



MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES
DEPARTAMENTO NACIONAL DE
INFRAESTRUTURA DE
TRANSPORTES
DIRETORIA-GERAL
DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E
PESQUISA
INSTITUTO DE PESQUISAS EM
TRANSPORTES
Setor de Autarquias Norte
Quadra 03 Lota A
Ed. Núcleo dos Transportes
Brasília - DF - CEP 70040-902
Tel./fax: (61) 3315-4831

ABRIL 2024

PROJETO DE REVISÃO DE NORMA
DNIT XXX – ME

Agregados – Determinação do Desgaste por Abrasão e Impacto no Equipamento “Los Angeles” – Método de ensaio

Autor: Instituto de Pesquisas em Transportes - IPR

Processo: 50600.012970/2024-42

Origem: Revisão da Norma DNER-ME 035/98

Aprovada pela Diretoria Colegiada do DNIT na reunião xx/xx/xxxx.

Direitos autorais exclusivos do DNIT, sendo permitida reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte (DNIT), mantido o texto original e não acrescentado nenhum tipo de propaganda comercial.

Palavras-chave:

Agregados, abrasão “Los Angeles”, desgaste

Nº total de páginas

9

Resumo

Este documento estabelece a sistemática a ser empregada na obtenção do valor do desgaste do agregado por abrasão e impacto no equipamento “Los Angeles”. Apresenta a aparelhagem, as definições, a execução do ensaio nas graduações estabelecidas para o agregado, a carga abrasiva aplicada e as condições para obtenção dos resultados.

Abstract

This document establishes the system to be used to obtain the value of aggregate wear due to abrasion and impact on the “Los Angeles” equipment. It presents the equipment, the definitions, the execution of the test at the graduations established for the aggregate, the abrasive load applied, and the conditions for obtaining the results.

Sumário

Prefácio.....	1
1 Objetivo.....	1
2 Referências normativas	2
3 Definições	2
4 Aparelhagem.....	2
5 Execução do Ensaio	2

6 Procedimento	3
7 Resultados	3
Anexo A (Normativo) – Equipamento “Los Angeles”	5
Anexo B (Normativo) – Tabela 2 – Graduação para ensaio.....	6
Anexo C (Informativo) – Sugestão de modelo para preenchimento de dados em laboratório	7
Anexo D (Informativo) – Bibliografia.....	8
Índice Geral.....	9

Prefácio

A presente Norma foi preparada pelo Instituto de Pesquisas em Transportes – IPR conforme a Instrução Normativa nº 20/DNIT SEDE, de 1º de novembro de 2022 e a norma DNIT 001/2023 – PRO.

Esta publicação cancela e substitui a norma DNER-ME 035/98.

1 Objetivo

Esta Norma estabelece a metodologia de ensaio que prescreve o método para determinação do valor do desgaste do agregado por abrasão e impacto no equipamento “Los Angeles”.

2 Referências normativas

Os documentos relacionados a seguir são indispensáveis à aplicação deste documento. Para referências datadas, aplicam-se as edições citadas ou aquelas que venham a substituí-las.

- a) DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. DNER-EM 035/95 - Peneiras de malhas quadradas para análise granulométrica de solos;
- a) _____. DNER-ME 083/94 - Agregados - análise granulométrica;
- a) _____. DNER-PRO 120/97 - Coleta de amostras de agregados;
- a) _____. DNER-PRO 199/96 - Redução de amostra de campo de agregados para ensaio de laboratório.

3 Definições

Para os efeitos deste documento, aplicam-se os seguintes termos e definições:

3.1 Abrasão “Los Angeles” do agregado

Desgaste sofrido pelo agregado, quando colocado no equipamento “Los Angeles” juntamente com uma carga abrasiva, sendo submetido a um determinado número de revoluções deste equipamento à velocidade de 30 rpm a 33 rpm.

O desgaste é convencionalmente expresso pela porcentagem, em peso, do material que passa, após o ensaio, pela peneira de malhas quadradas de 1,7 mm (DNER-EM 035/95).

3.2 Agregado

Material natural ou artificialmente dividido em fragmentos ou partículas de material especificamente fabricado, resistentes, de forma e tamanho estáveis.

4 Aparelhagem

- 4.1 Equipamento “Los Angeles”, de acordo com a Figura A1 (Anexo A).

- 4.2 Balança com capacidade de pelo menos 20 kg, sensível a 1 g.

4.3 Carga abrasiva

- Consistirá em 12 esferas de aço com aproximadamente 48 mm de diâmetro cada uma pesando entre 390 g e 445 g, e tendo o peso total de ± 5000 g.

- 4.4 Estufa capaz de manter a faixa térmica de trabalho entre 105 °C e 110 °C.

- 4.5 Peneiras de malhas quadradas com caixilhos metálicos e aberturas, de acordo com a DNER-EM 035/95, ou norma que venha a substituí-la.

- Estas peneiras devem ter as seguintes aberturas nominais, em milímetros: 76 mm – 63 mm – 50 mm – 38 mm – 25 mm – 19 mm – 12,5 mm – 9,5 mm – 6,3 mm – 4,8 mm – 2,4 mm – 2 mm e 1,7 mm.

- 4.6 Bandeja metálica de aproximadamente (700 x 500 x 50) mm.

- 4.7 Colher retangular ou pá de cabo curto.

- 4.8 Escova de fibra.

NOTA 1: O equipamento “Los Angeles” deverá ser fabricado, fixado e operado para manter uma velocidade periférica uniforme.

5 Execução do Ensaio

5.1 Graduação da amostra

- a) A amostra selecionada para ensaio, dentre as graduações A, B, C, D, E, F e G, deve ter a massa conforme indicada no Anexo B.
- b) A representatividade deste ensaio será intimamente ligada à granulometria do material ensaiado, portanto a graduação escolhida deverá ser aquela de granulometria mais próxima possível da que deverá ser usada na obra.
- c) O ensaio poderá, entretanto, ser executado em outra graduação, a critério dos interessados.

5.2 Preparação da amostra

- a) A amostra a ser ensaiada deve ser peneirada e quarteada nas diferentes porções retiradas nas diferentes peneiras, para fornecer a amostra da graduação escolhida.
- b) Cada fração obtida no peneiramento deve ser lavada e seca separadamente, em bandejas metálicas, em estufa, à temperatura entre 105 °C e 110 °C, até se verificar constância de peso ($\pm 0,5$ g) após duas pesagens sucessivas.
- c) Após o período de secagem, determinam-se as massas das porções de graduação escolhida, com aproximação de 1 g, e tendo em vista a obtenção das massas especificadas na Tabela 1, obedecendo-se às respectivas tolerâncias.
- d) O ensaio é realizado para cada porção de mesma graduação, ou seja, cada fração da peneira.
- e) Reúnem-se, a seguir, as diversas porções da mesma graduação, misturam-se bem e somam-se as massas parciais correspondentes, obtendo-se, assim, a massa da amostra seca, antes do ensaio m_n .

5.3 Carga abrasiva

- a) A carga abrasiva, a ser usada para cada graduação, deve ser a da Tabela 1 abaixo.

Tabela 1 – Carga abrasiva de acordo com a graduação

Graduação	Número de esferas	Massa da carga abrasiva (g)
A	12	5.000 \pm 25
B	11	4.584 \pm 25
C	8	3.330 \pm 20
D	6	2.500 \pm 15
E	12	5.000 \pm 25
F	12	5.000 \pm 25
G	12	5.000 \pm 25

- b) Deve-se verificar, periodicamente, se as esferas satisfazem às condições fixadas quanto à massa, dimensões e uniformidade de superfície.

6 Procedimento

- a) Verificar a limpeza interna do tambor do equipamento “Los Angeles”.
- b) Colocar a amostra e a respectiva carga abrasiva no interior do tambor e, em seguida, fechá-lo cuidadosamente para evitar perda de material.
- c) Fazer girar o tambor com velocidade entre 30 rpm e 33 rpm até completar 500 rotações, para as graduações A, B, C e D e 1000 rotações para as graduações E, F e G, conforme Tabela B1 do anexo B.
- d) Retirar todo o material do tambor, separar as esferas, limpá-las com a escova de fibra.
- e) Agitar a amostra na peneira 1,7 mm, rejeitando-se o material passante.
- f) Lavar o material retido na própria peneira (1,7 mm). Reunir o material, e em seguida secar em estufa à temperatura entre 105 °C e 110 °C, durante, no mínimo, 3 horas.
- g) Retirar o material da estufa, deixar esfriar, e determinar sua massa com aproximação de 1 g, obtendo-se a massa da amostra lavada e seca m'_n .

7 Resultados

7.1 O desgaste por abrasão “Los Angeles” do agregado é calculado pela fórmula seguinte:

$$A_n = \frac{m_n - m'_n}{m_n} \times 100 \tag{1}$$

Onde:

A_n é o desgaste por abrasão “Los Angeles” da graduação n , com aproximação de 1 %, expresso em porcentagem (%).

n é a graduação (A, B, C, D, E, F ou G) escolhida para o ensaio.

m_n é a massa total da amostra seca, colocada no equipamento, expresso em gramas (g).

m'_n é a massa da amostra lavada e seca, após o ensaio (retida na peneira de 1,7 mm), expresso em gramas (g).

- 7.2 Sugere-se o uso de modelo de planilha para inserção de dados, cálculo e apresentação dos resultados, conforme Anexo C.
- 7.3 O ensaio será expresso com aproximação de 1 %.
- 7.4 A interpretação do resultado deverá levar em conta a composição mineralógica, a estrutura da rocha e a respectiva aplicação do agregado.

NOTA 2: Se o agregado estiver essencialmente livre de materiais aderentes e de pó, as exigências de lavagem do agregado, antes e na fase final do ensaio, podem ser tornadas sem efeito, mediante cuidadosa avaliação. O material

eliminado com a lavagem raramente atinge o valor de 0,2 % do peso da amostra original.

NOTA 3: Nas amostras provenientes do britamento manual, a partir de blocos de pedra constituídas de fragmentos escolhidos entre os de forma mais cúbica, os resultados da abrasão, em geral, são numericamente menores que os obtidos em agregados da mesma rocha, provenientes de britamento mecânico.

_____/Anexo A

Anexo A (Normativo) – Equipamento “Los Angeles”



Figura A1 – Exemplo de equipamento “Los Angeles” tipicamente usado no ensaio

_____/Anexo B


Anexo B (Normativo) – Tabela de Graduação para ensaio

Tabela B1 – Exemplo de Graduação para ensaio

Peneiras Abertura em mm		Amostra – massa principal em gramas (g)						
Passado em	Retido em:	Grad. A	Grad. B	Grad. C	Grad. D	Grad. E	Grad. F	Grad. G
76	63	-	-	-	-	2500 ± 50	-	-
63	50	-	-	-	-	2500 ± 50	-	-
50	38	-	-	-	-	5000 ± 50	5000 ± 50	-
38	25	1250 ± 25	-	-	-	-	5000 ± 25	5000 ± 25
25	19	1250 ± 25	-	-	-	-	-	5000 ± 25
19	12,5	1250 ± 10	2500 ± 10	-	-	-	-	-
12,5	9,5	1250 ± 10	2500 ± 10	-	-	-	-	-
9,5	6,3	-	-	2500 ± 10	-	-	-	-
6,3	4,8	-	-	2500 ± 10	-	-	-	-
4,8	2,4	-	-	-	5000 ± 10	-	-	-
Massas totais (g)		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	10000 ± 100	10000 ± 75	10000 ± 50
Rotações do tambor		500	500	500	500	1000	1000	1000

/Anexo C

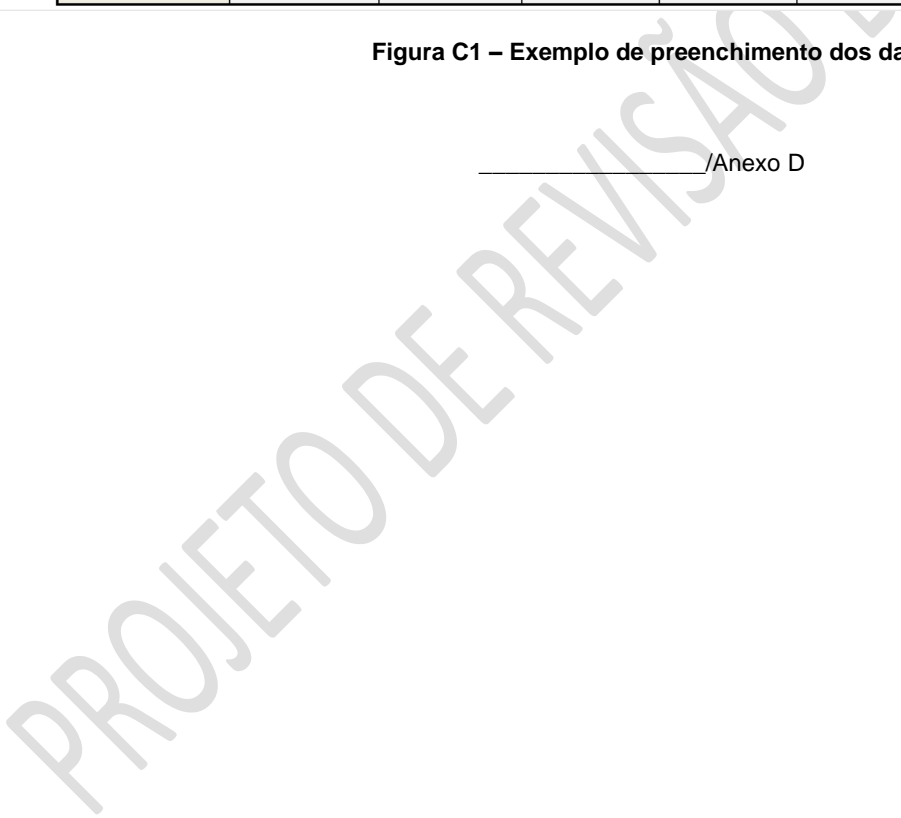
Anexo C (Informativo) – Sugestão de modelo para preenchimento de dados em laboratório

						<h2 style="margin: 0;">LOS ANGELES</h2>				
Registro de Ensaio						NOME DA EMPRESA QUE REALIZOU O ENSAIO CNPJ DA EMPRESA QUE REALIZOU O ENSAIO				
INFORMAÇÕES GERAIS										
Processo SEI	Contrato	Lote	UF	BR	Trecho	Segmento	Assunto Geral	Rodovia	Ferrovia	OEA
Data do doc.:	Ocorrência:	Jazida	Corte	Empréstimo	Camada de Aplicação:	Subleito	Reforço do Subleito	Sub-base	Base	Revestimento
Amostra n°:	Responsável:									
LOS ANGELES										

Peneiras Abertura em mm		PESO LAVADO E SECO (antes e depois do ensaio)													
Passado em	Retido em:	Grad. A (mm)	Grad. A (m ² n)	Grad. B (mm)	Grad. B (m ² n)	Grad. C (mm)	Grad. C (m ² n)	Grad. D (mm)	Grad. D (m ² n)	Grad. E (mm)	Grad. E (m ² n)	Grad. F (mm)	Grad. F (m ² n)	Grad. G (mm)	Grad. G (m ² n)
76	63	-		-		-		-		-		-		-	
63	50	-		-		-		-		-		-		-	
50	38	-		-		-		-		-		-		-	
38	25	-		-		-		-		-		-		-	
25	19	-		-		-		-		-		-		-	
19	12,5	-		-		-		-		-		-		-	
12,5	9,5	-		-		-		-		-		-		-	
9,5	6,3	-		-		-		-		-		-		-	
6,3	4,8	-		-		-		-		-		-		-	
4,8	2,4	-		-		-		-		-		-		-	
Soma do material das graduações		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RESULTADO Los Angeles (An)		#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!

Figura C1 – Exemplo de preenchimento dos dados

/Anexo D



Anexo D (Informativo) – Bibliografia

- a) AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. AASHTO T 96-02 (2006). Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine, 2006.
- b) AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. ASTM C 131. Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine, 2003.
- c) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR NM 51 – Ensaio para abrasão “Los Angeles”, 2001.
- d) Bilgehan, Kekec; Bilim, Niyazi & Dündar, Sertac. Abrasion Properties of Some Building Stone Wastes and Usability for Sustainability. Proceedings of the 8th International Conference on Sustainable Development in the Minerals Industry - SDIMI 2017: 218-222. ISBN: 978-0-9948791-3-4, 2017.
- e) DEPARTAMENTO AUTÔNOMO DE ESTRADAS DE RODAGEM. DAER/RS EL 103. Determinação da Abrasão “Los Angeles” de Agregados, 2001.
- f) DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. DNER. Publicação n° 700. Glossário de termos técnicos rodoviários. Rio de Janeiro, 1997.
- g) International Society for Rock Mechanics. ISRM. Rock Characterization Testing and Monitoring. ISRM Suggested Methods, Ed. E.T. Brown, Pergamon Press, Oxford, (1981) pp.1-212.
- h) Kuzmanic, Tamara; Lebar, Klaudija & Mikoš, Matjaž. Comparison of Different-Energy-Level Abrasion in Los Angeles and Micro-Deval Apparatuses Using Mass Loss and Rounding of Sediment Particles. Applied Sciences. Número 13,6102.
- i) Ugur, I.; Demirdag, S.; Yavuz, H. Effect of rock properties on the Los Angeles abrasion and impact test characteristics of the aggregates. Elsevier. Materials Characterization, 61 (90-96). Doi:10.1016/j.matchar.2009.10.014.
- j) Ozcelik, Yilmaz. Predicting Los Angeles abrasion of rocks from some physical and mechanical properties. Scientific Research and Essays. Vol. 6(7), pp. 1612-1619, 4 April, 2011. ISSN 1992-2248 ©2011 Academic Journals.

Índice Geral

Abstract.....1	Execução do ensaio.....5.....2
Abrasão “Los Angeles” do agregado.....3.1.....2	Graduação da amostra.....5.1.....2
Agregado.....3.2.....2	Índice geral.....9
Anexo A (Normativo) – Equipamento “Los Angeles”.....5	Objetivo.....1.....1
Anexo B (Normativo) – Tabela B1 – Graduação para ensaio.....6	Prefácio.....1
Anexo C (Informativo) – Sugestão de modelo para preenchimento de dados em laboratório.....7	Preparo da amostra.....5.2.....3
Anexo D (Informativo) – Bibliografia.....8	Procedimento.....6.....3
Aparelhagem.....4.....2	Referências normativas.....2.....1
Carga abrasiva.....5.3.....3	Resultado.....7.....3
Definições.....3.....1	Resumo.....1
	Sumário.....1

PROJETO DE REVISÃO DE NORMA