

PORCENTAGEM DE VAZIOS DE AGREGADOS FINOS NÃO COMPACTADOS

C D T - CENTRO DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO

Setembro de 2014



DESIGNAÇÃO - ARTERIS T- 304-11

Método Padrão para Ensaio de

Porcentagem de Vazios de Agregados Finos Não Compactados

Designação ARTERIS T 304 – 11



1 - ESCOPO

1.1. Este método descreve a determinação da porcentagem de vazios não compactados de uma amostra de agregados de granulometria fina. Quando se determina a porcentagem de vazios de qualquer agregado de granulometria conhecida temos uma indicação de sua angulosidade, esfericidade e textura da superfície comparada com outro similar já ensaiado. Quando a porcentagem de vazios é medida na amostra virgem de agregado de granulometria fina, pode ser um indicador do seu efeito na trabalhabilidade da mistura em que será usado.

1.2. Três procedimentos foram incluídos para a determinação da porcentagem de vazios. Dois usam agregados de granulometria fina (Granulometria padrão ou amostra virgem), e o outro usa várias frações individuais para determinação da porcentagem de vazios:

1.2.1 *Amostras com granulometria padrão (Método A)* – Este método usa uma granulometria fina padrão do agregado que é obtida combinando frações individuais separadas por peneiramento para conseguir uma curva típica do agregado de granulometria fina. Veja a seção de preparação de amostras para ensaios granulométricos.

1.2.2 *Amostras com frações individuais (Método B)* – Este método usa três frações de tamanho para agregados de granulometria fina: (a) 2,36-mm (nº 8) a 1,18 mm (nº 16); (b) 1,18 mm (nº 16) a 600 µm (nº 30); e (c) 600 µm (nº 30) a 300 µm (nº 50). Por este método cada fração é ensaiada separadamente.

1.2.3 *Amostras virgens (Método C)* – Este método usa a porção de agregado fino que passa na peneira 4,75 mm (nº 4).

1.2.4 Veja a seção 5, SIGNIFICADO E USO, para definição do método a ser usado.

1.3. Os valores em unidades no Sistema Universal devem ser considerados como padrão.

1.4. Este método não cobre todos os problemas de segurança, se existirem, associado com o seu uso. É responsabilidade do usuário do método estabelecer os procedimentos de segurança e saúde e determinar a aplicação das limitações das normas de segurança existentes, antes de usá-lo.

2. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

2.1 Métodos

- AASHTO T 2 Amostragem de Agregados
- ARTERIS T-11 Análise granulométrica de agregados passante na peneira de 75µm (nº.200), por lavagem.
- AASHTO T 19M/T19 Densidade aparente (“Peso Unitário”) e vazios no agregado.
- ARTERIS T-27 Análise granulométrica de agregados finos e graúdos.
- ARTERIS T-84 Massa específica e absorção de agregados finos.
- ARTERIS T 248 Redução de amostras de agregados ao tamanho apropriado para ensaio de Granulometria.

2.2 Métodos da ASTM

- B 88 Especificação de tubo de cobre sem costura para água
- B 88M Especificação de tubo de cobre sem costura para água (Métrico)
- C 125 Terminologia associada com concretos e seus agregados
- C 778 Especificação para areia padrão

2.2 Documentos da ACI

- ACI 116R Terminologia do cimento e concreto

3. TERMINOLOGIA

3.1. Os termos usados neste método estão definidos na ASTM C 125 ou ACI 116R.

4. SUMÁRIO DO MÉTODO DE ENSAIO

4.1. Um cilindro calibrado de 100 ml nominais é cheio com agregado de granulometria fina conhecida fluindo através de um funil a uma altura pré-fixada. O agregado fino é rasado com uma régua e sua massa determinada por pesagem. A porcentagem de vazios não compactados é calculada como a diferença entre o volume do cilindro e o volume absoluto do agregado de granulometria fina contido no mesmo. A porcentagem de vazios não compactados é calculada usando a massa específica aparente do agregado de granulometria fina. Devem ser feitos dois ensaios de cada amostra e tirada a média.

4.1.1. Para a amostra graduada (Método A ou C) a porcentagem de vazios é determinada diretamente, e o valor da média dos dois ensaios é registrada.

4.1.2. Para as frações individuais (Método B), a média da porcentagem de vazios é calculada usando os resultados dos ensaios de cada das três frações individualmente.

5. SIGNIFICADO E USO

5.1. Os métodos A e B fornecem a porcentagem de vazios determinada sob condições padrão dependendo da forma e textura do agregado fino. Um aumento na porcentagem de vazios por estes procedimentos indica uma maior angulosidade, menor esfericidade, ou textura da superfície rugosa ou uma combinação destes três fatores. Uma redução no resultado da porcentagem de vazios é associada com agregados mais redondos, esféricos ou com superfície lisa ou a combinação destes fatores.

5.2. O método C mede a porcentagem de vazios solta do material passante na peneira 4,75 mm (nº 4) da amostra virgem. A porcentagem de vazios depende da granulometria bem como da forma da partícula e textura.

5.3. A porcentagem de vazios determinada na granulometria da amostra padrão (Método A) não é diretamente comparável com a da média das 3 frações individuais testadas separadamente (Método B). Uma amostra consistindo de tamanhos uniformes terá uma porcentagem de vazios maior do que a bem graduada. Entretanto, ao usar um método ou outro como uma medida comparativa da forma e textura identifique qual método foi usado para obter o resultado informado. Método C não provê uma indicação de forma e textura diretamente se a granulometria de uma amostra para outra muda.

5.3.1. O Ensaio de uma amostra graduada padrão (Método A) é mais útil porque rapidamente indica as propriedades de forma das partículas do agregado fino. Tipicamente, o material usado para preparar a amostra graduada padrão pode ser obtido das amostras remanescentes após a execução dos ensaios de granulometria.

5.3.2. Obter e testar amostras de frações individuais (Método B) consome mais tempo e requer uma amostra maior que a usada para o ensaio de granulometria padrão. Entretanto, o Método B fornece informações adicionais a respeito da característica de forma e textura das frações individuais.

5.3.3. Testar amostras virgens (Método C) pode ser útil para selecionar as proporções de componentes usados em misturas variadas. Em geral, porcentagem de vazios alta indica que o material poderá ser melhorado adicionando-se mais finos ao agregado ou mais material de enchimento (filler) para preencher os vazios entre as partículas.

5.3.4. A massa específica aparente do agregado de granulometria fina é usada para calcular a porcentagem de vazios. A efetividade destes métodos de determinação da porcentagem de vazios e sua relação com a forma e textura das partículas dependem que a massa específica aparente do agregado de granulometria fina nas várias frações seja igual ou bem próximas. A porcentagem de vazios é realmente uma função do volume de cada fração. Se o tipo de rocha ou mineral ou sua porosidade, em qualquer das frações varia marcadamente, é necessário determinar a massa específica aparente de cada fração usada no ensaio.

5.4. A informação da porcentagem de vazios dos Métodos A, B ou C será útil como um indicador de propriedades tais como: Quantidade de água de mistura necessária para o concreto de cimento portland, fatores de fluência, facilidade de bombeamento, trabalhabilidade quando na preparação de caldas ou argamassas, ou, em concreto asfáltico, o efeito do agregado de granulometria fina na estabilidade e na porcentagem de vazios do agregado mineral (VAM); ou, na estabilidade de parcela de agregado de granulometria fina numa camada de base.

6. EQUIPAMENTO

6.1. *Medidor cilíndrico* – Um cilindro liso de aproximadamente 100 ml de capacidade, tendo um diâmetro interno de aproximadamente 39 mm e uma altura interna de aproximadamente 86 mm, feito de tubo de cobre para água de acordo com a especificação ASTM B88 tipo M, ou B88 M tipo C. O fundo do medidor deve ser de metal com no mínimo 6 mm de espessura, deve estar firmemente colado ao tubo e deve ter condições para alinhar o eixo do cilindro com o do funil. (Veja figura 1.).

6.2. *Funil* – A superfície lateral do cone deve ser lisa com uma inclinação de $60 \pm 4^\circ$ de um plano horizontal com uma abertura de $12,7 \pm 0,6$ mm de diâmetro. A seção do funil deve ser uma peça de metal, lisa do lado de dentro e com, no mínimo, 38 mm de altura. Deve ter um volume de, no mínimo, 200 ml ou deve ter um recipiente suplementar de vidro ou metal que contenha o volume requerido. (Veja Figura 2.).

Nota 1 – Pycnômetro top C9455 vendido pela Hogentogler and Co., Inc., 9515 Gerwig, Columbia, MD 21045, 410-381-2390 é satisfatório para a seção do funil, porém o tamanho da abertura tem que ser aumentada e qualquer cavidade ou ressalto existente deve ser removido, por enchimento ou lixamento com jato de areia, antes de ser usado.

6.3. *Suporte do funil* – Um suporte com três ou quatro pernas capaz de segurar o eixo do funil firmemente numa posição alinhada (dentro de um ângulo de 4° e um deslocamento de 2 mm)

com o eixo do medidor cilíndrico. A distância entre o funil e o topo do medidor deve ser de 115 ± 2 mm. Um arranjo adequado é mostrado na Figura 2.

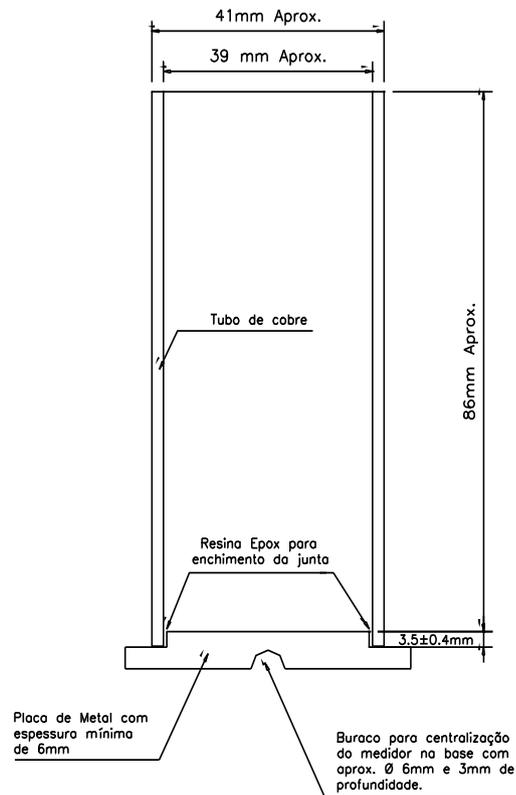


fig. 1 Medidor cilíndrico com 100ml nominal

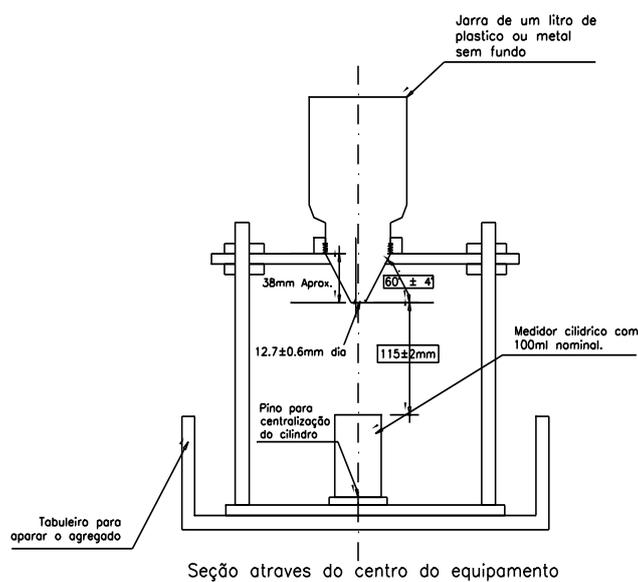


fig.2 base do suporte do funil com o medidor cilíndrico no lugar

6.4. *Placa de vidro* – Uma placa de vidro quadrada de aproximadamente 60 mm por 60 mm com uma espessura mínima de 4 mm usada para calibrar o medidor cilíndrico.

6.5. *Bandeja* – Uma bandeja de metal ou plástico de tamanho suficiente para se colocar o suporte do funil e evitar perda de material. O objetivo desta bandeja é coletar e reter as partículas de agregado fino que transbordem do medidor durante o enchimento do mesmo e se espalhem. A bandeja não pode ter deformações de modo a apresentar balanço no aparelho durante os testes.

6.6. *Espátula de metal* com uma lâmina de aproximadamente 100 mm de comprimento, e, no mínimo, 20 mm de largura, com laterais retas. A ponta deve ter um corte reto. A ponta reta da espátula é usada para nivelar o agregado fino no medidor.

6.7. *Balança* com precisão de leitura de 0,1g, dentro do intervalo de utilização, capaz de pesar o medidor cilíndrico e seu conteúdo.

7. AMOSTRAGEM

7.1. A(s) amostra(s) a serem usada neste ensaio deve ser obtida usando a T 2 e T 248, ou de granulometrias já executadas de acordo com o ARTERIS T-27, ou de um agregado obtido da extração de um corpo de prova de Concreto Asfáltico. Para os métodos A e B, a amostra é lavada na peneira 150 µm (nº 100) ou 75 µm (nº 200) de acordo com ARTERIS T-11 e então secada e peneirada em cada fração, de tamanho de acordo com os procedimentos da ARTERIS T-27. Mantenha o tamanho da fração obtida de um ou mais ensaios de granulometria secas em recipientes separados por tamanho. Para o método C, seque a parte da amostra como recebida de acordo com os procedimentos de secagem da ARTERIS T-27.

8. CALIBRAÇÃO DO MEDIDOR CILÍNDRICO

8.1. Aplique uma leve camada de vaselina no topo do medidor cilíndrico vazio e seco. Pese medidor, vaselina e placa de vidro. Encha o medidor com água deionizada, recém fervida, e com temperatura entre 18 e 24°C. Registre a temperatura da água. Coloque a placa de vidro sobre o medidor, assegurando que não haja nenhuma bolha de ar. Seque as superfícies externas e determine a massa combinada do medidor, placa de vidro, vaselina e água por pesagem. Depois de pesado, remova a vaselina e determine a massa do medidor limpo, seco e vazio para os ensaios subsequentes.

8.2. Calcule o volume do medidor como segue:

$$V = 1000 \frac{M}{D} \quad (1)$$

Onde:

V = Volume do cilindro, ml

M = Peso líquido da água, g

D = Densidade da água (Veja tabela da T 19M / T 19 para densidade na temperatura usada), kg/m³

Determine o volume com aproximação 0,1 ml.

Nota 2 – Se o volume é maior que 100 ml, pode ser desejável toronar o topo do medidor até que o volume seja exatamente 100 ml, para simplificar cálculos subseqüentes.

9. PREPARAÇÃO DA AMOSTRA

9.1. *Método A – Amostra com granulometria padrão* – Separe e combine as seguintes quantidades do agregado fino que foram peneiradas e secadas de acordo com a ARTERIS T-27.

Tamanho das Frações Individuais	Massa, g
2,36 mm (nº 8) a 1,18 mm (nº 16)	44
1,18 mm (nº 16) a 600 µm (nº 30)	57
600 µm (nº 30) a 300 µm (nº 50)	72
300 µm (nº 50) a 150 µm (nº 100)	17
	<hr/> 190

A tolerância para cada umas das frações é de $\pm 0,2$ g

9.2. *Método B – Amostra com frações individuais* – Prepare uma amostra de 190g separadamente, peneirada e seca de acordo com ARTERIS T-27, para cada uma das frações:

Tamanho das Frações Individuais	Massa, g
2,36 mm (nº 8) a 1,18 mm (nº 16)	190
1,18 mm (nº 16) a 600 m (nº 30)	190
600 m (nº 30) a 300 m (nº 50)	190

A tolerância para cada umas das frações é de ± 1 g. Não misture estas amostras. Cada tamanho é ensaiado separadamente.

9.3. *Método C – Amostras virgens* – Peneire a amostra (Seca de acordo com a ARTERIS T-27) na peneira de 4,75 mm (nº 4). Obtenha 190 ± 1 g da amostra passada na peneira de 4,75 mm (nº 4) para o ensaio.

9.4. *Massa Específica do agregado fino* – Se a Massa Específica Aparente Seca do agregado fino é desconhecida, determiná-la para a fração passante na peneira 4,75 mm (nº 4) de acordo com a ARTERIS T-84. Use este valor para os cálculos subseqüentes a menos que algumas das frações difiram mais que 0,05 da massa específica típica da amostra completa. Neste caso a massa específica da fração (ou frações) ensaiada deve ser determinada. Um indicador de diferenças na massa específica das diferentes frações é a comparação com os ensaios do agregado fino com granulometrias diferentes. A massa específica pode ser realizada em granulometrias diferentes das frações usadas nos ensaios. Se a diferença entre as massas específicas excede a 0,05, determine a mesma para as frações variando de 2,36 mm (nº 8) a 150 µm (nº 100) para o método A ou as frações individuais para o método B seja por medição direta ou através de cálculos usando os dados de massa específica das granulometrias com ou sem a coincidência das frações de interesse. A diferença na massa específica de 0,05 mudará o percentual de vazios calculado em cerca de 1 por cento.

10. PROCEDIMENTO

10.1. Misture cada amostra a ser ensaiada com uma espátula até que a mesma esteja homogênea. Posicione a jarra e o funil no suporte e centre o medidor cilíndrico como mostrado na figura 2. Use um dedo para bloquear a abertura do funil. Deixe a amostra escorrer para dentro do funil. Nivеле o material no funil com a espátula. Remova o dedo e permita que a amostra caia livremente dentro do medidor cilíndrico.

10.2. Após o funil esvaziar, retire o excesso de agregado fino com uma única passada rápida da espátula, mantendo a parte reta da mesma como uma lâmina, em um leve contacto com a parte superior do medidor cilíndrico. Até que termine a operação, deve ser evitado qualquer vibração ou distúrbio que possa provocar a compactação do agregado fino dentro do medidor cilíndrico. (Nota 3). Escove os grãos aderidos da parte externa do medidor e determine a massa do mesmo e seu conteúdo com aproximação de 0,1 g. Reserve todas as partículas de agregado fino para uma repetição do ensaio.

Nota 3 – O medidor cilíndrico, após a remoção do excesso de material, deve ser socado levemente de forma a compactar a amostra para facilitar a remoção da mesma para a balança sem derramar.

10.3. Recombine a amostra do tabuleiro e medidor para repetir o ensaio. Calcule a média dos dois ensaios. Veja a seção 11.

10.4. Registre a massa do medidor vazio. Registre também a massa do medidor e amostra de cada ensaio.

11. CÁLCULOS

11.1. Calcule os vazios soltos para cada determinação como segue:

$$U = \frac{V - (F/G)}{V} \times 100 \quad (2)$$

V = volume do medidor cilíndrico, ml

F = Massa líquida, g, do agregado fino no medidor (Massa bruta menos a massa do medidor vazio).

G = Massa Específica aparente seca do agregado fino.

U = Porcentagem de vazios solto do material.

11.2. Para a *amostra com granulometria padrão* (Método A) calcule a média do percentual de vazios soltos para 2 determinações e registre o resultado com os Us.

11.3. Para a *amostra com frações individuais* (Método B) calcule:

11.3.1. Primeiro, a média da porcentagem de vazios solta para cada uma das frações individuais:

U₁ = Porcentagem de vazios soltos, 2,36 mm (nº 8) a 1,18 mm (nº 16)

U₂ = Porcentagem de vazios soltos, 1,18 mm (nº 16) a 600 µm (nº 30)

U₃ = Porcentagem de vazios soltos, 600 µm (nº 30) a 300 µm (nº 50)

11.3.2. Segundo, a média da porcentagem de vazios solto U_m incluindo os resultados dos três tamanhos:

$$U_m = (U_1 + U_2 + U_3)/3 \quad (3)$$

11.4. Para as *amostras virgens* (Método C) calcule a porcentagem média de vazios solta de duas determinações e relate o resultado com U_r.

12. RELATÓRIO

12.1. Para a *amostra de granulometria padrão* (Método A) relate:

12.1.1. O percentual de vazios soltos (Us) com aproximação de um décimo da porcentagem (0,1%).

12.1.2. O valor da massa específica usada nos cálculos.

12.2. Para a *amostra com frações individuais* (Método B) relate o percentual de vazios solto com aproximação de um décimo da porcentagem (0,1%) como segue:

12.2.1. Porcentagem de vazios solto para cada fração: (a) 2,36 mm (nº 8) a 1,18 mm (nº 16) (U1); (b) 1,18 mm (nº 16) a 600 µm (nº 30) (U2); (c) 600 µm (nº 30) a 300 µm (nº 50) (U3).

12.2.2. Média da porcentagem de vazios solta (Um).

12.2.3. O valor da(s) massa(s) específica(s) usada no cálculo, e se o ensaio foi feito com uma amostra graduada ou das frações individuais.

12.3. Para *amostra virgem* (Método C) relate:

12.3.1. O percentual de vazios soltos (Ur) com aproximação de um décimo da porcentagem (0,1%).

12.3.2. O valor da massa específica usada nos cálculos.

13. PRECISÃO E DESVIOS

Precisão

13.1.1. O desvio para um único operador encontrado foi de 0,13 por cento de vazios (1S), usando uma amostra padrão graduada como descrita no método ASTM C 778. Portanto, resultados de dois ensaios conduzidos corretamente pelo mesmo operador em amostras similares não devem diferir mais de 0,37 por cento (D2S).

13.1.2. O Desvio Padrão de ensaios multilaboratórios encontrado foi de 0,33 por cento (1S) usando uma amostra padrão graduada como descrita no método ASTM C 778. Portanto, resultados de dois ensaios conduzidos corretamente pelo mesmo operador em amostras similares não devem diferir mais de 0,93 por cento (d2s).

13.1.3. A definição acima é pertinente ao percentual de vazios determinados em “areia padrão graduada” como definido na ASTM C 778, considerada arredondada, e a granulometria varia de 600 µm (nº 30) a 150 µm (nº 100), e não é típica de outros agregados finos. Dados adicionais de precisão são necessários pra ensaios de agregados finos tendo diferentes níveis de angulosidade e textura ensaiados de acordo com este método de ensaio.

13.2. *Desvios* – Como não há nenhum material de referência adequado para determinar os desvios para os procedimentos deste método, eles não foram ainda determinados.

14. PALAVRAS CHAVE

Angularity; fine aggregate; particle shape; sand; surface texture; void content.