representante, com pessoal devidamente qualificado. Deve-se verificar se os ensaios de controle do fabrico são adequados às propriedades exigidas ao betão, (ver 11.3.5 a 11.3.12).

Como parte desta verificação o dono da obra pode ensaiar amostras, por ele colhidas, para confirmar os resultados do controle do fabrico.

Este caso também pode ser aplicado - mesmo quando exista um sistema de certificação aprovado mas não aplicável ao betão em questão - ao betão fabricado na obra e aplicado em estruturas onde o risco de vida e as consequências económicas são pequenas ou negligenciáveis e com classes de resistência não superiores a C20/25.

#### **11.3.3.3. Ensaios de recepção**

Mesmo quando existe um organismo de certificação (caso 1) o dono da obra pode solicitar ensaios de recepção. Neste caso deve ser acordada a amostragem para os ensaios de recepção.

#### **11.3.4. Responsabilidade pela amostragem**

A responsabilidade do fabricante, do empreiteiro, do dono da obra ou do organismo de certificação pela amostragem depende das normas nacionais ou das regulamentações em vigor no local de aplicação do betão (\*).

#### **11.3.5. Plano de amostragem e critérios de conformidade para a resistência à compressão do betão**

##### **11.3.5.1. Plano de amostragem e critérios de conformidade a adoptar na obra.**

##### **11.3.5.1.1. Generalidades**

Convém que a verificação da conformidade de acordo com esta cláusula sirva de base para o contrato entre o fornecedor e o dono da obra.

Para julgar a conformidade da resistência do betão, o volume de betão utilizado na estrutura, no elemento estrutural, etc., deve ser dividido em lotes nos quais é verificada a conformidade. O volume total de betão de um lote deve ser fabricado em condições consideradas uniformes (mesma família, conforme definido em 11.2.2.3.). A dimensão dum lote deve ser:

- o betão fornecido para cada andar de um edifício ou grupo de vigas/lajes ou colunas/paredes de um andar de um edifício, ou partes comparáveis de outras estruturas;
- sempre inferior a 450 m<sup>3</sup> ou à produção de uma semana de betonagem (tomando-se o menor destes valores).

No caso de ensaios de recepção pelo dono da obra (11.3.3.3.) o lote deve ser definido pelo dono da obra.

##### **11.3.5.1.2. Plano de amostragem e critérios de conformidade a adoptar na obra no caso de se utilizar betão fabricado no local**

Por cada lote, devem tomar-se pelo menos 6 amostras colhidas separadamente. Se se pretender colher mais do que 6 amostras por lote, tal deve ser acordado antes de começar o fabrico do betão.

Quando se pretender julgar betões de classes de resistência não superiores a C20/25 e de pequenos lotes até 150 m<sup>3</sup>, podem tomar-se 3 amostras colhidas separadamente.

(\*) Ver Anexo NA (Anexo Nacional)

Quadro 17 - Controle do betão pronto pelo empreiteiro

	Assunto	Inspecção/Ensaio	Finalidade	Frequência mínima
1	Guia de remessa	Inspecção visual	Assegurar que a entrega corresponde ao especificado (1)	Cada entrega
2		Inspecção visual	Comparar com a aparência normal	Cada entrega
3	Consistência do betão	Ensaio de consistência de acordo com a ISO 4109 ou ISO 4110 ou ISO 4111 ou ISO 9812 (*)	Avaliar a conformidade com a classe de consistência requerida	i) Ao moldar provetes para ensaio de betão endurecido ii) Em caso de dúvida após inspecção visual
4		Inspecção visual	Comparação com a aparência normal	Cada entrega
5	Uniformidade do betão	Ensaio de comparação de propriedades de amostras colhidas em partes diferentes da amassadura	Avaliar a uniformidade da amassadura	Em caso de dúvida, após inspecção visual
6	Aspecto geral do betão	Inspecção visual	Comparar com a aparência normal, p.ex., cor	Cada entrega
7	Controle de fabrico do fornecedor do betão	Verificação de que o fabrico está controlado através do certificado de um organismo de certificação; caso contrário, inspecção da central de betão pronto	Assegurar que o controle de fabrico é efectuado	i) Primeiro contrato com novo fornecedor ii) Em caso de dúvida
8	Resistência à compressão do betão amostrado na obra	Ensaio de acordo com ISO 4012 (*)	Avaliar a resistência à compressão da composição	Exigida pelo controle da conformidade, ver 11.3.
9	Teor de ar do betão fresco para a composição com teor de ar especificado	Ensaio no local de acordo com ISO 4848 (*)	Avaliar a conformidade com o teor de ar requerido	i) Exigida pelo controle da conformidade ii) Pelo menos diariamente ou com mais frequência dependendo das influências ambientais iii) Em caso de dúvida
10	Outras características	De acordo com as normas aplicáveis ou a acordar (*)	Avaliar a conformidade com as características requeridas	A acordar

(1) Ver secção 8.

(\*) Ver Anexo NA (Anexo Nacional)

## Quadro 16 - (continuação)

12	Dosagem de adições no betão fresco	Registo da quantidade de adições utilizadas (1)	Verificar a dosagem de adições	Cada amassadura
13	Razão água/cimento no betão fresco (2)	Dividindo (3)+(4)++(10) por (11) ou por meio de ensaios previamente acordados	Avaliar a razão água/cimento especificada	Diariamente ou mais frequentemente conforme requerido
14	Teor de ar do betão fresco para as composições com teor de ar especificado	Ensaio de acordo com ISO 4848 (*)	Avaliar a conformidade com o teor de ar introduzido que foi prescrito	Para misturas com teor de ar introduzido: i) Pelo menos diariamente na primeira amassadura ii) Mais frequentemente dependendo das condições de produção e das influências ambientais
15	Uniformidade	Ensaio de comparação de propriedades de amostras colhidas em diferentes partes da amassadura	Avaliar a uniformidade da amassadura	Em caso de dúvida
16	Penetração de água	Ensaio de acordo com ISO 7031 (*)	Avaliar a resistência à penetração da água	Ensaio inicial; frequência subsequente a acordar
17	Outras características	De acordo com normas aplicáveis ou a acordar	Avaliar a conformidade com as características requeridas	A acordar

(1) Esta informação pode ser obtida recorrendo ao catálogo de composição de betão de acordo com 10.3.1 ou às instruções referente à amassadura de acordo com 9.2.  
(2) Veja-se a nota (2) do Quadro 3.

(\*) Ver Anexo NA (Anexo Nacional)

**Quadro 16 - Controle do processo de fabrico e das propriedades do betão**

	Tipo de ensaio	Inspeção/Ensaio	Finalidade	Frequência mínima
1	Dosagens da composição especificada	Ensaio inicial	Demonstrar que as propriedades especificadas se verificam com uma margem adequada	Antes de utilizar uma nova composição se não existirem resultados de uma experiência a longo prazo
2	Teor de cloretos na amassadura	Determinação inicial (ver 11.3.12.)	Assegurar que o teor máximo de cloretos não é excedido	Ensaio inicial e no caso de alteração do teor de cloretos dos constituintes
3	Teor de água dos inertes grossos	Ensaio de secagem ou equivalente	Determinar a água suplementar a adicionar	Se não for contínua, diariamente. Conforme as condições locais e meteorológicas, podem ser necessários ensaios com maior ou menor frequência
4	Teor de água das areias	Sistema de medição contínua, ensaio de secagem ou equivalente	Determinar a água suplementar a adicionar	Se não for contínua, diariamente. Conforme as condições locais e meteorológicas, podem ser necessários ensaios com maior ou menor frequência
5		Inspeção visual	Comparar com a aparência normal	Cada amassadura ou carga
6	Consistência do betão	Ensaio de consistência de acordo com ISO 4109 ou ISO 4110 ou ISO 4111 ou ISO 9812 (*)	Avaliar a conformidade com a classe de consistência requerida e verificar as variações possíveis da dosagem de água	i) Ao moldar provetes para ensaio do betão endurecido ii) Quando se determina teor de ar iii) Em caso de dúvida após inspeção visual
7	Massa volumétrica do betão fresco, leve ou pesado	Ensaio de acordo com ISO 6276 (*)	Supervisar o controle da amassadura e da massa específica do betão leve e do betão pesado	Igual à dos ensaios de resistência à compressão
8	Ensaio de resistência à compressão em provetes moldados de betão	Ensaio de acordo com ISO 4012 (*)	Avaliar as propriedades de resistência da composição	A necessária para o controle da conformidade (ver 11.3.) mas não menos da que é indicada no Quadro 18
9	Massa volumétrica de betão endurecido leve ou pesado	Ensaio de acordo com ISO 4012 (*)	Avaliar a massa volumétrica especificada	Igual à dos ensaios de resistência à compressão
10	Dosagem de água adicionada ao betão fresco	Registo da quantidade de água adicionada (1)	Fornecer informações para a razão água/cimento	Cada amassadura
11	Dosagem de cimento do betão fresco	Registo da quantidade de cimento adicionada (1)	Verificar a dosagem de cimento e fornecer informações para a razão água/cimento	Cada amassadura

(continua na página seguinte).

- medidas especiais no caso de betonagem em tempo frio ou em tempo quente;
- medidas especiais sob condições meteorológicas extremas, tais como forte chuva;
- localização das juntas de betonagem;
- tratamento das juntas de betonagem antes do endurecimento do betão;
- operações de acabamento tendo em atenção o acabamento especificado;
- método de betonagem e tempo de cura tendo em atenção as condições ambientais e o desenvolvimento de resistência;
- ausência de danos provocados por vibração ou choques no betão recentemente colocado.

### **11.3. Controle da conformidade**

#### **11.3.1. Generalidades**

O controle da conformidade compreende a combinação de acções e decisões, tomadas de acordo com regras de conformidade previamente adoptadas, necessária para verificar a conformidade de um lote, previamente definido, com as especificações.

#### **11.3.2. Critérios de conformidade**

A conformidade ou não conformidade é julgada com base em critérios de conformidade. A conformidade conduz à aceitação enquanto a não conformidade poderá conduzir a acções posteriores.

A inspecção, a amostragem, o tamanho dos lotes e os critérios de conformidade devem estar de acordo com os procedimentos indicados de 11.3.3. a 11.3.12. Para as propriedades não incluídas nestas cláusulas, os critérios de conformidade devem ser acordados tendo em conta o sistema de verificação e o nível de segurança pretendido para a estrutura de betão ou seus componentes. Se os resultados dos ensaios dos provetes moldados não satisfizerem as exigências de conformidade ou não estiverem disponíveis, ou se os defeitos de execução ou a influência de condições meteorológicas extremas (p.ex., gelo) originarem dúvidas quanto à resistência, durabilidade e segurança da estrutura, podem exigir-se ensaios suplementares em carotes retiradas da estrutura, de acordo com a ISO 7034, ou uma combinação de ensaios em carotes e ensaios não destrutivos na estrutura, p.ex., de acordo com a ISO 8045, a ISO 8046 ou a ISO 8047.

#### **11.3.3. Sistemas de verificação**

O controle da conformidade para centrais de betão pronto, fábricas de préfabricação ou estaleiros, deve ser verificado por um dos sistemas a seguir indicados.

##### **11.3.3.1. Caso 1 - Verificação por um organismo de certificação**

A verificação da conformidade é realizada por um organismo de certificação, p. ex., conforme definido na EN 45011, para verificar que a produção está submetida a um controle da produção de acordo com 11.2 e que os resultados dos ensaios deste controle satisfazem as propriedades exigidas ao betão (ver 11.3.5 a 11.3.12). Como parte desta verificação, o organismo de certificação pode ensaiar amostras do fabrico corrente por ele colhidas, para verificação dos resultados do controle de fabrico.

##### **11.3.3.2. Caso 2 - Verificação pelo dono da obra**

Nos casos em que não existe um sistema de certificação aprovado, as verificações

**Quadro 15 - Controle do equipamento**

	Equipamento	Inspeção/Ensaio	Finalidade	Frequência mínima
1	Pilhas de armazenamento, tremonhas, etc.	Inspeção visual	Assegurar a conformidade com as exigências	Uma vez por semana
2	Equipamento de pesagem	Inspeção visual do funcionamento	Assegurar que o equipamento de pesagem está a funcionar correctamente	Diariamente
3		Ensaio de calibração	Assegurar que a precisão está de acordo com o Quadro 10	i) Quando da instalação ii) Pelo menos uma vez por ano
4	Doseadores de adjuvantes	Inspeção visual do funcionamento	Assegurar que o doseador está limpo e funciona correctamente	Primeira amassadura do dia para cada adjuvante
5		Ensaio de calibração	Evitar dosagens erradas	i) Quando da instalação ii) Mensalmente após instalação iii) Em caso de dúvida
6	Contador de água	Comparação da quantidade real com a leitura no indicador	Assegurar a precisão de acordo com o Quadro 10	i) Quando da instalação ii) Mensalmente após instalação iii) Em caso de dúvida
7	Equipamento para medição contínua do teor de água das areias	Comparação do teor real com a leitura no indicador	Assegurar a precisão	i) Quando da instalação ii) Mensalmente após instalação iii) Em caso de dúvida
8	Sistema de doseamento	Comparação da massa real dos constituintes na mistura com a massa pretendida, por um método adequado dependente do sistema de dosagem	Assegurar a precisão do doseamento de acordo com o Quadro 11	i) Quando da primeira instalação ii) Em caso de dúvida nas instalações subsequentes iii) Mensalmente após instalação
9		Inspeção visual	Assegurar que o sistema de doseamento está a funcionar correctamente	Diariamente
10	Equipamento de ensaio	Ensaio de acordo com as normas ou outras regulamentações	Verificar a conformidade	Regularmente, dependendo do equipamento; pelo menos de dois em dois anos
11	Betoneira (incluindo camiões betoneira)	Inspeção visual	Verificar o desgaste do equipamento de amassadura	Mensalmente



## Quadro 14 - Controle dos materiais

	Materials	Inspeção/Ensaio	Finalidade	Frequência mínima
1	Cimentos(1)	Inspeção da guia de remessa	Assegurar que o fornecimento está conforme o pedido (2) e é de origem correcta	Cada entrega
2		Inspeção da guia de remessa	Assegurar que o fornecimento está conforme o pedido e é da origem correcta	Cada entrega
3		Inspeção do fornecimento	Comparação com a aparência habitual, relativamente à granulometria, forma e impurezas	Cada entrega
4	Inertes(3)	Ensaio de penetração	Avaliar a conformidade com a granulometria normalizada ou outra acordada	i)Primeira entrega de nova origem ii)Em caso de dúvida após inspeção visual iii)Periodicamente em função das condições locais ou de entrega
5		Ensaio para detecção de impurezas	Determinar a presença e quantidade de impurezas	i)Primeira entrega de nova origem ii)Em caso de dúvida após inspeção visual iii)Periodicamente em função das condições locais ou de entrega
6	Controle adicional para betão leve e muito denso	Ensaio conforme a ISO 6782 (*)	Medir a baridade	i)Primeira entrega de nova origem ii)Em caso de dúvida após inspeção visual iii)Periodicamente em função das condições locais ou de entrega
7	(4) Adjuvantes	Inspeção da guia de remessa e rótulo do recipiente	Assegurar que o fornecimento está conforme o pedido e devidamente referenciado	Cada entrega
8		Inspeção do adjuvante	Comparação com a aparência habitual	i)Cada entrega ii)Durante a utilização
9		Ensaio de massa volúmica	Comparação com a massa volúmica	Em caso de dúvida
10	Adições em pó (4)	Inspeção da guia de remessa	Assegurar que o fornecimento está conforme o pedido e é da origem correcta	Cada entrega
11	Adições em suspensão(4)	Inspeção da guia de remessa	Assegurar que o fornecimento está conforme o pedido e é da origem correcto	Cada entrega
12		Ensaio de massa volúmica	Assegurar a uniformidade	Cada entrega
13	Água	Ensaio de análise química	Assegurar que a água não contém constituintes nocivos	i)Quando da primeira utilização de uma origem, salvo se a água for de abastecimento público; ii)Em caso de dúvida
14		Ensaio de provetes de betão ou argamassas executados conforme ISO 2736(*)	Comparar a presa e a resistência com a de provetes fabricados com água de qualidade reconhecida	i)Quando da primeira utilização de uma origem, salvo se a água for de abastecimento público; ii)Em caso de dúvida

(1) Recomenda-se que as amostras sejam colhidas e armazenadas, uma vez por semana e por cada tipo de cimento, para ensaio em caso de dúvida. Para a amostragem ver NP EN 196, parte 7.  
(2) Em cada entrega deve indicar-se na guia de remessa pelo menos o tipo, a origem e a classe de resistência.  
(3) A guia de remessa convém também conter informação sobre o teor máximo de cloretos solúveis a não ser que o teor de cloretos seja limitado pelas normas e regulamentos aplicáveis. A guia de remessa convém que indique a possível susceptibilidade à reacção álcali-silica, quando relevante.  
(4) Recomenda-se que se coham e armazenem amostras em cada entrega.

(\*) Ver Anexo NA (Anexo Nacional)

O fabricante de betão pronto ou a empresa de prefabricação deve efectuar as inspecções e ensaios estabelecidos nos Quadros 14, 15 e 16.

Se num processo de fabrico contínuo for produzido mais de um tipo de betão, a frequência mínima de ensaios de resistência à compressão deve ser determinada na base de famílias de composições.

Os betões podem ser considerados como sendo da mesma família se forem fabricados com cimento do mesmo tipo e classe de resistência e proveniente duma única origem, e com inertes da mesma origem geológica e do mesmo tipo (p.ex., britado ou não britado). Se forem utilizados adjuvantes ou adições, estes podem dar origem a famílias distintas.

Devem ser estabelecidas e documentadas as relações entre as propriedades relevantes das composições de betão dentro de cada família.

A amostragem deve abranger toda a gama de composições fabricadas dentro duma mesma família.

#### **11.2.3. Inspeção antes da betonagem**

Antes de se iniciarem as operações de betonagem, devem ser feitas inspecções pelo menos sobre os seguintes aspectos:

- geometria da cofragem e posicionamento das armaduras;
- remoção de poeira, serradura, neve, gelo e restos de arame de ligação das cofragens ou das camadas anteriores de betão;
- tratamento das superfícies de betão endurecido das juntas de betonagem;
- molhagem das cofragens ou das camadas anteriores de betão;
- estabilidade das cofragens;
- janelas de visita;
- estanquidade das cofragens para evitar a saída da pasta de cimento;
- preparação da superfície das cofragens;
- limpeza das armaduras de depósitos superficiais que prejudiquem a aderência (p.ex., óleo, gelo, pinturas, ferrugem solta);
- fixações (localização, estabilidade, limpeza);
- disponibilidade de meios eficazes de transporte, compactação e cura, apropriados à consistência especificada para o betão;
- disponibilidade de pessoal competente.

#### **11.2.4. Inspeção durante o transporte, colocação, compactação e cura do betão fresco**

Durante as operações de betonagem têm de ser feitas inspecções pelo menos sobre os seguintes aspectos:

- manutenção da uniformidade do betão durante o transporte e colocação;
- distribuição uniforme do betão no interior das cofragens;
- compactação uniforme e ausência de segregação durante a compactação;
- altura máxima admitida para a queda livre do betão;
- espessura das camadas;
- ritmo de betonagem e subida do betão na cofragem, tendo em atenção a pressão admissível sobre esta;
- tempo entre a amassadura ou entrega do betão e a betonagem, tendo em atenção o tempo especificado;

Informação adicional no caso do betão pronto:

- nome do fornecedor;
- número da guia de remessa.

Todas as alterações aos procedimentos especificados relativamente ao transporte, entrega, colocação, compactação e cura devem ser registadas e relatadas à pessoa responsável.

Os procedimentos de controle da produção de acordo com as prescrições desta norma podem ser verificados por um organismo de certificação qualificado, como parte do controle da conformidade (ver 11.3.3.1).

Os ensaios realizados no quadro do controle da produção podem, por acordo prévio ou conforme as normas nacionais ou regulamentações em vigor no local da aplicação do betão, ser considerados para o controle da conformidade, se este for exigido (\*).

#### **11.2.2. Controle do fabrico**

##### **11.2.2.1. Controle dos materiais constituintes, equipamento, processo de fabrico e propriedades do betão**

Os materiais constituintes, o equipamento, o processo de fabrico e o betão devem ser controlados a fim de verificar a sua conformidade com as especificações e as exigências.

O tipo e a frequência das inspeções ou ensaios dos materiais devem estar de acordo com o Quadro 14.

Este quadro baseia-se na hipótese de que existe adequado controle da qualidade por parte dos fabricantes nos locais onde os materiais constituintes são produzidos. Se não existir este controle, o empreiteiro deve verificar se os materiais respeitam as normas relevantes.

O controle do equipamento deve assegurar que os meios disponíveis para a armazenagem, o equipamento de pesagem e medição, a betoneira e a aparelhagem de controle (p.ex., para medição do teor de humidade dos inertes) estão em boas condições e de acordo com os requisitos desta norma. A frequência destas inspeções ou ensaios é indicada no Quadro 15.

As verificações para observar se o processo de fabrico é adequado e correctamente executado, e se o betão está conforme com as exigências desta norma e com qualquer das especificações indicadas em 8, devem ser feitas como está indicado no Quadro 16.

##### **11.2.2.2. Controle do betão pelo empreiteiro quando se utiliza betão pronto**

O controle do betão pronto pelo empreiteiro deve ser feito conforme está estabelecido no Quadro 17.

Além disso, deve obter do fabricante do betão as informações relevantes estabelecidas em 8.2 ou 8.3 relativas aos betões de comportamento especificado ou de composição prescrita, respectivamente.

##### **11.2.2.3. Controle do betão num processo de fabrico contínuo pelo fabricante de betão pronto ou por uma empresa de prefabricação**

---

(\*) Ver Anexo NA (Anexo Nacional)

## 11.2. Controle da produção

### 11.2.1. Generalidades

O controle da produção compreende todas as medidas necessárias para manter e regular a qualidade do betão em conformidade com as exigências especificadas.

#### Quadro 13 - Desenvolvimento da resistência do betão

Desenvolvimento da resistência	Razão A/C	Classe de resistência do cimento*
rápido	< 0,5	42,5 R
médio	0,5 - 0,6	42,5 R
	< 0,5	32,5 R - 42,5
lento	Todas as outras classes	

Inclui inspeções e ensaios e a análise dos seus resultados dos ensaios no que respeita ao equipamento, materiais constituintes, betão fresco e betão endurecido. Compreende igualmente a inspeção antes da betonagem bem como as inspeções respeitantes ao transporte, colocação, compactação e cura do betão.

O controle da produção deve ser efectuado pelo empreiteiro, sub-empreiteiro e fornecedores, cada um dentro do seu domínio específico, nos processos de fabrico, colocação e cura do betão.

Todas as instalações e o equipamento devem estar disponíveis para realizar as inspeções e ensaios necessários sobre o equipamento, materiais e betão.

Toda a informação relevante do controle da produção - na obra, na central de betão pronto ou na fábrica de elementos pré-fabricados de betão - deve ser anotada num livro de registos ou em outro documento, indicando nomeadamente:

- nome dos fornecedores de cimento, inertes, adjuvantes e adições;
- números das guias de remessa de cimento, inertes, adjuvantes e adições;
- origem da água de amassadura;
- consistência do betão;
- massa volúmica do betão fresco;
- razão água/cimento do betão fresco;
- quantidade de água adicionada ao betão fresco;
- dosagem de cimento;
- data e hora da moldagem dos provetes de ensaio;
- número de provetes de ensaio;
- cronograma de execução de determinadas fases de trabalho durante a colocação e cura do betão;
- temperatura e condições meteorológicas durante a colocação e cura do betão;
- elemento estrutural em que determinada amassadura foi utilizada.

**10.8. Descofragem**

As cofragens podem ser retiradas quando for alcançada uma resistência adequada, relativamente à capacidade de carga e às deformações da estrutura, ou quando a cofragem já não é necessária para a cura.

**11. Procedimentos para o controle da qualidade****11.1. Generalidades**

O fabrico, a colocação e a cura do betão devem ser sujeitos ao controle da qualidade referido em 11.2 e 11.3.

O controle da qualidade é definido como a combinação de acções e decisões, tomadas de acordo com especificações e verificações, que assegura a satisfação das exigências especificadas.

O controle da qualidade compreende duas partes distintas, mas interligadas, que são o controle da produção, de acordo com 11.2, e o controle da conformidade, de acordo com 11.3.

**Quadro 12 - Tempos mínimos de cura, em dias, para as classes de exposição 2 e 5a**

Desenvolvimento da resistência do betão	rápido	médio	lento			
temperaturas do betão durante a cura acima de ° C	5 10 15	5 10 15	5 10 15			
Condições ambientais durante a cura	Duração mínima da cura, em dias					
I Ausência de exposição ao sol e humidade relativa do ar envolvente não inferior a 80%	2 2 1	3 3 2	3 3 2			
II Exposição a um sol médio ou a vento de velocidade média ou a humidade relativa não inferior a 50%	4 3 2	6 4 3	8 5 4			
III Exposição a sol intenso ou a fortes ventos ou a humidade relativa inferior a 50%	4 3 2	8 6 5	10 8 5			

bientais;

- de acordo com exigências locais;
- de acordo com os tempos mínimos dados no Quadro 12.

Nos casos em que o betão está exposto a uma forte abrasão (ver 7.3.1.4) ou a condições ambientais severas (classes de exposição 3, 4, 5b e 5c do Quadro 2) convém que os tempos de cura indicados no Quadro 12 sejam nitidamente aumentados.

Dependendo do tipo e finalidade do elemento estrutural (p.ex., acabamento final pretendido) o tempo mínimo de cura dado no Quadro 12 convém também ser utilizado para a classe de exposição 1.

O desenvolvimento de resistência do betão pode ser estimado utilizando a informação dada no Quadro 13.

Para os tipos de cimento CE II, CE III e CE IV podem ser apropriados tempos de cura mais dilatados.

#### **10.6.4. Protecção contra a fissuração superficial por retracção térmica**

O betão durante o seu endurecimento deve ser protegido contra os danos devidos a restrições internas ou externas de deformações causadas pelo calor desenvolvido no interior da massa do betão.

Quando não se admitem fissurações, devem tomar-se medidas adequadas para assegurar que as tensões de tracção provocadas por diferenças de temperatura sejam inferiores à resistência à tracção atingida pelo betão.

Para evitar a fissuração superficial causada pelo calor desenvolvido no betão em condições normais de temperatura, a diferença de temperatura entre o centro da massa e a superfície deve ser inferior a 20° C.

#### **10.6.5. Protecção contra o gelo**

O período de protecção contra o gelo pode ser calculado a partir da maturidade do betão. Admite-se, porém, que a protecção deixa de ser necessária quando a resistência à compressão atingir 5 N/m<sup>2</sup>.

#### **10.7. Tratamento com calor**

Para a cura dos elementos de betão que estejam sujeitos, durante a sua utilização, a ambientes correspondentes às classes de exposição 2 a 5 (Quadro 2) devem observar-se as seguintes limitações relativamente ao tratamento com calor (cura a vapor):

- a temperatura do betão durante as primeiras 3 horas após a amassadura não deve exceder 30° C e não deve ser superior a 40° C na 4.<sup>a</sup> hora;
- a taxa de aumento de temperatura não deve exceder 20° C por hora;
- a temperatura máxima média do betão não deve exceder 60° C (valores individuais < 65° C);
- o betão deve arrefecer a uma taxa não excedendo 10° C por hora;
- durante o processo de cura e enquanto arrefece, o betão deve ser protegido contra a perda de humidade.

Estas exigências não se aplicam quando se adopta a tecnologia especial de injeção directa de vapor no misturador ou quando existe uma experiência positiva suficientemente documentada com outras condições de tratamento com calor para materiais constituintes bem definidos, especialmente o cimento.

minimizar a perda de trabalhabilidade.

Durante a colocação devem ser tomadas medidas para evitar a segregação, quando se permite a queda livre do betão.

O betão deve ser cuidadosamente compactado durante a colocação, especialmente à volta das armaduras do betão armado ou pré-esforçado, das bainhas e das amarrações, e ainda nos cantos das cofragens, de modo que se forme uma massa compacta, livre de vazios, em particular na zona do recobrimento das armaduras.

Devem ser especificadas, além disso, exigências especiais para o acabamento da superfície.

Enquanto se coloca e compacta o betão, deve haver o cuidado de não deslocar ou danificar as armaduras, cabos pré-tensionados, bainhas, ancoragens e cofragens.

Quando se utilizam vibradores, convém que a vibração seja aplicada continuamente durante a colocação de cada amassadura de betão e de modo a não provocar segregação, até que praticamente cesse a expulsão de ar.

#### **10.6. Cura e protecção**

##### **10.6.1. Generalidades**

Para que se obtenha do betão as propriedades potenciais esperadas, em especial na zona superficial, é necessária uma cura e uma protecção adequadas durante um período conveniente.

Após a compactação do betão, convém iniciar a cura e a protecção tão cedo quanto possível.

A cura é uma prevenção contra a secagem prematura, particularmente devida à radiação solar e ao vento.

A protecção é uma prevenção contra:

- o arrastar dos finos pela chuva ou pela água corrente;
- o arrefecimento rápido durante os primeiros dias após a colocação;
- as grandes diferenças de temperaturas internas;
- as baixas temperaturas ou gelo;
- a vibração e impacto, que podem romper o betão e interferir com a sua aderência às armaduras.

##### **10.6.2. Métodos de cura**

O método de cura deve ser definido antes do início do trabalho no local.

Os principais métodos para a cura do betão são:

- manutenção da cofragem no lugar;
- cobertura com filmes plásticos;
- colocação de coberturas húmidas;
- aspersão com água;
- aplicação de compostos de cura que formem membranas protectoras.

Estes métodos podem ser utilizados separadamente ou combinados.

##### **10.6.3. Tempo de cura**

A duração da cura depende do tempo necessário para se obter uma certa impermeabilidade (resistência à penetração de gases ou líquidos) da zona superficial (de recobrimento das armaduras) do betão. Portanto, os tempos de cura devem ser determinados por um dos seguintes critérios:

- pela maturidade, baseada no grau de hidratação do cimento e nas condições am-



- número de série da guia;
- data e hora da amassadura, i.e., do primeiro contacto entre o cimento e a água;
- matrícula do camião;
- nome do empreiteiro;
- nome e localização do estaleiro;
- especificação, pormenores ou referências a especificações, p.ex., número de código, número do pedido;
- volume do betão entregue, em metros cúbicos<sup>11)</sup>;
- nome ou marca do organismo certificador, se for o caso.

Além disso, a guia de remessa deve fornecer as seguintes características:

Para um betão de comportamento especificado:

- classe de resistência;
- classe de exposição ou limitação correspondente da composição;
- classe de consistência;
- tipo de cimento e classe de resistência;
- tipo de adjuvante e de adição, se for o caso;
- propriedades especiais;

Para um betão de composição prescrita:

- pormenores da composição, p.ex., dosagem de cimento e tipo de adjuvantes se for o caso;
- classe de consistência.

#### **10.3.3. Entrega no caso de betão fabricado no local pelo empreiteiro**

Os requisitos de 10.3.2 para a guia de remessa podem também ser relevantes no caso de betão fabricado no local pelo empreiteiro, quando o estaleiro é importante ou se fabricam vários tipos de betão (ver também 11.2.1).

#### **10.4. Consistência na entrega**

Se na entrega a consistência do betão não estiver conforme o especificado, o betão deve ser rejeitado. Contudo, se a consistência for inferior ao especificado e o betão estiver ainda no camião betoneira, a consistência poderá ser levada ao valor requerido adicionando água ou adjuvantes (adjuvantes altamente redutores de água) desde que tal seja permitido e que o valor máximo fixado para a razão água/cimento não seja excedido<sup>12)</sup>.

#### **10.5. Colocação e compactação**

O betão deve ser colocado tão cedo quanto possível após a amassadura, a fim de

<sup>11)</sup> Um metro cúbico de betão pronto é a quantidade de betão fresco que, quando compactada de acordo com os procedimentos indicados na ISO 2736 (\*) para a compactação de provetes, ocupa o volume de um metro cúbico.

<sup>12)</sup> Se num camião betoneira se adicionar no local da obra mais água do que o requerido para a consistência ou para a máxima razão água/cimento especificadas, o responsável pela decisão de adicionar tal quantidade de água é também responsável pela modificação da especificação e pelas consequências técnicas resultantes.

(\*) Ver Anexo NA (Anexo Nacional)



Quando os adjuvantes são adicionados em pequenas quantidades (ver 5.8.) devem ser dispersos numa parte da água da amassadura.

Quando no local tiverem de ser adicionados adjuvantes altamente redutores de água, em virtude da curta duração dos seus efeitos, convém amassar uniformemente o betão antes que o adjuvante em questão seja adicionado. Após a adição do adjuvante, o betão deve ser reamassado até que o adjuvante esteja completa e uniformemente disperso na massa.

A composição do betão fresco não deve ser alterada após a descarga na betoneira.

## **10. Transporte, colocação e cura do betão fresco**

### **10.1. Pessoal**

O pessoal envolvido no transporte, colocação e cura do betão deve ter conhecimentos, qualificação e experiência adequados para exercer a sua função específica.

No local da obra deve existir uma pessoa com experiência e conhecimentos adequados que esteja encarregada da recepção do betão e seja responsável pelas operações de transporte no local, de colocação e de cura. Ele ou um seu representante, devidamente qualificado, deve estar presente durante a colocação do betão.

Nota: Nalguns países existem exigências especiais relativas ao nível de conhecimentos, qualificação e experiência para os diferentes trabalhos.

### **10.2. Transporte**

Devem ser tomadas medidas apropriadas para evitar a segregação, perda de constituintes ou contaminação durante o transporte e a descarga.

A duração máxima admissível de transporte depende essencialmente da composição do betão e das condições atmosféricas.

### **10.3. Entrega**

#### **10.3.1. Informação do fabricante no caso de betão pronto**

O empreiteiro pode solicitar informações sobre a composição do betão para proceder adequadamente à colocação e cura do betão fresco e também para avaliar o desenvolvimento da resistência na estrutura. Tais informações devem ser fornecidas pelo fabricante, a pedido, antes ou durante a entrega conforme mais adequado. A informação que deve ser fornecida, caso seja solicitada, é a seguinte:

- a) tipo e classe de resistência do cimento e tipo de inertes;
- b) tipo de adjuvantes, tipo e dosagem aproximada das adições, se for o caso;
- c) razão água/cimento prevista;
- d) resultados de ensaios prévios relevantes para a composição, p.ex., do controle de fabrico ou de ensaios iniciais.

Esta informação pode também ser obtida através do catálogo de composições de betão do fornecedor, no qual se indicam as classes de resistência e de consistência, as dosagens e outros pormenores relevantes.

#### **10.3.2. Guia de remessa no caso do betão pronto**

Antes de descarregar o betão, o fabricante deve fornecer ao empreiteiro uma guia de remessa para cada entrega de betão, na qual vêm impressas, estampadas ou escritas, pelo menos as seguintes informações:

- nome da central fornecedora do betão pronto;

e de introdução de água e de adjuvantes, para o caso destes virem a ser adicionados no local.

**Quadro 10 - Precisão do equipamento de medição**

Posição no campo de medida da escala ou do indicador digital	Precisão	
	na instalação	em operação
de 0 a 1/4 do valor máximo da escala ou do indicador digital	0,5% de 1/4 do valor máximo da escala ou do indicador digital	1,0%
de 1/4 ao valor máximo da escala ou do indicador digital	0,5%	1,0% da leitura feita

**9.2. Doseamento dos materiais constituintes**

Para a amassadura de cada betão deve dispor-se das instruções escritas referentes à amassadura, pormenorizando o tipo e quantidade dos materiais constituintes.

O doseamento dos materiais constituintes deve ser feito com a precisão indicada no Quadro 11.

O cimento, os inertes e as adições em forma de pó convém serem doseados em peso, sendo permitidos outros métodos se se puderem obter as precisões exigidas no doseamento.

A água pode ser doseada em peso ou em volume.

Os adjuvantes e as adições líquidas podem ser doseados em peso ou em volume.

**Quadro 11 - Precisão do doseamento dos materiais constituintes**

Material constituinte	Precisão
Cimento	± 3% da quantidade requerida
Água	
Inertes	
Adições	
Adjuvantes	± 5% da quantidade requerida

**9.3. Amassadura do betão**

A mistura dos constituintes deve ser feita numa betoneira até que se obtenha uma mistura uniforme. A amassadura deve considerar-se iniciada a partir do momento em que todos os materiais se encontram na betoneira.

As betoneiras não devem ser carregadas para além da sua capacidade útil.

pela entrega. Na sua ausência deve estar presente o seu representante devidamente qualificado.

Deve também existir uma pessoa encarregada do controle de fabrico, a qual deve ter conhecimentos e experiência apropriados da tecnologia do betão e dos métodos de fabrico, de ensaio e de controle.

Nota: Nalguns países existem exigências especiais relativas ao nível de conhecimentos, qualificação e experiência para os diferentes trabalhos.

#### **9.1.2. Equipamento e instalações**

##### **9.1.2.1. Armazenamento de materiais**

Devem estar disponíveis as quantidades adequadas de materiais - cimentos, inertes, adições, adjuvantes - que garanta a manutenção do ritmo planeado de fabrico e de entrega.

Os diferentes tipos de materiais devem ser transportados e armazenados de forma a evitar a sua mistura, contaminação e deterioração. Em particular:

- o cimento e as adições devem ser protegidos da humidade e de impurezas durante o transporte e armazenamento. Os vários tipos e classes de cimento e as adições devem estar claramente identificados e armazenados de modo a excluir qualquer possibilidade de engano. O cimento em saco deve ser armazenado de tal forma que seja utilizado segundo a ordem de entrega;

- os inertes de diferentes granulometrias ou tipos, se forem entregues separadamente, não devem ser misturados inadvertidamente. A segregação das diferentes fracções deve ser evitada;

- os adjuvantes devem ser transportados e armazenados de modo que a sua qualidade não seja afectada por acções físicas ou químicas (gelo, elevada temperatura, etc) e devem estar claramente identificados e armazenados de modo a excluir qualquer possibilidade de engano.

Devem existir meios que permitam a fácil colheita de amostras, p.ex., das pilhas, dos silos ou das tremonhas.

##### **9.1.2.2. Equipamento de dosagem**

O equipamento de dosagem deve permitir, nas condições normais de utilização, obter a precisão estabelecida em 9.2.

A precisão do equipamento de medição deve estar de acordo com as normas nacionais ou regulamentações em vigor no local de fabrico do betão (\*). Na ausência destes requisitos aplicam-se os valores mínimos do Quadro 10.

Cada divisão da escala ou valor do indicador digital convém que represente uma massa não superior a 1/500 do valor máximo da escala ou do indicador digital.

##### **9.1.2.3. Betoneiras**

As betoneiras devem ser capazes de conseguir uma distribuição uniforme dos materiais constituintes e uma trabalhabilidade uniforme num determinado tempo de mistura, de harmonia com a sua capacidade.

Os camiões betoneira devem estar equipados de modo que o betão entregue esteja homogeneamente amassado. Para além disso, devem estar dotados com equipamento de

---

(\*) Ver Anexo NA (Anexo Nacional)

- requisitos especiais para os inertes;
  - requisitos especiais relativos à resistência à reacção álcalis-silica;
  - requisitos especiais relativos à temperatura do betão fresco;
  - outros requisitos técnicos adicionais.
- c) No caso do betão pronto, condições adicionais relevantes para o transporte e procedimentos no local (a indicar pelo empreiteiro), p.ex.:
- quantidade e hora de entrega;
  - transporte especial no local da obra:
    - .bombagem;
    - .tela transportadora;
  - limitação do tipo (equipamento agitador/não agitador), tamanho, altura ou peso do veículo de transporte.

### **8.3. Elementos necessários para definir betões de composição prescrita**

#### **8.3.1. Generalidades**

Estes betões serão definidos através dos elementos base apresentados em 8.3.2, a indicar em todos os casos, e dos elementos adicionais apresentados em 8.3.3, a indicar se requeridos por condições especiais.

#### **8.3.2. Elementos base**

- a) dosagem de cimento por metro cúbico de betão compactado;
- b) tipo de cimento e classe de resistência;
- c) classe de consistência do betão fresco ou razão A/C;
- d) tipos de inerte;
- e) máxima dimensão do inerte e sua granulometria;
- f) tipo, quantidade e origem dos adjuvantes ou das adições, se for o caso;
- g) se forem utilizados adjuvantes ou adições, a origem dos constituintes do betão.

#### **8.3.3. Elementos adicionais**

- a) Para a composição, p.ex.:
  - origem dos constituintes do betão;
  - requisitos adicionais para os inertes incluindo qualquer granulometria especial;
  - requisitos especiais relativos à temperatura do betão fresco na entrega;
  - outros requisitos técnicos adicionais.
- b) No caso de betão pronto, condições adicionais relevantes para o transporte e procedimentos no local, p.ex.:
  - quantidade e hora de entrega;
  - limitação do tipo (equipamento agitador/não agitador), tamanho, altura ou peso do veículo de transporte.

## **9. Fabrico do betão**

### **9.1. Pessoal, equipamento e instalações**

#### **9.1.1. Pessoal**

O pessoal envolvido no fabrico e no controle do betão deve ter conhecimento, qualificação e experiência adequados para exercer a sua função específica.

No local de fabrico deve existir uma pessoa com conhecimentos e experiência adequados que deve ser responsável pelo fabrico e, no caso do betão pronto, também

## 8. Especificação do betão

### 8.1. Generalidades

O betão pode ser um betão de comportamento especificado (ver definição 3.23) referindo-se as propriedades do betão indicadas na secção 7, ou um betão de composição prescrita (ver definição 3.24), quando se indica a composição com base nos resultados de ensaios iniciais (ver definição 3.25) ou em informações obtidas através de uma longa experiência com um betão comparável.

A informação a fornecer pelo projectista ou pelo empreiteiro, consoante o caso, é indicada em:

- 8.2, no caso de betões de comportamento especificado;
- 8.3, no caso de betões de composição prescrita.

### 8.2. Elementos necessários para definir betões de comportamento especificado

#### 8.2.1. Generalidades

Estes betões serão definidos através dos elementos base apresentados em 8.2.2, a indicar em todos os casos, e dos elementos adicionais apresentados em 8.2.3, a indicar se requeridos por condições especiais.

#### 8.2.2. Elementos base

- a) Classe de resistência;
- b) Máxima dimensão do inerte;
- c) Limitações básicas na composição de acordo com a utilização do betão (p.ex. classes de exposição, betão simples, armado ou pré-esforçado). Ver secções 5 e 6;
- d) Classe de consistência no caso de betão pronto (a indicar pelo empreiteiro).

#### 8.2.3. Elementos adicionais se requeridos por condições especiais

Os elementos adicionais para as características referidas em a) e b), serão indicados, se possível, em termos de exigências de comportamento e com indicação dos métodos de ensaio.

##### a) Características do betão endurecido, p.ex.:

- massa volúmica, p.ex., para o betão leve ou para o betão pesado;
- resistência à penetração da água;
- resistência aos ciclos gelo/degelo;
- resistência à acção combinada do gelo e dos produtos descongelantes;
- resistência ao ataque químico;
- resistência à abrasão;
- resistência às altas temperaturas;
- outros requisitos técnicos adicionais (\*).

##### b) Características da composição, p.ex.:

- tipo de cimento;
- classe de consistência;
- teor de ar;
- desenvolvimento acelerado da resistência;
- desenvolvimento de calor durante a hidratação;
- hidratação retardada;

(\*) Ver Anexo NA (Anexo Nacional)

Nota: Os resultados obtidos por estes diferentes métodos não são comparáveis, mas podem estabelecer-se relações para efeito de projecto (ver por exemplo as cláusulas relevantes para a resistência à tracção do Eurocódigo 2).

#### 7.3.1.3. Desenvolvimento da resistência

A evolução da resistência com o tempo deve ser especificada por ensaios de resistência à compressão do betão em idades a acordar. Se tiver de ser considerada a influência das condições locais no desenvolvimento da resistência, devem ser acordadas as condições particulares de cura para os provetes.

#### 7.3.1.4. Resistência à abrasão

A resistência à abrasão deve ser determinada de acordo com as normas nacionais ou regulamentações em vigor no local de aplicação do betão (\*).

Para fabricar betão com uma elevada resistência à abrasão recomenda-se:

- uma classe de resistência do betão não inferior a C30/37;
- inertes duros, com uma textura superficial rugosa e de granulometria conveniente e uma proporção elevada de inertes grossos;
- duplicação do tempo de cura indicado em 10.6.3;
- adopção duma superfície especialmente resistente ao desgaste, no caso de uma abrasão particularmente severa.

#### 7.3.1.5. Resistência à penetração da água

O betão deve ser considerado impermeável à água se a resistência à penetração da água, quando determinada de acordo com a ISO 7031, tiver valores máximos de penetração inferiores a 50 mm e valores médios de penetração inferiores a 20 mm. A razão água/cimento não deve exceder 0,55.

#### 7.3.2. Massa volúmica

O betão classifica-se como betão de peso normal (símbolo C), betão leve (símbolo LC) e betão pesado (símbolo HC) de acordo com a sua massa após secagem em estufa (ver as definições 3.6., 3.7. e 3.8.).

A classificação do betão leve em função da sua massa volúmica é indicada no Quadro 9.

### Quadro 9 - Classificação do betão leve

Classe de massa volúmica	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
kg/m <sup>3</sup>	901 a 1000	1001 a 1200	1201 a 1400	1401 a 1600	1601 a 1800	1801 a 2000

A massa volúmica deve ser determinada de acordo com a ISO 6275. Nos casos em que a razão entre a massa volúmica obtida após secagem em estufa e a massa volúmica aparente do betão endurecido for conhecida, a massa volúmica pode ser determinada de acordo com a ISO 4012.

(\*) Ver Anexo NA (Anexo Nacional)

**7.3. Betão endurecido****7.3.1. Resistência a acções mecânicas****7.3.1.1. Resistência à compressão**

A resistência à compressão do betão é expressa em termos da resistência característica, definida como o valor da população das resistências do betão especificado que é atingido com a probabilidade de 95%. A resistência deve ser determinada de acordo com a ISO 4012 (\*) em provetes moldados - cubos de 150 mm ( $f_{ck, cubo}$ ) ou cilindros de 150/300 mm ( $f_{ck, cyl}$ ) - com a idade de 28 dias, de acordo com a ISO 1920 (\*), fabricados e curados conforme a ISO 2736 (\*).

Antes do início dos trabalhos de construção deve ser especificado ou acordado se a resistência à compressão é determinada com base nos ensaios em cubos ou em cilindros.

O betão é classificado de acordo com a sua resistência à compressão, conforme se apresenta no Quadro 8, que se baseia na classificação referente à resistência em cilindros, como indicado no Eurocódigo 2 - para efeitos de projecto.

**Quadro 8 - Classes de resistência do betão**

Classe de resistência	<u>C12/15</u>	C16/20	<u>C20/25</u>	C25/30	<u>C30/37</u>	C35/45	<u>C40/50</u>	C45/55	<u>C50/60</u>
$f_{ck, cyl}$ (N/mm <sup>2</sup> )	12	16	20	25	30	35	40	45	50
$f_{ck, cubo}$ (N/mm <sup>2</sup> )	15	20	25	30	37	45	50	55	60
$f_{ck, cyl}$ é idêntico ao valor $f_{ck}$ usado nos Eurocódigos (N/mm = MPa)									

Por razões de fabrico e controle da qualidade recomendam-se, para especificar o betão, os valores sublinhados no Quadro 8.

Para o betão leve aplicam-se as mesmas classes de resistência precedidas pelo símbolo LC.

Para certos usos particulares pode ser necessário definir uma resistência mínima à compressão dos provetes moldados numa idade anterior ou posterior a 28 dias ou após armazenagem em condições especiais (p.ex., tratamento com calor, de acordo com 10.7).

**7.3.1.2. Resistência à tracção**

A resistência à tracção do betão deve ser especificada e determinada quer pela resistência à tracção por compressão linear de acordo com a ISO 4108 (\*) quer pela resistência à tracção por flexão de acordo com a ISO 4013 (\*).

A resistência à tracção do betão pode também ser expressa através da resistência à tracção uniaxial que poderá também ser determinada de acordo com a Recomendação RILEM CPC7.

(\*) Ver Anexo NA (Anexo Nacional)

**7.2.2. Teor de ar**

O teor de ar do betão fresco deve ser determinado de acordo com a ISO 4848 (\*).

**7.2.3. Massa volúmica do betão fresco compactado**

A massa volúmica do betão fresco compactado deve ser determinada de acordo com a ISO 6276 ou com um método alternativo acordado (\*).

**7.2.4. Razão água/cimento e dosagem de cimento**

A razão água/cimento deve ser calculada e verificada com base nas massas do cimento, da água e dos inertes, tendo em atenção o teor de água total dos inertes (para adjuvantes líquidos ver 5.8.).

Quando for exigida a determinação experimental da razão água/cimento do betão fresco deve haver acordo sobre o método de ensaio<sup>10)</sup> (\*).

**Quadro 4 - Classes de abaixamento**

Classe	Abaixamento em mm
S1	10 a 40
S2	50 a 90
S3	100 a 150
S4	≥ 160
O abaixamento medido deve ser arredondado para os 10 mm mais próximos	

**Quadro 5 - Classes Vêbê**

Classe	Vêbê em segundos
V0	≥ 31
V1	30 a 21
V2	20 a 11
V3	10 a 5
V4	≤ 4

**Quadro 6 - Classes de compactação**

Classe	Grau de compactabilidade
CO	≥ 1,46
C1	1,45 a 1,26
C2	1,25 a 1,11
C3	1,10 a 1,04

**Quadro 7 - Classes de espalhamento**

Classe	Diâmetro de espalhamento mm
F1	≤ 340
F2	350 a 410
F3	420 a 480
F4	490 a 600

Nota: As diferentes classes de consistência dos Quadros 4 a 7 não são directamente relacionáveis.

<sup>10)</sup> Nos casos em que a razão entre as massas dos inertes e do cimento é conhecida, a razão água/cimento pode ser determinada pelo método de Thaulow (S. Thaulow «Field Testing of Concrete, New and Simplified Methods for Testing Concrete and its Aggregates», Norks Cementforening, Oslo, Norway 1952).

(\*) Ver Anexo NA (Anexo Nacional)



Quadro 3 - Requisitos de durabilidade relacionados com a exposição ambiental

Requisitos	Classes de exposição de acordo com o Quadro 2								
	1	2a	2b	3	4a	4b	5a	5b	5c (1)
razão A/C máxima para (2) - betão simples - betão armado - betão pré-esforçado	- 0,65 0,60	0,70 0,60 0,60	0,55	0,50	0,55	0,50	0,55	0,50	0,45
dosagem mínima de cimento(2), em kg/m <sup>3</sup> , para: - betão simples - betão armado - betão pré-esforçado	150 260 300	200 280 300	200 280 300	300	300	300	200 280 300	300	300
teor mínimo de ar no betão fresco, em %, para a máxima dimensão do inerte de (3) - 32 mm - 16 mm - 8 mm	-	-	(4) 4 5 6	(4) 4 5 6	-	(4) 4 5 6	-	-	-
inertes resistentes ao gelo (6)	-	-	sim	sim	-	sim	-	-	-
betão impermeável segundo 7.3.1.5.	-	-	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim
tipos de cimento para betão simples e armado	De acordo com a EN 197 - Partes 1 e 2 (proj. Junho 88) (*)						cimento resistente aos sulfatos(5) para teores de sulfato > 500 mg/kg na água > 3000 mg/kg no solo		
Estes valores da razão A/C e da dosagem de cimento respeitam a cimentos sobre os quais existe uma larga experiência em vários países. Contudo, na altura da redacção desta Pré-norma, a experiência de utilização de certos cimentos normalizados na EN 197 é limitada às condições climáticas locais nalguns países. Assim durante a vigência desta pré-norma, particularmente para as classes de exposição 2b, 3 e 4b, na escolha de tipo de cimento e na sua composição convem seguir as normas nacionais ou regulamentações em vigor no local de aplicação do betão(*). Em alternativa, a aplicabilidade dos cimentos pode comprovar-se por ensaios em betão sujeito às condições de utilização previstas(*) Refira-se ainda que o cimento CE I pode geralmente ser utilizado no betão pré-esforçado. Podem ser utilizados outros tipos de cimento se existir experiência e a sua aplicação for permitida pelas normas nacionais ou regulamentações em vigor no local de aplicação do betão (*).									
(1) Além disso o betão deve estar protegido do contacto directo com o meio agressivo por um revestimento, a não ser nos casos particulares em que tal protecção for considerada desnecessária.									
(2) A dosagem mínima de cimento e a razão A/C máxima estabelecidas nesta Pré-norma só se referem aos cimentos listados em 4.1. Quando se adicionam à composição pozolanas ou adições hidráulicas latentes, as normas nacionais ou regulamentações em vigor no local de aplicação do betão (*) poderão estabelecer modificações dos valores mínimo e máximo.									
(3) Com um factor de espaçamento do ar introduzido no sistema de vazios < 0,20 mm medido no betão endurecido.									
(4) Nos casos em que o grau de saturação é elevado durante períodos de tempo prolongados. Podem-se aplicar outros valores ou outras medidas se o betão for ensaiado e se verificar que tem resistência ao gelo adequada de acordo com as normas nacionais ou regulamentações em vigor no local de aplicação do betão (*).									
(5) A resistência do cimento aos sulfatos deve ser determinada com base nas normas nacionais ou regulamentações em vigor no local de aplicação do betão (*).									
(6) A verificar segundo as normas nacionais ou regulamentações em vigor no local de aplicação do betão (*).									

**Quadro 2 - Classes de exposição relacionadas com as condições ambientais**

Classes de exposição		Exemplo de condições ambientais
1 (ambiente seco)		- interior de habitações ou de escritórios (1)
2 (ambiente húmido)	a (sem gelo)	- interior de edifícios onde a humidade é elevada (p.ex. lavandarias) - elementos exteriores - elementos em águas ou solos não agressivos
	b (com gelo)	- elementos exteriores sujeitos ao gelo - elementos em águas ou solos não agressivos e expostos ao gelo - elementos interiores onde a humidade é elevada e expostos ao gelo
3 (ambiente húmido com gelo e produtos descongelantes)		- elementos interiores e exteriores expostos ao gelo e a produtos descongelantes
4 (ambiente marítimo)	a (sem gelo)	- elementos completa ou parcialmente submersos na água do mar ou sujeitos aos efeitos da rebentação - elementos em ar saturado de sais (área costeira)
	b (com gelo)	- elementos parcialmente submersos na água do mar ou sujeitos aos efeitos da rebentação e expostos ao gelo - componentes em ar saturado de sais e expostos ao gelo
As classes seguintes podem ocorrer isoladas ou em combinação com as classes acima mencionadas		
5 (ambiente quimicamente agressivo) (2)	a	- ambiente químico ligeiramente agressivo (gás, líquido ou sólido) - atmosfera industrial agressiva
	b	- ambiente químico moderadamente agressivo (gás, líquido ou sólido)
	c	- ambiente químico altamente agressivo (gás, líquido ou sólido)
<p>(1) Esta classe de exposição só é válida desde que, durante a construção, a estrutura ou alguns dos seus elementos, não esteja exposta a condições mais severas durante um período prolongado de tempo.</p> <p>(2) Os ambientes quimicamente agressivos estão classificados na ISO 9690. Podem ser utilizadas as condições equivalentes de exposição que a seguir se indicam:</p> <p style="text-align: center;">Classe de exposição 5a: classificação ISO A1G, A1L, A1S  Classe de exposição 5b: classificação ISO A2G, A2L, A2S  Classe de exposição 5c: classificação ISO A3G, A3L, A3S</p>		

d) amassadura, colocação e compactação do betão fresco de modo a que os constituintes do betão estejam distribuídos uniformemente na massa, sem segregação, e o betão adquira uma estrutura fechada (ver, p.ex., 9 e 10);

e) cura do betão de modo que a zona superficial (recobrimento das armaduras) adquira as propriedades potenciais que se esperam da composição (ver 10.6).

Todos estes factores devem ser controlados e verificados por um controle da produção, efectuado pelo empreiteiro, subempreiteiro ou fornecedor, cada um em função das suas atribuições específicas (ver 11.2).

#### **6.2. Resistência às acções do ambiente**

##### **6.2.1. Classes de exposição relacionadas com as condições ambientais**

Neste contexto entende-se por ambiente as acções químicas e físicas a que o betão está exposto e de que resultam efeitos não considerados como cargas no projecto estrutural.

Estas condições ambientais estão classificadas no Quadro 2.

##### **6.2.2. Requisitos de durabilidade relacionados com as condições ambientais**

Os valores limites para a composição e propriedades do betão simples, armado ou pré-esforçado são indicados no Quadro 3.

Os valores mínimos exigidos para o betão simples só se aplicam se o betão não contiver aço embebido (armaduras ou inserções permanentes), dado que este tem de ser protegido contra a corrosão.

Adicionalmente, quando exigido pelas normas nacionais ou regulamentações em vigor no local de aplicação do betão (\*), pode especificar-se uma classe de resistência mínima para o betão.

Se as exigências relativas à razão água/cimento e à dosagem mínima de cimento indicadas no Quadro 3 forem satisfeitas, atingir-se-ão normalmente as resistências indicadas no Quadro 20.

## **7. Propriedades do betão e métodos de verificação**

### **7.1. Generalidades**

As propriedades do betão fresco e endurecido que podem ser especificadas e os correspondentes métodos de verificação que devem ser utilizados, quando exigido, vêm descritos em 7.2 e 7.3.

### **7.2. Betão fresco**

#### **7.2.1. Consistência**

A consistência do betão fresco deve ser determinada utilizando o ensaio de abaixamento de acordo com a ISO 4109, ou o ensaio Vêbê de acordo com a ISO 4110, ou o ensaio de compactação de acordo com a ISO 4111, ou o ensaio de espalhamento de acordo com ISO 9812, ou ainda segundo um método de ensaio alternativo acordado(\*\*) A consistência do betão é classificada de acordo com a ISO 4103 conforme indicado nos Quadros 4, 5, 6 e 7.

Para betões de grande trabalhabilidade, p.ex., quando se usam adjuvantes altamente redutores de água, convém utilizar-se o ensaio de espalhamento.

(\*) Ver Anexo NA (Anexo Nacional)

- limitar a quantidade total de álcalis do betão;
- utilizar um cimento com baixo teor de álcalis;
- utilizar outros inertes;
- limitar o grau de saturação do betão, p.ex., por meio de membranas impermeáveis.

Além disso, devem ser seguidos os requisitos das normas nacionais ou das regulamentações em vigor no local de aplicação do betão (\*), baseados numa experiência suficientemente longa com a combinação particular de cimento e inerte.

#### 5.8. Adjuvantes

A quantidade total de adjuvantes na composição, quando utilizados, não deve exceder 50 g/kg de cimento e não convém que seja inferior a 2 g/kg de cimento. Só são permitidas quantidades menores de adjuvantes se estes forem dispersos em parte da água de amassadura. A quantidade de adjuvantes líquidos deve ser considerada no cálculo da razão água/cimento, sempre que exceda 3 litros/m<sup>3</sup> de betão.

#### 5.9. Adições

As adições só podem ser usadas em quantidades tais que não afectem a durabilidade do betão e não provoquem a corrosão das armaduras.

Devem ser seguidas as normas nacionais ou as regulamentações em vigor no local de aplicação do betão (\*).

#### 5.10. Temperatura do betão

A não ser que se tomem medidas especiais (\*), a temperatura do betão fresco não deve exceder 30° C nem ser inferior a 5° C durante o tempo que decorre entre a amassadura e a colocação em obra (para a cura com calor ver 10.7).

## 6. Requisitos de durabilidade

### 6.1. Generalidades

Para produzir um betão durável, que proteja as armaduras contra a corrosão e suporte satisfatoriamente as condições ambientais e de serviço a que está exposto durante o tempo de vida útil previsto, devem ser tomados em consideração os seguintes factores:

- a) escolha dos constituintes adequados, que não contenham elementos prejudiciais que afectem a durabilidade do betão e provoquem a corrosão das armaduras (ver, p.ex. 4. e 5.5);
- b) escolha de uma composição tal que o betão:
  - satisfaça todos os critérios de comportamento estabelecidos para o betão fresco e endurecido (ver, p.ex. 7);
  - possa ser colocado e compactado de modo a formar um revestimento denso das armaduras (ver, p.ex. 5);
  - suporte acções internas (ver, p.ex. 5.7);
  - suporte acções externas, p.ex., influências do ambiente tais como clima, gases, líquidos e solos (ver, p.ex. 6.2);
- c) ataques mecânicos, p.ex., abrasão (ver 7.3.1.4);

---

(\*) Ver Anexo NA (Anexo Nacional)

- 1,3 vezes a espessura do recobrimento das armaduras (esta restrição não é necessária para a classe de exposição 1 indicada no Quadro 2);

Nota: A máxima dimensão do inerte pode estar condicionada pelo recobrimento mínimo (ver, p.ex. Eurocódigo 2), para se obter uma boa aderência.

#### 5.5. Teor de cloretos do betão

O teor de iões cloreto do betão não deve exceder os valores especificados nas normas nacionais ou nas regulamentações em vigor no local de aplicação do betão (\*). Na ausência desses valores, devem ser adoptados os indicados no Quadro 1

**Quadro 1 - Teor máximo de cloretos do betão**

Betão	Cl <sup>-</sup> por massa de cimento
Betão simples	1%
Betão armado	0,4%
Betão pré-esforçado	0,2%

Os adjuvantes à base de cloreto de cálcio ou de outros cloretos não devem ser adicionados ao betão armado, betão pré-esforçado e betão contendo metal embebido, a não ser que a sua utilização seja permitida nas normas nacionais ou nas regulamentações em vigor no local de aplicação do betão (\*).

#### 5.6. Consistência durante a betonagem

A consistência deve ser tal que o betão fresco seja trabalhável sem segregação e possa ser totalmente compactado nas condições existentes no local.

Para assegurar uma compactação adequada do betão moldado in situ, recomenda-se que a consistência do betão no momento da colocação seja da classe de abaixamento S3<sup>9)</sup> ou da classe de espalhamento F3<sup>9)</sup> a não ser que sejam tomadas outras medidas.

#### 5.7. Resistência à reacção álcalis-silica

Alguns inertes podem conter variedades particulares de sílica susceptíveis ao ataque dos álcalis (Na<sub>2</sub>O e K<sub>2</sub>O) provenientes do cimento ou doutras fontes. Na presença de humidade pode ocorrer uma reacção expansiva com eventual fissuração ou desagregação do betão. Em tais condições convem tomar uma ou mais das precauções seguintes:

<sup>9)</sup> As classes de consistência são definidas na ISO 4103 (ver também 7.2.1).

(\*) Ver Anexo NA (Anexo Nacional)

lhabilidade compatível com o método de construção a utilizar.

A composição deve ser estudada de modo a minimizar a possibilidade de segregação e exsudação do betão fresco.

Em todos os casos o betão deve satisfazer os requisitos básicos indicados nas cláusulas 5.2 a 5.10 e na secção 6. Para exigências adicionais relativas ao comportamento do betão ver secção 7.

#### 5.2. Estrutura do betão

O betão deve ter uma composição tal que, depois da compactação, tenha uma estrutura fechada, i.e., quando compactado de acordo com as normas<sup>7)</sup>, o teor de ar em volume não deve exceder 3% para os inertes com máxima dimensão  $\geq 16\text{mm}$  e 4% para os inertes com máxima dimensão  $< 16\text{mm}$ , não incluindo o ar introduzido e os poros dos inertes (\*).

#### 5.3. Tipos de cimento, dosagem de cimento e razão água/cimento

O tipo de cimento deve ser escolhido tendo em conta a utilização do betão (simples, armado ou pré-esforçado), o desenvolvimento de calor pelo betão na estrutura, as dimensões desta e as condições ambientais a que está exposta (\*).

A mínima dosagem de cimento e a máxima razão água/cimento dependem das condições ambientais e das exigências relativas ao betão de recobrimento das armaduras<sup>8)</sup>.

Para betões fabricados com inertes de máxima dimensão  $\leq 32\text{ mm}$  elas devem ser escolhidas a partir do Quadro 3.

Quaisquer exigências particulares das propriedades do betão, p.ex. impermeabilidade à água, devem também ser consideradas ao fixar a dosagem de cimento.

Para betões com inerte de máxima dimensão excedendo substancialmente 32 mm, p.ex., betão em grandes massas, podem ser aceites valores mais baixos da dosagem de cimento que os indicados no Quadro 3.

As dosagens mínimas de cimento e as razões água/cimento máximas propostas na presente Norma só devem ser consideradas para os cimentos listados em 4.1. Nos casos especiais em que se adicionam pozolanas ou adições hidráulicas latentes, as normas nacionais ou regulamentações em vigor no local da aplicação do betão (\*) poderão estabelecer modificações dos valores mínimo e máximo.

#### 5.4. Granulometria dos inertes

A máxima dimensão do inerte tem de ser escolhida de modo que o betão possa ser colocado e compactado à volta das armaduras sem que haja segregação.

A posição das armaduras deve ser tal que o betão possa ser colocado e compactado dum modo satisfatório e sem que haja segregação. A máxima dimensão do inerte não deve exceder:

- um quarto da menor dimensão do elemento estrutural;
- a distância livre entre as barras da armadura diminuída de 5 mm, a não ser que se tomem providências especiais, p.ex. agrupando os varões da armadura;

<sup>7)</sup> De acordo com os princípios apresentados na ISO 2736 Parte 2 para a compactação dos provetes de ensaio.

<sup>8)</sup> Sobre a espessura de recobrimento das armaduras, consultar as prescrições do Eurocódigo 2.

(\*) Ver Anexo NA (Anexo Nacional)

## 4. Materiais constituintes

### 4.1. Cimentos

O cimento Portland (CE I)<sup>4)</sup>, o cimento Portland composto (CE II)<sup>4)</sup>, o cimento de alto forno (CE III)<sup>4)</sup> e o cimento pozolânico (CE IV)<sup>4)</sup> devem estar de acordo com a ENV 197 Partes 1 a 3<sup>5)</sup> <sup>6)</sup>. Outros cimentos devem satisfazer as normas nacionais ou regulamentações em vigor no local de aplicação do betão (\*).

### 4.2. Inertes

Os inertes devem estar de acordo com as exigências das normas nacionais ou das regulamentações em vigor no local de aplicação do betão (\*). Os inertes não devem conter constituintes prejudiciais em quantidades tais que possam afectar a durabilidade do betão ou provocar a corrosão das armaduras.

### 4.3. Água de amassadura

A água de amassadura deve satisfazer as exigências das normas nacionais ou das regulamentações em vigor no local de aplicação do betão (\*). A água não deve conter constituintes prejudiciais em quantidades tais que possam afectar a presa, o endurecimento e a durabilidade do betão ou provocar a corrosão das armaduras. Na Europa, de uma maneira geral, a água potável das redes de abastecimento público é adequada para o fabrico do betão.

### 4.4. Adjuvantes

Os adjuvantes devem satisfazer as exigências das normas nacionais ou das regulamentações em vigor no local de aplicação do betão (\*). Os adjuvantes não devem conter constituintes prejudiciais em quantidades tais que possam afectar a durabilidade do betão ou provocar a corrosão das armaduras.

### 4.5. Adições

As adições devem satisfazer as exigências das normas nacionais ou das regulamentações em vigor no local de aplicação do betão (\*). As adições não devem conter constituintes prejudiciais em quantidades tais que possam afectar a durabilidade do betão ou provocar a corrosão das armaduras.

## 5. Requisitos básicos para a composição do betão

### 5.1. Generalidades

A composição do betão, isto é, as dosagens de cimento, inertes e água (e das adições e adjuvantes quando utilizados) deve ser seleccionada de maneira a satisfazer os critérios de comportamento para o betão fresco e para o betão endurecido, incluindo a consistência, densidade, resistência, durabilidade e protecção das armaduras contra a corrosão. A composição do betão deve permitir obter uma traba-

<sup>4)</sup> Os tipos e classes dos cimentos são definidos na ENV 197 Partes 1 e 2 (projecto de Junho de 1988) (\*).

<sup>5)</sup> Enquanto não for aprovada a EN 197 podem ser usados os cimentos comparáveis desde que cumpram as normas nacionais ou regulamentações em vigor no local de aplicação do betão (\*).

<sup>6)</sup> Os tipos e classes de cimento referidos na ENV 206 são os definidos no prENV 197 partes 1 e 2 (Junho 1988) (\*).

(\*) Ver Anexo NA (Anexo Nacional)

- 3.14. Adjuvante:** Produto que é adicionado em pequenas quantidades referidas à massa do cimento, antes ou durante a amassadura ou numa operação adicional de amassadura, provocando as modificações requeridas das propriedades normais.
- 3.15. Adição:** Material inorgânico, finamente dividido que pode ser adicionado ao betão (na amassadura) com a finalidade de melhorar certas propriedades ou para adquirir propriedades especiais. Existem dois tipos de adições: adições quase inertes (tipo I) e pozolanas ou adições hidráulicas latentes (tipo II).
- 3.16. Inerte:** Material constituído por substâncias naturais ou artificiais, britadas ou não, com partículas de tamanho e forma adequados para o fabrico de betão.
- 3.17. Inerte de peso normal:** Inerte com massa volúmica entre 2000 e 3000 kg/m<sup>3</sup>, quando determinada de acordo com ISO 6783 ou ISO 7033.
- 3.18. Inerte leve:** Inerte com estrutura porosa e com massa volúmica inferior a 2000 kg/m<sup>3</sup>, quando determinada de acordo com ISO 6783 ou ISO 7033.
- 3.19. Inerte pesado:** Inerte com massa volúmica superior a 3000 kg/m<sup>3</sup>, quando determinada de acordo com ISO 6783 ou ISO 7033.
- 3.20. Cimento (ligante hidráulico):** Material inorgânico finamente moído que, quando misturado com a água, forma uma pasta que faz presa e endurece em virtude das reacções e processos de hidratação e que, depois de endurecer, mantém a sua resistência e estabilidade mesmo debaixo de água.
- 3.21. Dosagem efectiva de água:** Soma da água de amassadura com a água presente na superfície dos inertes e nos adjuvantes e adições (e eventualmente com a água resultante do gelo adicionado ou do aquecimento a vapor).
- 3.22. Razão água/cimento:** Razão entre a dosagem efectiva de água e a dosagem de cimento no betão.
- 3.23. Betão de comportamento especificado:** Betão em que o empreiteiro é responsável pela especificação do comportamento requerido e das características adicionais e o produtor é responsável pelo seu fornecimento de forma que satisfaça ao comportamento requerido e às características adicionais.
- 3.24. Betão de composição prescrita:** Betão em que o empreiteiro especifica a composição do betão e os materiais a serem utilizados. O produtor é responsável pelo fornecimento do betão mas não é responsável pelo seu comportamento.
- 3.25. Ensaio inicial:** Ensaio ou ensaios para verificar, antes da utilização do betão, como deve ser a sua composição a fim de satisfazer todos os requisitos de comportamento nos estados fresco e endurecido, tendo em atenção os materiais constituintes a utilizar e as condições particulares na obra.
- 3.26. Ar introduzido:** Bolhas microscópicas de ar, intencionalmente introduzidas no betão durante a amassadura, em geral através do uso de um agente tensoactivo de superfície; apresentam-se com forma esférica ou aproximadamente esférica com diâmetro situado tipicamente entre 10 µm e 100 µm.
- 3.27. Ar ocluído:** Vazios de ar no betão que não foram propositadamente introduzidos e que são significativamente maiores (com tamanho igual ou superior a 1 mm) e menos úteis que os vazios de ar introduzido.



#### 2.4. Outras referências

Eurocode n.º 2

Règles communes unifiées pour les structures en béton<sup>1)</sup> (\*).

Eurocode n.º 4

Règles communes unifiées pour les constructions mixtes acier-béton (\*).

### 3. Definições (\*)

**3.1. Betão:** Material formado pela mistura de cimento, de inertes grossos e finos e de água, resultante do endurecimento da pasta de cimento (cimento e água); para além destes componentes básicos, pode também conter adjuvantes e adições.

Nota: Se a máxima dimensão do inerte for 4 mm ou menos, o material resultante é denominado argamassa.

**3.2. Betão fresco:** Betão ainda no estado plástico e capaz de ser compactado por métodos normais.

**3.3. Betão endurecido:** Betão que endureceu e desenvolveu uma certa resistência.

**3.4. Betão fabricado no local:** Betão doseado e amassado pelo empreiteiro, no local ou perto da obra.

**3.5. Betão pronto:** Betão doseado numa central exterior ou não ao local de construção, amassado em central fixa ou em camiãõ betoneira, e entregue pelo produtor ao empreiteiro no estado fresco, pronto para uso no local de construção ou para enchimento do veículo do empreiteiro.

**3.6. Betão de peso normal:** Betão com uma massa volúmica após secagem em estufa (105° C) superior a 2000 kg/m<sup>3</sup> mas não excedendo 2800 kg/m<sup>3</sup>.

**3.7. Betão leve:** Betão com uma massa volúmica após secagem em estufa não superior a 2000 kg/m<sup>3</sup>, total ou parcialmente fabricado com inertes de estrutura porosa (inertes leves: ver definição 3.18).

**3.8. Betão pesado:** Betão com uma massa volúmica obtida após secagem em estufa superior a 2800 kg/m<sup>3</sup>.

**3.9. Camião betoneira:** Unidade misturadora de betão, geralmente montada num chassis automotor, capaz de produzir e entregar um betão homogeneamente misturado. Um camiãõ betoneira pode ser utilizado como um camiãõ agitador.

**3.10. Camião agitador:** Equipamento montado num chassis automotor, capaz de manter homogeneamente misturado durante o percurso um betão previamente amassado.

**3.11. Equipamento não agitador:** Camião, tremonha de transporte ou outro equipamento utilizado para transporte de betão sem dispositivo de agitação.

**3.12. Amassadura:** Quantidade de betão amassado num ciclo de operações de uma betoneira, ou a quantidade de betão pronto transportada num veículo, ou a quantidade de betão descarregada durante 1 minuto de uma betoneira contínua, ou ainda a operação que produz estas quantidades.

**3.13. Entrega:** Processo de fornecer betão ao empreiteiro, normalmente por descarga do camiãõ de betão pronto.

<sup>1)</sup> Em Setembro de 1988 ainda na forma de projecto.

(\*) Ver Anexo NA (Anexo Nacional)

ISO 9690<sup>3)</sup>

Production et contrôle du béton.

Classification des conditions d'environnement présentant une agressivité chimique affectant le béton.<sup>1)</sup>

2.3. Referências opcionais (\*)

ISO 4109:1980

Béton frais - Détermination de la consistance - Essai d'affaissement.

ISO 4110:1979

Béton frais - Détermination de la consistance - Essai Vêbê.

ISO 4111:1979

Béton frais - Détermination de la consistance - Degré de compactabilité.

ISO 6275:1982

Béton durci - Détermination de la masse volumique.

ISO 6276:1982

Béton frais compacté - Détermination de la masse volumique.

ISO 6782:1982

Granulats pour béton - Détermination de la masse volumique en vrac.

ISO 6783:1982

Gros granulats pour béton - Détermination de la masse volumique réelle et de l'absorption d'eau - Méthode de la balance hydrostatique.

ISO 7033:1987

Granulats fins et gros pour béton - Détermination de la masse volumique réelle et de l'absorption d'eau - Méthode du pycnomètre.

ISO 7034

Carottes de béton durci - Prélèvement, examen et essai en compression.<sup>1)</sup>

ISO 8045

Béton durci - Détermination de l'indice de rebondissement à l'aide du scléromètre.<sup>1)</sup>

ISO 8046

Béton durci - Détermination de la résistance à l'arrachement.<sup>1)</sup>

ISO 8047

Béton durci - Détermination de la vitesse de propagation du son.<sup>1)</sup>

ISO 9812

Béton frais - Détermination de la consistance - Essai de fluage.<sup>1)</sup>

RILEM CPC7

Traction directe. (Recommandation finale, 1975).

EN 45011

Conditions générales d'acceptation d'organismes de certification.

EN 45014

Conditions générales de déclaration de conformité.

<sup>1)</sup> Em Setembro de 1988 ainda na forma de projecto.

<sup>3)</sup> A referência a este documento respeita ao projecto ISO/DP 9690:1987 e deve ser discutida durante a vigência da ENV 206.

(\*) Ver Anexo NA (Anexo Nacional)

O termo «opcional» em 2.3 significa que podem ser acordadas outras normas ou regras equivalentes.

**2.2. Referências obrigatórias**

EN 196-7

Méthodes d'essais des ciments - Partie 7 - Méthodes de prélèvement et d'échantillonnage du ciment (\*).

ENV 197-1

Ciment: composition, spécifications, et critères de conformité - Partie 1: définition et composition<sup>1)</sup> (\*).

ENV 197-2

Ciment: composition, spécifications et critères de conformité - Partie 2: spécifications<sup>1)</sup> (\*).

ENV 197-3

Ciment: composition, spécifications et critères de conformité - Partie 3: critères de conformité<sup>1)</sup> (\*).

ISO 1920<sup>2)</sup>:1976

Essais des bétons - Dimensions, tolérances et destination des éprouvettes.

ISO 2736/1:1986

Essais du béton - Eprouvettes - Partie 1: échantillonnage du béton frais.

ISO 2736/2<sup>2)</sup>:1986

Essais du béton - Eprouvettes - Partie 2: confection et conservation des éprouvettes pour essais de résistance.

ISO 4012<sup>2)</sup>:1978

Béton - Détermination de la résistance à la compression des éprouvettes.

ISO 4013<sup>2)</sup>:1978

Béton - Détermination de la résistance à la flexion des éprouvettes.

ISO 4103:1979

Béton - Classification de la consistance.

ISO 4108:1980

Béton - Détermination de la résistance à la traction par fendage des éprouvettes.

ISO 4848:1980

Béton - Détermination de la teneur en air du béton frais - Méthode de la compressibilité.

ISO 7031<sup>2)</sup>

Béton durci - Détermination de la profondeur de pénétration de l'eau sous pression.<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Em Setembro de 1988 ainda na forma de projecto.

<sup>2)</sup> Conforme correcções no Anexo A.

(\*) Ver Anexo NA (Anexo Nacional)

## 1. Generalidades

### 1.1. Objectivo

A presente Norma estabelece as exigências técnicas relativas não só aos componentes do betão, à sua composição, às propriedades do betão fresco e do betão endurecido e sua verificação, mas também as relativas ao fabrico do betão, seu transporte, entrega, colocação, cura e procedimentos para o controle da qualidade. Outra finalidade desta Norma é dar a informação sobre o material betão necessária para a utilização dos Eurocódigos relevantes.

### 1.2. Campo de aplicação

As exigências da presente Norma são aplicáveis ao betão preparado em estaleiro, ao betão pronto ou ao betão produzido em fábrica (p.ex. de pré-moldados). Esta Norma é aplicável a estruturas moldadas in situ ou pré-fabricadas e a componentes estruturais para edifícios ou estruturas de engenharia civil onde se utilize o betão simples, o betão armado ou o betão pré-esforçado; ela não é aplicável a certos produtos pré-fabricados de betão (tais como blocos de alvenaria, blocos para pavimentos, tubagens), a caldas de injeção, etc.

Podem ainda ser necessários requisitos adicionais, mesmo diferentes, para:

- estruturas complexas, como viadutos especiais, grandes barragens, centrais nucleares e plataformas marítimas, bem como para estradas;
- a utilização de novos materiais constituintes, de tecnologias especiais (p.ex., processos de fabricação) ou de tecnologias inovadoras nos processos de construção.

Em todos os casos as medidas escolhidas devem ser adequadas e não devem entrar em conflito com as exigências de segurança e durabilidade da estrutura.

A presente Norma aplica-se somente ao betão tendo uma estrutura fechada, confeccionado com inertes de densidade normal e compactado de modo a não ficar com uma quantidade apreciável de ar ocluído, à parte o ar introduzido referido em 6.2.2.

A presente Norma pode, em princípio, ser também aplicada ao betão pesado (ver 3.8) com inertes naturais e ao betão leve (ver 3.7) com inertes artificiais ou naturais. Nestes casos, contudo, devem tomar-se cuidados especiais.

Independentemente das exigências desta Norma, podem ser utilizadas outras regras para estruturas simples de pouca importância se estiverem consideradas nas regulamentações nacionais (\*).

## 2. Referências

### 2.1. Generalidades

O termo «obrigatório» significa que as exigências das normas, ou de parte delas, devem ser imperativamente observadas quando referidas nas cláusulas relevantes desta Norma.

Excepcionalmente, durante a vigência da ENV 206, podem ser utilizados métodos de ensaio nacionais, desde que o organismo nacional de normalização garanta que os resultados obtidos seguindo as normas nacionais são equivalentes aos resultados obtidos seguindo as normas internacionais relevantes.

---

(\*) Ver Anexo NA (Anexo Nacional)

11.2.2.2. Controle do betão pelo empreiteiro quando se utiliza betão pronto	34
11.2.2.3. Controle do betão num processo de fabrico contínuo pelo fabricante de betão pronto ou por uma empresa de prefabricação	34
11.2.3. Inspeção antes da betonagem	35
11.2.4. Inspeção durante o transporte, colocação, compactação e cura do betão fresco	35
11.3. Controle de conformidade	38
11.3.1. Generalidades	38
11.3.2. Critérios de conformidade	38
11.3.3. Sistemas de verificação	38
11.3.3.1. Caso 1 - Verificação por um organismo de certificação	38
11.3.3.2. Caso 2 - Verificação pelo dono da obra	38
11.3.3.3. Ensaio de recepção	42
11.3.4. Responsabilidade pela amostragem	42
11.3.5. Plano de amostragem e critérios de conformidade para a resistência à compressão do betão	42
11.3.5.1. Plano de amostragem e critérios de conformidade a adoptar na obra	42
11.3.5.2. Plano de amostragem e critérios de conformidade a adoptar no fabrico contínuo de betão em centrais de betão pronto	44
11.3.5.3. Plano de amostragem e critérios de conformidade a adoptar no fabrico contínuo de betão em fábricas de prefabricação	44
11.3.5.4. Critérios de conformidade para a resistência à compressão	44
11.3.6. Plano de amostragem e critérios de conformidade para a consistência do betão	46
11.3.7. Plano de amostragem e critérios de conformidade para a massa volúmica do betão leve	46
11.3.8. Plano de amostragem e critérios de conformidade para a razão água/cimento	46
11.3.9. Plano de amostragem e critérios de conformidade para a dosagem de cimento	46
11.3.10. Plano de amostragem e critérios de conformidade para o teor de ar do betão fresco	47
11.3.11. Plano de amostragem e critérios de conformidade para a penetração da água	47
11.3.12. Plano de amostragem e critérios de conformidade para o teor de cloretos	47
Anexo A	48
Modificações dos documentos de referência	48
A.1 - ISO 1920 Provetes de ensaio; dimensões; tolerâncias	48
A.2 - ISO 2736 Parte 2: Moldagem e cura dos provetes para ensaios de resistência	48
A.3 - ISO 4012 - Resistência à compressão	48
A.4 - ISO 4013 - Resistência à flexão	48
A.5 - ISO 7031 - Resistência à penetração da água	48
Anexo NA (Anexo Nacional)	49

7.3.1.5. Resistência à penetração da água	23
7.3.2. Massa volúmica	23
8. Especificação do betão	24
8.1. Generalidades	24
8.2. Elementos necessários para definir betões de comport. especificado	24
8.2.1. Generalidades	24
8.2.2. Elementos base	24
8.2.3. Elementos adicionais se requeridos por condições especiais	24
8.3. Elementos necessários para definir betões de composição prescrita	25
8.3.1. Generalidades	25
8.3.2. Elementos base	25
8.3.3. Elementos adicionais	25
9. Fabrico do betão	25
9.1. Pessoal, equipamento e instalações	25
9.1.1. Pessoal	25
9.1.2. Equipamento e instalações	26
9.1.2.1. Armazenamento de materiais	26
9.1.2.2. Equipamento de dosagem	26
9.1.2.3. Betoneiras	26
→ 9.2. Doseamento dos materiais constituintes	27
9.3. Amassadura do betão	27
10. Transporte, colocação e cura do betão fresco	28
10.1. Pessoal	28
10.2. Transporte	28
10.3. Entrega	28
10.3.1. Informação do fabricante no caso de betão pronto	28
10.3.2. Guia de remessa no caso do betão pronto	28
10.3.3. Entrega no caso de betão fabricado no local pelo empreiteiro	29
10.4. Consistência na entrega	29
10.5. Colocação e compactação	29
10.6. Cura e protecção	30
10.6.1. Generalidades	30
10.6.2. Métodos de cura	30
10.6.3. Tempo de cura	30
10.6.4. Protecção contra a fissuração superficial por retracção térmica	31
10.6.5. Protecção contra o gelo	31
10.7. Tratamento com calor	31
10.8. Descofragem	32
11. Procedimentos para o controle da qualidade	32
11.1. Generalidades	32
11.2. Controle de produção	33
11.2.1. Generalidades	33
11.2.2. Controle do fabrico	34
→ 11.2.2.1. Controle dos materiais constituintes, equipamento, processo de fabrico e propriedades do betão	34

<b>Índice</b>	<b>pág.</b>
1. Generalidades	9
1.1. Objectivo	9
1.2. Campo de aplicação	9
2. Referências	9
2.1. Generalidades	9
2.2. Referências obrigatórias	10
2.3. Referências opcionais	11
2.4. Outras referências	12
3. Definições	12
4. Materiais constituintes	14
4.1. Cimentos	14
→4.2. Inertes	14
4.3. Água de amassadura	14
4.4. Adjuvantes	14
4.5. Adições	14
5. Requisitos básicos para a composição do betão	14
5.1. Generalidades	14
5.2. Estrutura do betão	15
5.3. Tipos de cimento, dosagem de cimento e razão água/cimento	15
→5.4. Granulometria dos inertes	15
5.5. Teor de cloretos do betão	16
5.6. Consistência durante a betonagem	16
5.7. Resistência à reacção álcalis-silica	16
5.8. Adjuvantes	17
5.9. Adições	17
5.10. Temperatura do betão	17
6. Requisitos de durabilidade	17
6.1. Generalidades	17
6.2. Resistência às acções do ambiente	18
6.2.1. Classes de exposição relacionadas com as condições ambientais	18
6.2.2. Requisitos de durabilidade relacionados com as condições ambientais	18
7. Propriedades do betão e métodos de verificação	18
7.1. Generalidades	18
7.2. Betão fresco	18
7.2.1. Consistência	18
7.2.2. Teor de ar	21
7.2.3. Massa volúmica do betão fresco compactado	21
7.2.4. Razão água/cimento e dosagem de cimento	21
7.3. Betão endurecido	22
7.3.1. Resistência a acções mecânicas	22
7.3.1.1. Resistência à compressão	22
7.3.1.2. Resistência à tracção	22
7.3.1.3. Desenvolvimento da resistência	23
7.3.1.4. Resistência à abrasão	23

material betão, harmonizando e completando as regras contidas no Eurocódigo 2 para o projecto e execução de estruturas de betão. Assim, no Eurocódigo 2 e no Eurocódigo 4 fazem-se referências à ENV 206 relativas à tecnologia do betão. Quando no projecto estrutural se utilizarem os Eurocódigos, a Pré-Norma Europeia ENV 206 torna-se automaticamente obrigatória. Neste documento as exigências vêm expressas em termos de «deve» ou «convém». O termo «deve» significa que os requisitos são obrigatórios. O termo «convém» significa que os requisitos são para ser seguidos nas aplicações normais e, no caso de se verificarem alterações, estas têm que ser justificadas; as alterações têm em todos os casos que satisfazer os requisitos obrigatórios.

### **Futuro do documento**

De acordo com as regras comuns do CEN/CENELEC, três anos após a publicação e adopção do documento como uma Pré-Norma Europeia, esta tem que ser reexaminada com a finalidade de verificar o seu conteúdo técnico e a possível modificação do seu estatuto para Norma Europeia (EN).

Outra razão para a escolha do estatuto de Pré-Norma Europeia foi a existência de um certo número de questões técnicas que continuam por esclarecer. Em alguns casos, não se pode ainda estabelecer uma regulamentação europeia uniforme, pelo que se tem de fazer referência à regulamentação nacional; noutros casos, os documentos de referência não estão disponíveis na sua redacção final (por exemplo as especificações da Pré-Norma Europeia prENV 197 para o cimento e as normas de alguns ensaios). A ocorrência de possíveis alterações nestes documentos pode também ter influência na ENV 206.

O acordo noutras questões só pode ser considerado preliminar, e terá ainda de ser obtida a correspondente experiência a nível europeu, como por exemplo no que se refere a:

- requisitos de durabilidade;
- regras para controle de qualidade (p.ex. princípios estatísticos, critérios de conformidade, número de amostras);
- alargamento do quadro 8 a classes de resistência superiores;
- classes de resistência para o betão leve;
- consideração das adições na determinação da razão A/C e na dosagem de cimento;
- requisitos para a qualificação do pessoal;
- disposições adicionais e particulares para a produção de elementos pré-fabricados;
- análise de todas as normas ISO de referência;
- divisão de responsabilidades entre o fabricante e o dono da obra;
- reanálise de precisão dos equipamentos de pesagem;
- reanálise das exigências de cura;

Os Comitês Técnicos decidiram continuar os trabalhos sobre estas questões imediatamente após a publicação da Pré-Norma Europeia ENV 206, isto é, dentro do período de validade de três anos mencionado anteriormente.



## Histórico

Esta Pré-Norma Europeia foi preparada pelos Comitês Técnicos CEN/TC 94 «Betão Pronto - Produção e fornecimento» e CEN/TC 104 «Betão - Comportamento, produção, colocação e critérios de conformidade» com os representantes da Bélgica, Dinamarca, França, Irlanda, Itália, Holanda, Noruega, Portugal, Espanha, Reino Unido, República Federal da Alemanha e Suécia como membros participantes, tendo o DIN assumido o Secretariado.

Esta Pré-Norma foi elaborada com base no projecto de Normas Europeias prEN 199 «Betão Pronto - Produção fornecimento» e prEN 206 «Betão - Comportamento, produção, colocação e critérios de conformidade». O trabalho com o prEN 199 iniciou-se em 1979 e foi temporariamente suspenso em 1981.

O CEN/TC 94 concordou que o prEN 199 só se referisse aos aspectos relativos à especificação, produção, fornecimento e controlo de qualidade específicos do betão pronto. No que se refere aos aspectos relativos ao betão como material de construção, admitiu-se que aqueles seriam tratados noutras Normas Europeias que estavam a ser discutidas no CEN/TC 104. O trabalho no CEN/TC 104 começou em 1981 com o documento prEN 206 que ficou terminado em 1984 e foi enviado para votação preliminar em 1985.

Na votação preliminar do prEN 199 e do prEN 206 nenhum dos projectos conseguiu obter a necessária maioria para ser uma Norma Europeia, quer por razões técnicas, quer também por razões relacionadas com a implementação imediata dos documentos como normas nacionais, de acordo com as regras do CEN.

Após cuidadosa consideração dos comentários recebidos, os dois Comitês CEN/TC 94 e 104 decidiram, numa reunião conjunta em 1986, fundir os projectos prEN 199 e prEN 206 num só documento e dar-lhe o estatuto de uma Pré-Norma Europeia (ver secção «Estatuto do documento») a fim de atender às objecções de vários membros do CEN relativas à sua imediata entrada em vigor.

O documento apresentado como ENV 206 é o resultado de discussões verificadas em quatro reuniões conjuntas dos Comitês CEN/TC 94 e CEN/TC 104, foi preparado em vários encontros do Grupo de Trabalho Conjunto que se realizaram desde 1986 e baseia-se nos textos prEN 199 e prEN 206 bem como nos comentários recebidos durante a votação preliminar e, especialmente, na última reunião conjunta do CEN/TC 94 e CEN/TC 104 em Milão em Junho de 1988.

De acordo com as regras do CEN/CENELEC, esta Norma Europeia deve ser aplicada pelos seguintes países:

Alemanha, Áustria, Bélgica, Dinamarca, Espanha, Finlândia, França, Grécia, Irlanda, Islândia, Itália, Luxemburgo, Noruega, Países-Baixos, Portugal, Reino Unido, Suécia e Suíça.

## Estatuto do documento

Na opinião dos Comitês CEN/TC 94 e CEN/TC 104 o presente documento tem o estatuto de uma Pré-Norma Europeia (ENV). De acordo com as regras comuns do CEN/CENELEC, tal quer dizer que o documento não tem carácter obrigatório para os membros do CEN e não tem de ser automaticamente implementado como norma nacional.

Um dos principais objectivos desta Pré-Norma Europeia é estabelecer regras para o

---

CDU 666.971/98:691.32:693.5:620.1:658.562

Descritores: Betão, composição, classificação, características, durabilidade, especificações, entrega, produção, colocação, controle de qualidade, verificação da conformidade.

**Versão portuguesa**

**Betão - Comportamento, produção, colocação  
e critérios de conformidade**

Beton - Eigenschaften,  
Herstellung, Verarbeit-  
ung und Gütenachweis

Béton - Performances, pro-  
duction, mise en oeuvre et  
critères de conformité

Concrete - Performance,  
production, placing and  
compliance criteria

A presente Norma é a versão portuguesa da Pré-Norma Europeia ENV 206 de 30 de Março de 1990, em português. A tradução é da responsabilidade do Instituto Português da Qualidade.

Esta Pré-Norma Europeia (ENV) foi ratificada pelo CEN em 1989-09-19 como uma Norma experimental para aplicação provisória. O período de validade desta ENV está inicialmente limitado a três anos. Após dois anos, os membros do CEN serão convidados a formular os seus comentários, em particular, sobre a possível conversão da ENV em EN.

Os membros do CEN devem anunciar a existência desta ENV do mesmo modo que para uma EN e tornar a ENV disponível a nível nacional, rapidamente e de forma apropriada.

As normas nacionais em contradição com a ENV podem ser mantidas em vigor (em simultâneo com a ENV) até decisão final sobre a possível conversão da ENV em EN.

Os membros do CEN são os organismos nacionais de normalização dos seguintes países: Alemanha, Áustria, Bélgica, Dinamarca, Espanha, Finlândia, França, Grécia, Irlanda, Islândia, Itália, Luxemburgo, Noruega, Países Baixos, Portugal, Reino Unido, Suécia e Suíça.

CEN

Comité Européen de Normalização  
Europäisches Komitee für Normung  
Comité Européen de Normalisation

!European Committee for Standardization

!Secretariado Central: rue Bréderode 2, B-1000 Bruxelles

Sables pour mortier et béton. Recherche de la matière organique par la méthode de l'acide tannique

## 1 — PREÂMBULO

A matéria orgânica figura entre as substâncias estranhas mais prejudiciais de uma areia para fabricação de argamassas e betões. Com efeito, a sua acção sobre o cimento revela-se no retardamento da presa e na diminuição da resistência mecânica da argamassa ou betão em que ela esteja incorporada. É particularmente perigosa no caso do emprego dos cimentos portland e aluminoso.

Com base no método colorimétrico de Abrams o Laboratório Nacional de Engenharia Civil levou a efeito estudos que conduziram à presente norma para pesquisar a matéria orgânica numa areia.

Apesar da imprecisão do método resolveu-se adoptá-lo dada a grande facilidade de execução e a dificuldade de o substituir por outro melhor, enquanto o conhecimento do modo de actuação da matéria orgânica sobre o cimento estiver numa fase empírica.

Deste modo, o ensaio descrito na presente norma deverá ser tomado como um ensaio preliminar para escolha da areia. No caso de a areia conter uma quantidade de matéria orgânica igual ou inferior ao limite admissível, deve proceder-se à realização de ensaios mecânicos de provetes de argamassa da areia em causa para averiguação da eventual influência da matéria orgânica na resistência.

## 2 — OBJECTIVO

A presente norma fixa o modo de efectuar a pesquisa de matéria orgânica — especialmente de natureza húmica — nas areias naturais.

## 3 — COLHEITA DE AMOSTRAS

A amostra de areia deverá ser colhida de acordo com a norma respectiva e pesar cerca de 500 g.

## 4 — REAGENTES

4.1 — Solução de hidróxido de sódio — Dissolver 30 g de hidróxido de sódio em 1000 ml de água destilada.

4.2 — Solução alcoólica — A 10 ml de álcool etílico (a cerca de 90° Gay Lussac) juntar água destilada até perfazer 100 ml.

4.3 — Solução de ácido tânico — Dissolver 2 g de ácido tânico em 100 ml da solução alcoólica anterior.

4.4 — Solução padrão — Num frasco de 250 ml (de vidro incolor e com rolha esmerilada) deitar 2,5 ml da solução de ácido tânico e 97,5 ml da solução de hidróxido de sódio. Agitar e deixar repousar durante 24 horas com o frasco rolhado.

## 5 — TÉCNICA DO ENSAIO

Tomam-se 100 g de areia seca que se introduzem num frasco igual ao que contém a solução padrão e adicionam-se-lhe 80 ml da solução de hidróxido de sódio. Agita-se enérgicamente, tanto mais quanto maior for a percentagem de finos da areia, e deixa-se repousar durante 24 horas com o frasco rolhado.

No fim do tempo indicado compara-se a cor do líquido sobrenadante com a cor da solução padrão, que deve ser preparada no início do ensaio.

Esta solução corresponde a 500 partes por milhão de ácido tânico na areia.

A temperatura ambiente durante o ensaio não deve ser superior a 25 °C.

## 6 — APRESENTAÇÃO DO RESULTADO

O resultado exprime-se indicando se a quantidade da matéria orgânica é ou não prejudicial, conforme a cor do líquido que sobrenada a areia for mais escura ou mais clara do que a da solução padrão.

Agrégats pour mortiers et bétons. Détermination de la masse volumique de pierres concassées et de gravier et de leur absorption d'eau

## 1 — OBJECTIVO

A presente norma destina-se a fixar o processo de efectuar a determinação das massas volúmicas e da absorção de água das britas e dos godos (veja-se a Norma NP-86).

## 2 — DEFINIÇÕES

Para efeitos da presente norma, entende-se por:

- 2.1 — Massa volúmica do material impermeável das partículas — O quociente da massa do inerte seco pelo volume do material das partículas, mais o dos poros destas nos quais a água não penetrou ao fim de 24 h de imersão.
- 2.2 — Massa volúmica das partículas saturadas — O quociente da massa do inerte mais a da água por este absorvida em 24 h de imersão, pelo volume do material das partículas, mais o de todos os seus poros.
- 2.3 — Massa volúmica das partículas secas — O quociente da massa do inerte seco pelo volume do material das partículas, mais o de todos os seus poros.
- 2.4 — Absorção de água — A percentagem, referida à massa do inerte seco da água absorvida durante 24 h de imersão à temperatura ambiente.

## 3 — APARELHOS E UTENSÍLIOS

- 3.1 — Balança para pesagens, com limites de erro de  $\pm 0,5$  g, que permita a suspensão do cesto (veja-se a secção 3.2) num dos braços.
- 3.2 — Cesto cilíndrico de rede metálica, de malha quadrada, de 4,76 mm de abertura, e com cerca de 20 cm de diâmetro e 20 cm de altura. É necessário conhecer a massa deste cesto no ar e mergulhado em água.
- 3.3 — Recipiente apropriado para imersão do cesto.
- 3.4 — Estufa para secagem entre 105 °C e 110 °C.
- 3.5 — Termómetro graduado em graus Celsius para temperaturas entre 0 °C e 40 °C.

## 4 — PROVETE

O provete deve ser constituído por cerca de 5 kg de partículas do inerte que não passem através da rede do cesto.

## 5 — TÉCNICA

Lava-se o provete até remover todas as impurezas superficiais e deixa-se mergulhado em água, durante 24 h, à temperatura ambiente, tendo o cuidado de o agitar algumas vezes para desprender as bolhas de ar que vão sendo expulsas do material. Anota-se a temperatura da água.

(Continua)

Retira-se o provete e limpa-se a superfície das partículas com uma toalha ou pano húmidos, evitando a perda da água absorvida.  
 Lança-se o provete no cesto e pesa-se. Em seguida, mergulha-se na água, tendo o cuidado de agitar o provete para desprender quaisquer bolhas de ar que tenham ficado agarradas ao material, e pesa-se novamente.  
 Seca-se o provete na estufa, entre 105 °C e 110 °C, até massa constante.  
 Todas as pesagens devem ser feitas sem retirar o provete do cesto, a fim de evitar perdas de material.

**RESULTADOS**

**CALCULOS**

Sendo:

$m_1$ , a massa do provete com as partículas saturadas (massa do provete saturado e do cesto, deduzida da massa deste no ar, como se indicou na secção 3.2),

$m_2$ , a massa do provete imerso (massa do provete e do cesto imersos em água, deduzida da massa deste também imerso em água, como se indicou na secção 3.2),

$m_3$ , a massa do provete seco (massa do provete seco e do cesto, deduzida da massa deste no ar, como se indicou na secção 3.2),

expressas na mesma unidade,

$\rho$  a massa volúmica da água à temperatura a que se realizou o ensaio (veja-se a secção 7), expressa em quilogramas por metro cúbico,

$\rho_s$  a massa volúmica do material impermeável das partículas, expressa em quilogramas por metro cúbico, é: (MASSA VOLÚMICA REAL)

$$\frac{m_1}{m_1 - m_2} \times \rho; \quad \frac{m_3}{m_3 - m_2} \times \rho$$

massa volúmica das partículas saturadas, expressa em quilogramas por metro cúbico, é:

$$\frac{m_1}{m_1 - m_2} \times \rho; \quad \frac{m_1}{m_1 - m_2} \times \rho$$

massa volúmica das partículas secas, expressa em quilogramas por metro cúbico, é:

(MASSA VOLÚMICA APARENTE)

$$\frac{m_3}{m_1 - m_2} \times \rho; \quad \frac{m_3}{m_1 - m_2} \times \rho$$

absorção de água, expressa em percentagem, referida à massa do inerte seco, é:

$$\frac{m_1 - m_2}{m_3} \times 100; \quad \frac{m_1 - m_3}{m_3} \times 100$$

**PRESENTAÇÃO**

Os valores das diferentes massas volúmicas apresentam-se arredondados às dezenas e o valor da absorção de água apresenta-se arredondado às décimas.

**VALORES DAS MASSAS VOLÚMICAS DA ÁGUA**

Os valores das massas volúmicas a adoptar são os seguintes:

Até 20 °C .....	1000 kg/m <sup>3</sup>
Entre 20 °C e 30 °C .....	997 kg/m <sup>3</sup>

ICP/LI - Relatório de Normalização - An. de Base. 1 - LÍBRO A-1 - PORTUGAL

Granulats pour mortiers et bétons. Détermination de la masse volumique apparente

### 1 — OBJECTIVO

A presente Norma destina-se a fixar o modo de determinar a baridade de inertes com máxima dimensão não superior a 100 mm, destinados ao fabrico de argamassas e betões.

### 2 — RESUMO DO PROCESSO

Determinação da massa de inerte seco que preenche, em dadas condições de compactação, um recipiente de capacidade conhecida.

Para a determinação da baridade de inertes húmidos veja-se a secção 8.

### 3 — DEFINIÇÃO

Baridade — Massa volúmica aparente do material, dada pelo quociente da massa do inerte seco pelo volume por este ocupado em condições de compactação definidas.

### 4 — APARELHOS E UTENSÍLIOS

4.1 — Balanças para pesagens com limites de erro de  $\pm 0,2\%$  das massas a determinar.

4.2 — Estufa para secagem a  $105^{\circ}\text{C}$ – $110^{\circ}\text{C}$ .

4.3 — Varão de compactação, de aço, com 16 mm de diâmetro e cerca de 60 cm de comprimento, desempenado e com a extremidade hemisférica.

4.4 — Recipiente de aço, cilíndrico, torneado interiormente, estanque à água, suficientemente rígido para manter a forma mesmo em condições severas de utilização, de preferência munido de asas, com as dimensões indicadas no quadro I em função da máxima dimensão do inerte a ensaiar.

Os recipientes de  $15\text{ dm}^3$  e de  $30\text{ dm}^3$  devem ter a boca reforçada com um aro de 40 mm de altura e de, pelo menos, 2 mm de espessura.

QUADRO I

Máxima dimensão do inerte (*) mm	Capacidade nominal dm <sup>3</sup>	Diâmetro interior mm	Altura interior mm	Espessura mínima mm	
				Paredo	Fundo
$\leq 12,5$	3	155	160	2,5	5,0
19,0; 25,0	10	205	305	2,5	5,0
37,5	15	255	295	3,0	5,0
50,0; 75,0; 100	30	355	305	3,0	5,0

(\*) Máxima dimensão do inerte — Menor abertura do peneiro, de uma série de peneiros de referência, através do qual passa, pelo menos, 90 % da massa do inerte. Para efeitos da presente norma, a série de peneiros de referência é a correspondente às dimensões indicadas no quadro I.

Os peneiros em causa são definidos na ASTM Standard E-11-70 e correspondem aos peneiros de aberturas nominais de 12,7 mm, 19,0 mm, 25,4 mm, 38,1 mm, 50,8 mm, 76,1 mm e 101,6 mm anteriormente considerados na ASTM Standard E-11-61.

A boca dos recipientes deve ser plana, de tal modo que, assentando sobre ela uma chapa de vidro de 6 mm de espessura, não seja possível introduzir, em qualquer ponto, entre o bordo e a placa, um apalpador de folgas de 0,25 mm. Os planos da boca e do fundo devem ser normais ao eixo do recipiente e o seu paralelismo deve ser assegurado com a tolerância de 0,5°.

(Continua)

Cada recipiente deve ter inscritas as indicações da sua massa e da sua capacidade efectiva, determinada esta como a seguir se indica.

Enche-se o recipiente com água à temperatura ambiente e cobre-se com a chapa de vidro de modo não fiquem incluídas bolhas de ar. Limpa-se cuidadosamente a água extravasada e determina-se a massa do conjunto. Destapa-se o recipiente e determina-se a temperatura da água, em graus Celsius. Abre-se a água, socam-se o recipiente e a chapa de vidro e determina-se a sua massa. As pesagens devem efectuadas com limites de erro de  $\pm 0,1$  % das massas a determinar.

A capacidade do recipiente, expressa em decímetros cúbicos, é dada pelo quociente da diferença das massas determinadas, expressa em quilogramas, pelo valor da massa volúmica da água à temperatura em que foi efectuada a determinação, expressa em quilogramas por decímetro cúbico e indicada no quadro II. O valor da capacidade deve ser apresentado com quatro algarismos significativos.

QUADRO II

Temperatura da água °C	Massa volúmica kg/dm <sup>3</sup>	Temperatura da água °C	Massa volúmica kg/dm <sup>3</sup>
10	0,9997	21	0,9980
11	0,9996	22	0,9978
12	0,9995	23	0,9976
13	0,9994	24	0,9973
14	0,9993	25	0,9971
15	0,9991	26	0,9968
16	0,9990	27	0,9965
17	0,9988	28	0,9963
18	0,9986	29	0,9960
19	0,9984	30	0,9957
20	0,9982	31	0,9954

## PROVETE

Seca-se a amostra do inerte na estufa a 105°C–110°C até massa constante (1).

O provete é constituído pela quantidade de material seco necessária para encher, nas condições especificadas, o recipiente a utilizar no ensaio, escolhido em função da máxima dimensão do inerte (ver-se o quadro I).

## TÉCNICA

### DETERMINAÇÃO COM O INERTE COMPACTADO

— Inerte com máxima dimensão inferior ou igual a 37,5 mm

Assenta-se o recipiente de modo que não possa oscilar, e lançam-se dentro dele pequenas porções de material, distribuindo-as em camadas horizontais, até preencher um terço da capacidade do recipiente. Niveliza-se a superfície do material com a mão e compacta-se com 25 pancadas do varão de compactação, distribuídas uniformemente; em cada pancada, o varão deve penetrar verticalmente através da camada de inerte, evitando-se, todavia, que percute o fundo do recipiente.

Continua-se o enchimento, nas condições indicadas, até preencher dois terços da capacidade do recipiente; na compactação desta camada, deve evitar-se que o varão penetre na camada inferior.

Finalmente, completa-se o enchimento do recipiente e compacta-se o material nas condições anteriormente indicadas. Se for necessário ajustar o enchimento adicionando mais inerte, dever-se-á fazê-lo antes da compactação.

Realiza-se o nivelamento da superfície do material pelo plano da boca do recipiente, deslocando cuidadosamente algumas partículas, de tal modo que os vazios superficiais existentes sejam aproximadamente compensados, em relação àquele plano, pelas saliências de algumas partículas; no caso de material muito fino, rasa-se simplesmente a superfície com uma régua.

Abre-se o recipiente cheio.

(1) Considera-se atingida a massa constante quando a diferença entre as massas obtidas em duas pesagens consecutivas, intervaladas de pelo menos 4 h, for inferior a 0,2 % da massa determinada.

(Continua)

### 6.1.2 — Inerte com máxima dimensão superior a 37,5 mm

Enche-se o recipiente com três camadas de material, de espessuras aproximadamente iguais, em condições semelhantes às descritas na secção 6.1.1, excepto no que se refere à compactação de cada camada, que deve ser efectuada como a seguir é indicado.

Tendo colocado o recipiente sobre uma superfície lisa e rígida (p. ex., pavimento de material pétreo) levanta-se de um dos lados até uma altura de cerca de 5 cm e deixa-se cair livremente, de modo a obter-se uma pancada seca; esta operação efectua-se alternadamente em lados opostos do recipiente até perfazer 50 pancadas (25 de cada lado), para a compactação de cada camada de enchimento.

Os cuidados a ter no ajustamento do nível de enchimento são semelhantes aos indicados na secção 6.1.1.

Pesa-se o recipiente cheio.

### 6.2 — DETERMINAÇÃO COM O INERTE NÃO COMPACTADO

Lança-se o inerte no recipiente por meio de uma pá ou de uma colher, deixando-o cair de um nível não mais elevado que 5 cm acima da boca do recipiente. Devem ter-se os cuidados necessários para evitar, tanto quanto possível, a segregação das partículas por tamanhos na manipulação do inerte.

Efectua-se o enchimento completo do recipiente, até extravazar. Nivelá-se a superfície do material pelo plano da boca do recipiente do modo indicado na secção 6.1.1.

Pesa-se o recipiente cheio.

## 7 — RESULTADO

### 7.1 — CÁLCULO

Sendo:

$m_1$  a massa do recipiente, em quilogramas,

$m_2$  a massa do recipiente cheio com o inerte, em quilogramas,

$V$  a capacidade do recipiente, em decímetros cúbicos,

a baridade do inerte seco, em quilogramas por metro cúbico, é:

$$\frac{m_2 - m_1}{V} \times 1000$$

### 7.2 — APRESENTAÇÃO

O resultado apresenta-se arredondado às dezenas e é acompanhado da indicação de a determinação ter sido efectuada com ou sem compactação do inerte.

## 8 — OBSERVAÇÕES

Para a determinação da baridade de inertes com determinado teor em água, o processo estabelecido na presente Norma pode ser aplicado, com excepção da operação de secagem prévia referida na secção 5. O material deve ser manipulado com os cuidados necessários para evitar variações do seu teor em água, cujo valor será devidamente determinado e deve acompanhar o resultado da determinação da baridade.

## 9 — BIBLIOGRAFIA

ASTM STANDARD C 29-69 — Standard Method of Test for Unit Weight of Aggregate. Filadélfia, American Society for Testing and Materials, 1969.

ASTM STANDARD E-11-70 — Standard Specification for Wire-Cloth Sieves for Testing Purposes. Filadélfia, American Society for Testing and Materials, 1970.



Granulats pour mortiers et bétons. Analyse granulométrique

## 1 — OBJECTIVO

A presente Norma destina-se a fixar o modo de efectuar a análise granulométrica de inertes (arcias, godos, britas e suas misturas) destinados ao fabrico de argamassas e betões.

## 2 — RESUMO DO PROCESSO

Peneiração a seco do inerte através de uma série de peneiros de aberturas normalizadas; pesagem das parcelas de inerte obtidas e cálculo das fracções granulométricas correspondentes.

## 3 — DEFINIÇÕES

3.1 — Máxima dimensão do inerte — Menor abertura do peneiro, de uma série de peneiros de referência (1), através do qual passa, pelo menos, 90% da massa do inerte.

3.2 — Mínima dimensão do inerte — Maior abertura do peneiro, de uma série de peneiros de referência (1), através do qual não passa mais do que 5% da massa do inerte.

3.3 — Areia — Inerte natural ou artificial cuja máxima dimensão é 4,75 mm.

3.4 — Godo — Inerte natural, constituído por partículas de forma arredondada, cuja mínima dimensão é 4,75 mm.

3.5 — Brita — Inerte artificial, ou proveniente da britagem de rochas, cuja mínima dimensão é 4,75 mm.

## 4 — APARELHOS E UTENSÍLIOS

4.1 — Peneiros de rede de malha quadrada com as seguintes aberturas nominais (veja-se a Norma NP-1458):

200 mm, 150 mm, 100 mm, 75,0 mm, 50,0 mm, 37,5 mm, 25,0 mm, 19,0 mm, 12,5 mm, 9,50 mm, 6,30 mm, 4,75 mm, 2,36 mm, 1,18 mm, 600  $\mu$ m, 300  $\mu$ m, 150  $\mu$ m e 75  $\mu$ m (2).

4.2 — Balanças para pesagens com limites de erro de  $\pm 0,1\%$  das massas a determinar.

4.3 — Estufa para secagem a 105°C-110°C.

(1) Para efeitos da presente Norma, a série de peneiros de referência é a indicada na secção 4.1.

(2) Os peneiros indicados são definidos na ASTM Standard E 11-70 e correspondem aos peneiros de aberturas nominais de 101,6 mm, 76,1 mm, 50,8 mm, 38,1 mm, 25,4 mm, 19,0 mm, 12,7 mm, 9,51 mm, 6,35 mm, 4,76 mm, 2,38 mm, 1,19 mm, 0,595 mm, 0,297 mm, 0,149 mm e 0,074 mm, anteriormente considerados na Norma ASTM E 11-61.

Na ASTM E 11-70 não figuram os peneiros com aberturas nominais de 200 mm e 150 mm, tendo sido estas dimensões escolhidas na série R 40 dos Números Normais, de acordo com a Norma Internacional ISO 3 e a Norma Portuguesa NP-1458; em vez de peneiros podem usar-se crivos de chapa metálica (ou calibres) de malha quadrada com aquelas aberturas.

(Continua)

## 5 — PROVETE

A massa do provete deve ser da ordem de grandeza indicada no quadro I em função da máxima dimensão do inerte a ensaiar.

QUADRO I

Máxima dimensão do inerte mm	Massa do provete kg
200	150
150	100
100	50
75,0	30
50,0	15
37,5; 25,0	10
19,0; 12,5; 9,50; 6,30	3
< 4,75	1

Caso seja necessário reduzir a amostra para a obtenção do provete, deve proceder-se por esquarteamento, tomando sempre dois quartos opostos. A amostra deve ser previamente remexida a fim de uniformizar a distribuição das partículas e, no caso de conter partículas finas, deve ser ligeiramente humedecida. O provete deve resultar directamente das operações de esquarteamento, não se efectuando posteriormente qualquer tratamento da sua massa.

## - TÉCNICA

Seca-se o provete a 105°C-110°C até massa constante (1) e anota-se o valor desta.

Peneira-se o provete através dos crivos e peneiros indicados na secção 4.1, começando pelo de abertura correspondente à máxima dimensão do inerte.

Para provetes de 1 kg recomenda-se a utilização de peneiros de 20 cm de diâmetro ou de lado menor; para provetes de massa superior recomenda-se o emprego de peneiros de, pelo menos, 40 cm de diâmetro de lado menor. Os peneiros devem estar limpos e secos.

A fim de evitar entupimento dos peneiros, a peneiração deve ser conduzida de modo que a quantidade de material retido em cada peneiro não exceda a indicada no quadro II; para isso, se necessário, efectua-se a peneiração do provete por parcelas.

QUADRO II

Peneiros de 40 cm		Peneiros de 20 cm	
Abertura da malha mm	Material retido kg	Abertura da malha mm	Material retido g
50,0	8	4,75	350
37,5	6	2,36	200
25,0	4	1,18	100
19,0	3	0,600	75
12,5	2,5	0,300	50
9,50	1,5	0,150	40
6,30	1,0	0,075	25

(1) Considera-se atingida a massa constante quando a diferença entre as massas obtidas em duas pesagens consecutivas, interde pelo menos 4 h, for inferior a 0,1% da massa determinada.

A peneiração, que pode realizar-se mecânica ou manualmente, deve ser efectuada submetendo os peneiros a movimentos oscilatórios de translação e rotação acompanhados de vibrações, de modo a manter o material em movimento contínuo no fundo dos peneiros.

Não deve forçar-se, à mão ou com qualquer instrumento, a passagem de partículas através dos peneiros; no entanto, nos peneiros de abertura igual ou superior a 25,0 mm, pode ajcitar-se manualmente a posição das partículas de modo a favorecer a sua passagem através dos peneiros. Além disso, os aglomerados de partículas finas, eventualmente presentes, podem ser desfeitos manualmente, rolando-os entre os dedos.

Para desobstrução das malhas dos peneiros nas quais se tenham encravado partículas, pode escovar-se a rede, pela face inferior, com uma escova de pêlo macio. A fim de evitar a retenção de partículas nas malhas dos peneiros de 150  $\mu\text{m}$  e de 75  $\mu\text{m}$  pode auxiliar-se a sua passagem com um pincel de pêlo macio.

Durante todas as operações deve evitar-se, cuidadosamente, a perda de partículas; as partículas que passam no peneiro de malha de menor abertura devem ser recebidas num recipiente apropriado.

A peneiração num dado peneiro pode dar-se por concluída quando, durante 1 min, não passar mais de 1% do material retido nesse peneiro.

Terminada a peneiração, pesa-se o material retido em cada peneiro, incluindo as partículas que tenham ficado presas nas malhas, e pesa-se o material que passou através do peneiro de menor abertura. Adicionados os valores das massas de todas as fracções, caso se verifique que houve perda de material em quantidade superior a 0,5% da massa inicial do provete deve repetir-se o ensaio.

A técnica de ensaio indicada na presente Norma não permite quantificar com rigor a fracção granulométrica que passa no peneiro de 75  $\mu\text{m}$ . No caso de ser necessário caracterizar, rigorosamente, tal fracção, ou no caso de esta constituir uma parcela importante do inerte a analisar, há que proceder, previamente, à sua determinação por via húmida, ensaiando o provete de acordo com a técnica indicada na Norma NP-86.

## 7 — RESULTADOS

Sendo:

$m_1$  a massa do provete seco;

$m_2$  a massa do material retido num determinado peneiro;

ambas expressas na mesma unidade, a fracção do inerte retida nesse peneiro, em percentagem, é:

$$\frac{m_2}{m_1} \times 100$$

Obtidas as percentagens do inerte retido nos diversos peneiros, calcula-se a percentagem do inerte que passa em cada um dos peneiros somando a percentagem, do material nele retido com as do material retido em todos os peneiros de abertura maior e subtraindo de 100 o valor assim obtido.

As percentagens do inerte retido e passado em cada peneiro apresentam-se arredondadas às décimas.

A partir dos valores das percentagens do inerte passado em cada peneiro, pode traçar-se a curva granulométrica do inerte, marcando em ordenadas aqueles valores e em abcissas as aberturas dos correspondentes peneiros.

## 8 — REFERÊNCIA À NORMALIZAÇÃO INTERNACIONAL E CONGÉNERE

Esta Norma baseia-se nos seguintes documentos:

- ASTM Standard C 136-67 — Standard Method of Test Sieve or Screen Analysis of Fine and Coarse Aggregates. Philadelphia, American Society for Testing and Materials, 1969.
- British Standard BS 812:1967 — Methods for Sampling and Testing of Mineral Aggregates, Sands & Fillers. London, British Standards Institution, 1967.
- Norma ASTM E 11-70 — Specification for wire-cloth Sieves for Testing Purposes. Philadelphia, American Society for Testing and Materials, 1970.
- Norma Internacional ISO 3 — Nombres Normaux — Séries de nombres normaux. Genève, Organisation Internationale de Normalisation, 1973.
- Norma Portuguesa NP-1458 (1977) — PENEIROS PARA ENSAIO. Redes Metálicas e chapas metálicas perfuradas. Aberturas nominais.

Granulats pour mortiers et bétons. Détermination de la teneur en sulfures

## 1 - OBJECTIVO

A presente Norma destina-se a fixar o modo de determinar o teor em sulfuretos de inertes para argamassas e betões.

## 2 - RESUMO DO PROCESSO

Ataque do inerte com ácido clorídrico, em presença de solução de cloreto de estanho (II). Captação do sulfureto de hidrogénio libertado, por solução amoniacal de sulfato de zinco e doseamento do sulfureto resultante com solução de iodato de potássio.

## 3 - REAGENTES E AUXILIARES

Todos os reagentes referidos são para análise.

3.1 - Ácido clorídrico 1:1 (V/V).

3.2 - Ácido clorídrico 1:3 (V/V).

3.3 - Solução amoniacal de sulfato de zinco - Tomam-se cerca de 50g de sulfato de zinco ( $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ ) e dissolvem-se numa mistura de  $350cm^3$  de amónia e  $150cm^3$  de água; deixa-se repousar a solução durante 24h, pelo menos, e filtra-se através de filtro de poros médios.

3.4 - Solução de cloreto de estanho (II) - Adicionam-se  $7cm^3$  de ácido clorídrico 1:1 (V/V) a 10g de cloreto de estanho (II) ( $SnCl_2 \cdot 2H_2O$ ), aquece-se a mistura moderadamente até se obter a dissolução completa, deixa-se arrefecer até à temperatura ambiente e juntam-se  $95cm^3$  de água. Esta solução deve ser preparada no momento da sua aplicação, a fim de evitar que o cloreto de estanho se hidrolise.

3.5 - Solução de amido - A 100cm<sup>3</sup> de água em ebulição junta-se uma suspensão de 1g de amido solúvel em 5cm<sup>3</sup> de água fria; deixa-se arrefecer, adicionam-se uma solução fria de 1g de hidróxido de sódio em 10cm<sup>3</sup> de água e 3g de iodeto de potássio, e agita-se com cuidado.

Usa-se a solução límpida sobrenadante.

3.6 - Solução-padrão de iodato de potássio - Seca-se iodato de potássio padrão em estufa a 180 - 185°C, até massa constante; tomam-se 1,0701g que se introduzem em balão graduado de 1000cm<sup>3</sup>, adicionam-se 12g de iodeto de potássio, junta-se água até dissolução, perfaz-se o volume, a 20°C, até à marca, e homogeneiza-se.

O equivalente a enxofre, da solução resultante, é de 0,0004809g/cm<sup>3</sup>.

Embora a solução seja muito estável, deve ser rejeitada anualmente ou, em alternativa, ser titulada.

#### 4 - APARELHOS E UTENSÍLIOS

4.1 - Dispositivo para britagem do inerte.

4.2 - Balança sensível a 0,1mg.

4.3 - Estufa para secagem a 105 - 110°C.

4.4 - Moinho de bolas.

4.5 - Peneiro de rede de malha quadrada com a abertura nominal de 212  $\mu\text{m}$ <sup>1)</sup>.

4.6 - Aparelho representado esquematicamente na figura 1. O balão, o copo de precipitação e a ampola de separação devem ter respectivamente as capacidades de 500cm<sup>3</sup>, de 400cm<sup>3</sup> e de 150 a 200cm<sup>3</sup>. As rolhas e ligações dos tubos de vidro devem ser de borracha ou de outro material que garanta a conveniente estan-

---

1) - O peneiro indicado é definido na ASTM Standard E 11-70 e corresponde ao peneiro de abertura nominal de 0,210mm anteriormente considerado na ASTM Standard E 11-61 (veja-se a Norma NP-1458).

quidade; em qualquer caso, o material deve ser isento de enxofre e estes elementos de ligação devem ser imersos em ácido clorídrico 1:1 (V/V) quente, antes de se iniciar o ensaio.

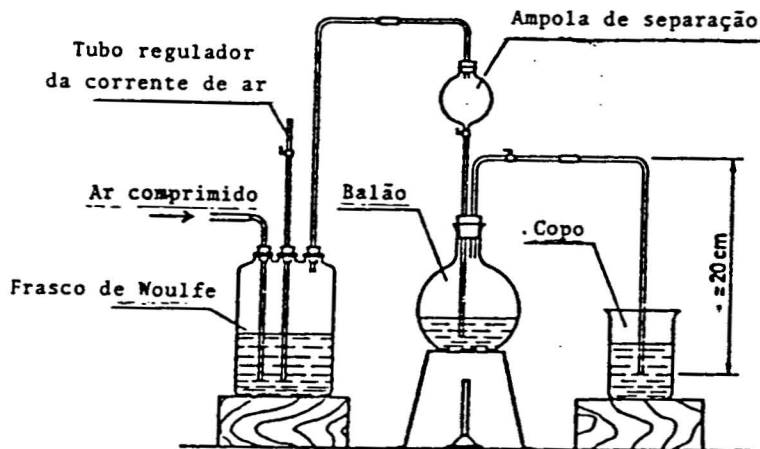


Fig. 1 - Esquema da montagem usada na determinação do teor em sulfuretos dos inertes para argamassas e betões

4.7 - Exsiccador.

4.8 - Provetas graduadas de 5cm<sup>3</sup>, de 10cm<sup>3</sup>, de 25cm<sup>3</sup>, de 100cm<sup>3</sup> e de 250cm<sup>3</sup>.

4.9 - Bureta graduada em 0,05cm<sup>3</sup>.

## 5 - PREPARAÇÃO DA AMOSTRA

Homogeneiza-se o melhor possível a amostra, para o que, sendo necessário, se britam as partículas de maiores dimensões. Espalha-se o material e retiram-se de vários pontos pequenas fracções até perfazer uma quantidade de cerca de 250g, que se seca na estufa a 105-110°C durante pelo menos 16h.

Após arrefecimento, mói-se o material no moinho de bolas até que passe no peneiro de 212  $\mu$ m; homogeneiza-se, esquartela-se, toma-

-se uma quantidade de cerca de 100g, que se seca a 105-110°C até massa constante e deixa-se arrefecer num exsiccador, onde deve permanecer até ao momento do ensaio.

## 6 - TÉCNICA

### 6.1 - DETERMINAÇÃO

Do material preparado como se indica em 5, efectua-se três tomas de cerca de 5g que se pesam com a precisão de 0,1mg.

Procede-se para cada uma das tomas para ensaio como a seguir se indica.

Prevedo-se a possibilidade de o ar comprimido conter sulfureto de hidrogénio ou dióxido de enxofre, introduz-se no frasco de Woulfe solução de acetato de chumbo ou de outro produto capaz de captar aquelas impurezas.

No copo de 400cm<sup>3</sup> do aparelho, introduzem-se 15cm<sup>3</sup> de solução amoniacal de sulfato de zinco e adicionam-se 285cm<sup>3</sup> de água.

Introduz-se a toma no balão de 500cm<sup>3</sup>, adicionam-se 10cm<sup>3</sup> de água e agita-se suavemente até que todo o inerte fique disperso.

Rolha-se o balão, adaptam-se os tubos da ampola de separação e de ligação ao copo, vazam-se na ampola 25cm<sup>3</sup> de solução de cloreto de estanho (II) que se deixam escorrer para o balão; fecham-se as torneiras da ampola e do tubo de ligação ao copo e agita-se a mistura contida no balão.

Com as torneiras da garrafa de ar comprimido e da ampola de separação fechadas, liga-se o frasco de Woulfe à ampola. Abre-se a torneira do tubo regulador da corrente de ar e, seguidamente, as da garrafa de ar comprimido, da ampola de separação e do tubo de ligação ao copo e ajusta-se o débito de modo a obter-se uma corrente de ar moderada.

Rapidamente, fecha-se a torneira da ampola de separação, retira-se a rolha, introduzem-se na ampola 100cm<sup>3</sup> de ácido clorídrico 1:3 (V/V), coloca-se a rolha e abre-se imediatamente a torneira; fecha-se seguidamente a torneira do tubo regulador da corrente de ar.

Aquece-se suavemente o conteúdo do balão até à ebulição, que se mantém durante 5 a 6 min, e, após se interromper o aquecimento, deixa-se passar a corrente de ar ainda durante 3 a 4 min.

Desliga-se do balão o tubo que penetra no copo, que se deixa dentro deste para ser usado como agitador.

Após arrefecimento da solução até cerca de 25°C, juntam-se 2cm<sup>3</sup> de solução de amido; adicionam-se 40cm<sup>3</sup> de ácido clorídrico 1:1 (V/V) e, imediata e rapidamente, solução-padrão de iodato de potássio contida numa bureta, até se obter cor azul suave mas persistente.

## 6.2 - ENSAIO EM BRANCO

Paralelamente à determinação, e nas mesmas condições, realiza-se um ensaio em branco com as mesmas quantidades de reagentes.

## 7 - RESULTADO

### 7.1 - CÁLCULO

Sendo:

m - massa, em gramas, da toma para ensaio;

V<sub>1</sub> - volume, em centímetros cúbicos, da solução-padrão de iodato de potássio gasto no doseamento;

V<sub>2</sub> - volume, em centímetros cúbicos, da mesma solução gasto no ensaio em branco,

o teor em sulfuretos de cada toma, expresso em enxofre, em percentagem, é:

$$\frac{0,04809 (V_1 - V_2)}{m}$$

m

e o teor em sulfuretos da amostra é dado pela média dos valores obtidos nas determinações efectuadas com as três tomas.

### 7.2 - APRESENTAÇÃO

O resultado apresenta-se arredondado às centésimas.



Granulats pour mortiers et bétons. Détermination de la teneur en éléments très fins et en matières solubles

## 1 — OBJECTIVO

A presente norma destina-se a fixar o modo de determinar o teor em partículas muito finas e matérias solúveis de inertes para argamassas e betões.

## 2 — RESUMO DO PROCESSO

Determinação da perda de massa do inerte resultante da lavagem e penetração deste através do peneiro de 75  $\mu$ m de abertura.

## 3 — APARELHOS E UTENSÍLIOS

3.1 -- Balde ou recipiente de forma semelhante, com capacidade suficiente para conter o provete coberto com água e permitir uma agitação vigorosa sem perda de água ou de partículas do provete.

3.2 -- Peneiros de rede de malha quadrada com as seguintes aberturas nominais: 37,5 mm, 19,0 mm, 9,50 mm, 4,75 mm, 2,36 mm, 1,18 mm e 75  $\mu$ m (\*).

3.3 -- Balança para pesagens com limites de erro de  $\pm 0,02$  % das massas a determinar.

3.4 -- Estufa para secagem do provete, a 105 °C-110 °C.

## 4 — PROVETE

O provete é constituído pela amostra intacta, ou por uma parcela representativa desta, e a sua massa terá que satisfazer, após secagem, as condições indicadas no quadro I. A secagem efectua-se em estufa, a 105 °C-110 °C, até massa constante, condição que se considera atingida quando a diferença entre as massas obtidas em duas pesagens consecutivas, intervaladas de pelo menos 4 h, for inferior a 0,02 % da massa determinada; anota-se a massa do provete seco.

Se, para obter o provete, for necessário efectuar uma redução da amostra, por esquarteramento ou outro processo adequado, deve proceder-se com os cuidados necessários para evitar a perda das partículas muito finas, operando com a amostra ligeiramente humedecida. A quantidade de material resultante não pode ser posteriormente modificada.

(\*) Os peneiros indicados são definidos na Especificação ASTM E 11-70 e correspondem aos peneiros de aberturas nominais de 38,1 mm, 19,0 mm, 9,51 mm, 4,76 mm, 2,38 mm, 1,19 mm e 0,074 mm anteriormente considerados na Especificação ASTM E 11-61.

(Continua)

## QUADRO

Máxima dimensão do inerte (*) mm	Massa mínima do provete g
37,5 ou superior	5000
19,0 -	2500
9,50	2000
4,75	500
2,36 ou inferior	100

(\*) Máxima dimensão do inerte -- Menor abertura do peneiro, de uma série de peneiros de referência, através do qual passa pelo menos 90 % da massa do inerte. Para efeitos da presente norma, a série de peneiros de referência é a correspondente às dimensões indicadas na primeira coluna.

## - TÉCNICA

Coloca-se o provete no recipiente (3.1), adiciona-se água até o cobrir completamente, agita-energicamente com uma vareta metálica de forma a separar as partículas muito finas e a tê-las em suspensão, e vasa-se imediatamente a água através do conjunto formado pelos eiros de abertura de malha de 1,18 mm e de 75 µm, tendo o cuidado de não deixar arrastar partículas de maiores dimensões.

Lançam-se novamente no recipiente de lavagem as partículas retidas nos peneiros, adiciona-água, agita-se o material e vasa-se a água através dos peneiros, nas condições anteriormente usadas. Repetem-se estas operações até se verificar que a água de lavagem, após atravessar peneiros, não contém partículas em suspensão.

Junta-se o material retido nos peneiros e no recipiente e seca-se na estufa, a 105 °C-110 °C, massa constante; anota-se a massa do material seco.

## RESULTADO

## - CALCULO

Sendo:

$m_1$ : a massa inicial do provete

$m_2$ : a massa do provete após o ensaio,

as expressas na mesma unidade, o teor em partículas muito finas e matérias solúveis do e, expresso em percentagem, é dado por:

$$\frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100$$

## APRESENTAÇÃO

O resultado apresenta-se arredondado às décimas.





FACULDADE DE ENGENHARIA

UNIVERSIDADE DO PORTO

BIBLIOTECA



000073539