

# Norma Portuguesa

NP  
EN 933-1  
2000

## Ensaaios das propriedades geométricas dos agregados Parte 1: Análise granulométrica Método de peneiração

Essais pour déterminer les caractéristiques géométriques des granulats  
Partie 1: Détermination de la granularité  
Analyse granulométrique par tamisage

Tests for geometrical properties of aggregates  
Part 1: Determination of particle size distribution  
Sieving method

ICS  
91.1000.15

### DESCRIPTORES

Materiais de construção; inertes; peneiração (granulometria);  
curva granulométrica; tamisagem; classificação de tamanhos;  
ensaaios; condições de ensaio; preparação das amostras para  
ensaio; relatórios

### CORRESPONDÊNCIA

Versão Portuguesa da EN 933-1:1997

### HOMOLOGAÇÃO

Termo de Homologação N.º 191/2000, de 2000-07-07

### ELABORAÇÃO

ATIC

### EDIÇÃO

Novembro de 2000

### CÓDIGO DE PREÇO

X004

© IPQ reprodução proibida

Instituto Português da  Qualidade

Rua António Gião, 2  
PT - 2829-513 CAPARICA PORTUGAL

Tel. (+ 351) 21 294 81 00 E-mail: [ipq@mail.ipq.pt](mailto:ipq@mail.ipq.pt)  
Fax. (+ 351) 21 294 81 01 URL: [www.ipq.pt](http://www.ipq.pt)

<b>Índice</b>	<b>Página</b>
<b>Preâmbulo</b> .....	<b>6</b>
<b>1 Objectivo</b> .....	<b>7</b>
<b>2 Referências normativas</b> .....	<b>7</b>
<b>3 Definições</b> .....	<b>7</b>
3.1 Provete de ensaio .....	7
3.2 Massa constante .....	7
<b>4 Princípio</b> .....	<b>8</b>
<b>5 Aparelhos e utensílios</b> .....	<b>8</b>
5.1 Peneiros de ensaio.....	8
5.2 Tampa e recipiente do fundo adaptados aos peneiros.....	8
5.3 Estufa ventilada.....	8
5.4 Equipamento de lavagem. ....	8
5.5 Balanças .....	8
5.6 Tabuleiros e escovas .....	9
5.7 Máquina de peneirar (opcional). ....	9
<b>6 Preparação dos provetes de ensaio</b> .....	<b>9</b>
<b>7 Procedimento de ensaio</b> .....	<b>9</b>
7.1 Lavagem.....	9
7.2 Peneiração.....	10
7.3 Pesagem .....	10
<b>8 Cálculos e expressão dos resultados</b> .....	<b>11</b>
8.1 Cálculos.....	11
8.2 Validação dos resultados.....	11
<b>9 Relatório de ensaio</b> .....	<b>11</b>
9.1 Informação obrigatória.....	11

---

9.2 Informação facultativa .....	
Anexo A (informativo) <b>Representação gráfica dos resultados</b> .....	
Anexo B (normativo) <b>Método de ensaio para agregados impróprios para secagem em estufa</b> .....	
Anexo C (informativo) <b>Exemplo de relatório de ensaio</b> .....	
Anexo Nacional NA (informativo) <b>Correspondência entre documentos normativos europeus e nacionais</b> .....	

## **Preâmbulo**

A presente Norma Europeia foi elaborada pelo Comité Técnico CEN/TC 154 "Agregados", cujo secretariado é assegurado pela BSI.

A presente Norma Europeia faz parte de um conjunto de normas de ensaio para a determinação das propriedades geométricas dos agregados. Os métodos de ensaio referentes a outras propriedades dos agregados são tratados nas partes das seguintes Normas Europeias:

EN 932 - Ensaio das propriedades gerais dos agregados

EN 1097 - Ensaio das propriedades mecânicas e físicas dos agregados

EN 1367 - Ensaio das propriedades térmicas e de meteorização dos agregados

EN 1744 - Ensaio das propriedades químicas dos agregados

Está a ser preparada uma norma europeia "Tests for filler aggregate used in bituminous mixtures".

As outras partes da EN 933 serão:

Parte 2: Análise granulométrica. Peneiros de ensaio, aberturas nominais

Parte 3: Determinação da forma das partículas. Índice de achatamento

Parte 4: Determinação da forma das partículas. Índice volumétrico

Parte 5: Determinação da percentagem de superfícies esmagadas e partidas nos agregados grossos

Parte 6: Determinação do coeficiente de escoamento dos agregados

Parte 7: Determinação do teor de conchas nos agregados grossos

Parte 8: Determinação do teor de finos. Ensaio do equivalente de areia

Parte 9: Determinação do teor de finos. Ensaio do azul de metileno

Parte 10: Determinação do teor de finos. Granulometria dos finos (peneiração por jacto de ar)

A esta Norma Europeia deverá ser dado o estatuto de Norma Nacional, quer pela publicação de um texto idêntico, quer por adopção, o mais tardar até Fevereiro de 1998 e as normas nacionais divergentes devem ser anuladas o mais tardar até Fevereiro de 1998.

De acordo com o Regulamento Interno do CEN/CENELEC, são obrigados a implementar a presente Norma Europeia 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, República Checa, Suécia e Suíça.

## **1 Objectivo**

A presente parte desta Norma Europeia tem por objectivo definir um método, usando peneiros de ensaio, para a análise granulométrica dos agregados. É aplicável aos agregados de origem natural ou artificial, incluindo agregados leves, com dimensão nominal até 63 mm, mas excluindo filer.

*NOTA: A determinação da granulometria dos fileres será especificada no prEN 933-10 Tests for geometrical properties of aggregates Part 10: Determination of fines – Grading of fillers (air jet sieving)*

## **2 Referências normativas**

Esta Norma Europeia inclui, por referência datada ou não, disposições de outras publicações. Estas referências normativas são citadas nos locais adequados do texto e as respectivas publicações são a seguir enumeradas. Relativamente às referências datadas, as emendas ou posteriores revisões de qualquer uma dessas publicações só se aplicam à presente Norma Europeia se nela forem integradas através de emendas ou revisão. Relativamente às referências não datadas, aplica-se a última edição da publicação a que se faz referência.

prEN 932-2

Tests for general properties of aggregates – Part 2: Methods for reducing laboratory samples

prEN 932-5

Tests for general properties of aggregates – Part 5: Common equipment and calibration

prEN 933-2:1995\*

Tests for general geometrical of aggregates – Part 2: Determination of particle size distribution – Test sieves, nominal size of apertures

prEN 1097-6

Tests for mechanical and physical properties of aggregates – Part 6: Determination of particle density and water absorption

ISO 3310-1:1990

Test sieves – Technical requirements and testing. Part 1: Test sieves of metal wire cloth

ISO 3310-2:1990

Test sieves – Technical requirements and testing. Part 2: Test sieves of perforated metal plate

## **3 Definições**

Para os objectivos desta parte da Norma, aplicam-se as seguintes definições:

### **3.1 Provete de ensaio**

Amostra usada integralmente num mesmo ensaio.

### **3.2 Massa constante**

Pesagens sucessivas efectuadas após secagem com pelo menos 1 h de intervalo e não diferindo mais que 0.1%.

---

\* Ver Anexo Nacional NA (informativo)

*NOTA: Em muitos casos, a massa constante pode ser obtida após a secagem do provete por um período de tempo pré-determinado numa estufa definida (ver 5.3) a  $(110 \pm 5)$  °C. Os laboratórios de ensaio podem determinar o tempo necessário para se obter massa constante para tipos e dimensões específicas de amostras dependendo da capacidade de secagem da estufa utilizada.*

## **4 Princípio**

O ensaio consiste na separação, por meio de um conjunto de peneiros, de um material em diversas classes granulométricas de granulometria decrescente. A dimensão das aberturas e o número de peneiros são seleccionados de acordo com a natureza da amostra e a precisão exigida.

O método adoptado é a peneiração, com lavagem seguida de peneiração a seco. Quando a lavagem possa alterar as características físicas dum agregado leve, é necessário recorrer-se à peneiração a seco e o procedimento especificado em 7.1 não deverá ser aplicado.

*NOTA: A peneiração a seco é também um método alternativo que pode ser usado para agregados isentos de partículas aglomeradas. Em caso de litigio, o método preferido será o da lavagem seguida de peneiração.*

A massa das partículas retida nos diversos peneiros é relacionada com a massa inicial do material. As percentagens cumulativas que passam em cada peneiro são apresentadas sob forma numérica e quando necessário graficamente (ver Anexo A).

## **5 Aparelhos e utensílios**

Salvo indicação em contrário, todo o equipamento deverá estar em conformidade com as exigências gerais do prEN 932-5.

### **5.1 Peneiros de ensaio**

Peneiros de ensaio com aberturas como especificado na EN 933-2\* e em conformidade com as exigências da ISO 3310-1 e ISO 3310-2.

### **5.2 Tampa e recipiente do fundo adaptados aos peneiros**

### **5.3 Estufa ventilada**

Estufa ventilada controlada por termostato de modo a manter uma temperatura de  $(110 \pm 5)$  °C, ou qualquer outro equipamento apropriado para secagem dos agregados, que não cause alteração da granulometria.

### **5.4 Equipamento de lavagem.**

### **5.5 Balanças**

Balanças com a precisão de  $\pm 0.1$  % da massa do provete.

---

\* Ver Anexo Nacional NA (informativo)

## 5.6 Tabuleiros e escovas

## 5.7 Máquina de peneirar (opcional).

# 6 Preparação dos provetes de ensaio

As amostras deverão ser reduzidas de acordo com o prEN 932-2, de modo a obter o número necessário de provetes de ensaio.

*NOTA:* Poderá ser necessário humedecer as amostras que contenham quantidades significativas de finos, antes de se proceder à redução, de modo a minimizar a segregação e a perda de poeira.

A massa de cada provete de ensaio deverá estar em conformidade com o indicado no quadro 1, para agregados de densidade compreendida entre 2000 kg/m<sup>3</sup> e 3000 kg/m<sup>3</sup>.

Quadro 1: Massa dos provetes de ensaio para agregados de peso corrente

Máxima dimensão <i>D</i> mm	Massa do provete (mínimo) kg
63	40
32	10
16	2,6
8	0,6
≤ 4	0,2

*NOTA 1:* Para os agregados de tamanho diferente, a massa mínima do provete de ensaio pode ser interpolada a partir das massas dadas no quadro 1.

*NOTA 2:* Se a massa do provete de ensaio não estiver de acordo com o quadro 1, a distribuição granulométrica obtida não está em conformidade com a presente Norma, devendo tal facto ser mencionado no relatório de ensaio.

*NOTA 3:* Para os agregados de massa volúmica inferior a 2000 kg/m<sup>3</sup> ou superior a 3000 kg/m<sup>3</sup> (ver prEN 1097-6), deverá aplicar-se uma correcção apropriada às massas dos provetes de ensaio do quadro 1, baseada na relação entre as massas volúmicas, de forma a obter um provete de volume aproximadamente igual aos dos agregados de peso corrente.

A redução da amostra deverá permitir obter um provete de ensaio com massa superior ao mínimo, mas sem valor exacto pré-determinado.

Secar o provete de ensaio a uma temperatura de (110 ± 5) °C até alcançar massa constante. Deixar arrefecer, pesar e registar o resultado como *M<sub>f</sub>*.

Para alguns tipos de agregados, a secagem a 110 °C une as partículas fortemente de modo a impedir a sua separação durante os procedimentos posteriores de lavagem e/ou peneiração. Para este tipo de agregado deverá adoptar-se o procedimento dado no Anexo B.

# 7 Procedimento de ensaio

## 7.1 Lavagem

Colocar o provete de ensaio num recipiente e adicionar água suficiente para o cobrir.

*NOTA 1:* Um período de imersão de 24 h facilita a desagregação de torrões. Poderá utilizar-se um agente dispersor.

Agitar o provete de ensaio com o vigor necessário para se obter a separação completa e suspensão dos finos.

Molhar ambos os lados de um peneiro de 63 µm usado exclusivamente neste ensaio, e colocar por cima um peneiro de protecção (p. ex. 1 mm ou 2 mm). Colocar os peneiros de forma que a suspensão que os atravessa possa ser despejada, ou se necessário recolhida num recipiente adequado. Despejar o provete de ensaio no peneiro superior. Continuar a lavagem até que a água que atravessa o peneiro de 63 µm seja límpida.

*NOTA 2: Convém tomar cuidado para evitar sobrecarga, transbordo ou danos nos peneiros de 63 µm e de protecção. Para certos agregados, poderá ser necessário despejar apenas os finos em suspensão do recipiente para o peneiro de 63 µm protegido, e continuar a lavar o material grosso no recipiente e decantando os finos em suspensão no peneiro de protecção, até que a água que atravessa o peneiro de 63 µm seja límpida.*

Secar o material com granulometria superior a 63 µm a  $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$  até alcançar massa constante. Deixar arrefecer, pesar e registar o resultado como  $M_2$ .

## 7.2 Peneiração

Despejar o material lavado e seco (ou directamente a amostra seca) na coluna de peneiros. Esta coluna é constituída por um certo número de peneiros encaixados, e dispostos de cima para baixo por ordem decrescente da dimensão das aberturas, com o fundo e a tampa.

*NOTA 1: A experiência tem demonstrado que a lavagem não elimina necessariamente a totalidade dos finos. Assim, é necessário incluir um peneiro de ensaio de 63 µm na coluna.*

Agitar a coluna de peneiros, manual ou mecanicamente, retirando depois os peneiros um a um, começando pelo de maior abertura e agitar cada peneiro manualmente garantindo que não existe perda de material, utilizando, por exemplo, fundo e tampa.

Transferir todo o material que passa através de cada peneiro para o peneiro seguinte da coluna antes de continuar a peneiração com este peneiro.

*NOTA 2: A peneiração pode ser considerada completa quando a massa do material retido não se alterar mais de 1.0 % durante 1 min de peneiração.*

De forma a evitar a sobrecarga dos peneiros, a fracção retida sobre cada peneiro, no fim da peneiração (expressa em gramas), não deverá ultrapassar:

$$\frac{A \times \sqrt{d}}{200}$$

onde:

$A$  é a área do peneiro em milímetros quadrados;

$d$  é a dimensão das aberturas do peneiro em milímetros.

Se alguma das fracções retidas exceder esta quantidade, deverá utilizar-se um dos procedimentos seguintes:

- dividir a fracção retida em porções inferiores ao máximo especificado, e peneirá-las umas após as outras;
- dividir a porção da amostra que passa através do peneiro de abertura imediatamente superior, com o auxílio de um divisor de amostras ou por esquarteamento, e prosseguir a peneiração com o provete de ensaio reduzido, tendo em conta as reduções efectuadas no cálculos posteriores.

## 7.3 Pesagem

Pesar o material retido no peneiro com a maior dimensão das aberturas e registar a sua massa como  $R_1$ .



Efectuar a mesma operação para o peneiro imediatamente inferior e registar a massa do material retido como  $R_2$ .

Continuar com a mesma operação para todos os peneiros na coluna, de modo a obter as massas das diferentes fracções dos materiais retidos e registar estas massas como  $R_3, R_4, \dots R_i, \dots R_n$ .

Pesar o material peneirado retido no fundo e registar a sua massa como  $P$ .

## **8 Cálculos e expressão dos resultados**

### **8.1 Cálculos**

Registar as várias massas num relatório de ensaio, cujo exemplo se dá no Anexo C.

Calcular a massa retida em cada peneiro, como percentagem da massa original seca  $M_I$ .

Calcular a percentagem cumulativa da massa original seca que passa através de cada peneiro até ao peneiro de 63  $\mu\text{m}$ , mas excluindo este.

Calcular a percentagem de finos ( $f$ ) que passa através do peneiro de 63  $\mu\text{m}$  de acordo com a seguinte equação:

$$f = \frac{(M_I - M_2) + P}{M_I} \times 100$$

onde:

$M_I$  é a massa seca do provete de ensaio, em quilogramas;

$M_2$  é a massa seca do material com granulometria superior a 63  $\mu\text{m}$ , em quilogramas;

$P$  é a massa do material peneirado retido no recipiente do fundo, em quilogramas.

### **8.2 Validação dos resultados**

Sempre que a soma das massas  $R_i$  e  $P$  difira mais de 1 % da massa  $M_2$ , é necessário repetir o ensaio.

## **9 Relatório de ensaio**

### **9.1 Informação obrigatória**

O relatório de ensaio deverá incluir a informação seguinte:

- a) a referência à presente Norma Europeia;
- b) a identificação da amostra;
- c) a identificação do laboratório;
- d) a data de recepção da amostra;
- e) o procedimento de ensaio (lavagem e peneiração ou peneiração a seco);

- f) a percentagem cumulativa da massa do provete de ensaio que passa através de cada peneiro, arredondada à décima mais próxima para o peneiro de 63  $\mu\text{m}$  e ao número inteiro mais próximo para os restantes peneiros.

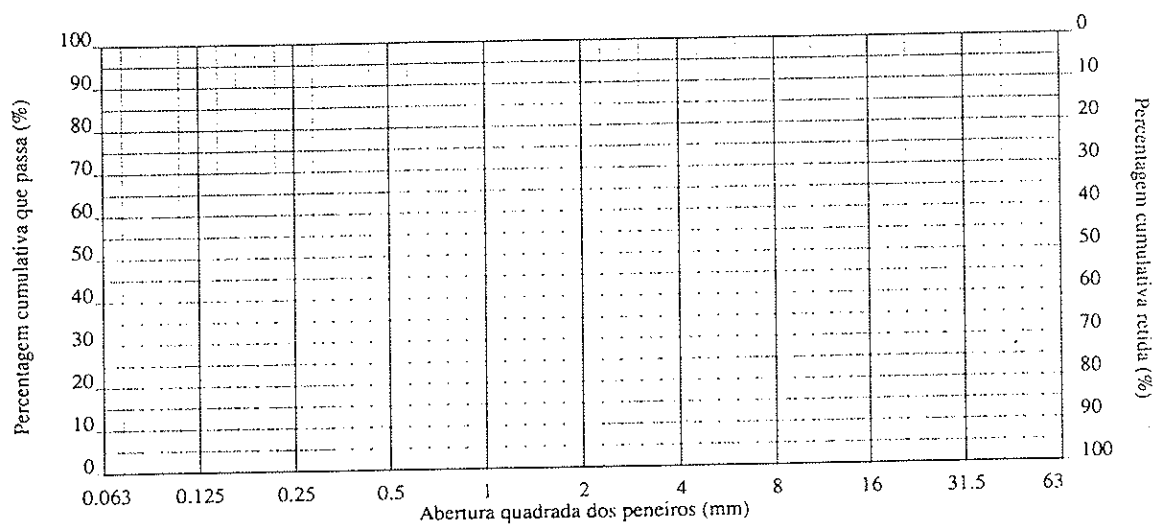
### **9.2 Informação facultativa**

O relatório de ensaio poderá incluir a informação seguinte:

- a) a proveniência da amostra;
- b) a descrição do material e do procedimento de redução da amostra;
- c) a representação gráfica dos resultados (ver Anexo A);
- d) o certificado de amostragem;
- e) a massa do provete de ensaio;
- f) a data do ensaio.

## Anexo A (informativo)

### Representação gráfica dos resultados



## **Anexo B** (normativo)

### **Método de ensaio para agregados impróprios para secagem em estufa**

Para agregados impróprios para secagem em estufa a 110 °C, é necessário obter o dobro do número de provetes de ensaio e registrar as suas massas. O teor de água de um dos provetes do par deverá ser determinado por secagem em estufa a  $(110 \pm 5)$  °C. O outro provete deverá ser ensaiado pelo procedimento de lavagem e peneiração, sem pré-secagem. A massa seca inicial deste segundo provete deverá ser calculada, assumindo-se que o par de provetes têm semelhante teor de água, e registada como  $M_i'$ .

## Anexo C (informativo)

### Exemplo de relatório de ensaio

Análise granulométrica – Método de peneiração EN 933-1	Laboratório:
Identificação da amostra	Data: Operador:
Procedimento usado: lavagem e peneiração/peneiração a seco (riscar o que não interessa)	

Massa seca total  $M_1 =$  (ou  $M_1' =$  ver Anexo B)

Massa seca após lavagem  $M_2 =$

Massa seca dos finos removidos por lavagem  $M_1 - M_2 =$

Dimensão das aberturas do peneiro	Massa do material retido ( $R_i$ )	Percentagem do material retido	Percentagem cumulativa do material passado
mm	kg	$\left( \frac{R_i}{M_1} \times 100 \right)$	$\left( 100 - \frac{R_i}{M_1} \times 100 \right)$
	$R_1$ $R_2$		(arredondado ao número inteiro mais próximo)
Material restante no fundo $P =$			

Percentagem de finos ( $f$ ) que passa o peneiro de $63 \mu\text{m} = \frac{(M_1 - M_2) + P}{M_1} \times 100 =$ (arredondado à décima mais próxima)
--

$\Sigma R_i + P =$	Observações:
$\frac{M_2 - (\Sigma R_i + P)}{M_2} \times 100 = < 1 \%$	

A massa seca do provete de ensaio deverá ser registada como  $M_1$  quando determinada directamente ou como  $M_1'$  quando é calculada a partir de um par de provetes.

**NP**  
**EN 933-1**  
**2000**

p. 16 de 16

---

**Anexo Nacional NA (informativo)**

**Correspondência entre documentos normativos europeus e nacionais**

Norma Europeia (EN)	Norma Nacional (NP ou NP EN)
EN 933-2:1995	NP EN 933-2:1999