



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 Lote A  
Ed. Núcleo dos Transportes  
Brasília – DF – CEP 70040-902  
Tel./fax: (61) 3315-4831

JUNHO 2023

NORMA DNIT 259/2023 – CLA

## Solos – Classificação de solos finos tropicais para finalidades rodoviárias utilizando corpos de prova compactados em equipamento miniatura – Classificação

**Autor:** Instituto de Pesquisas em Transportes – IPR

**Processo:** 50600.005627/2023-61

**Origem:** Revisão da norma DNER – CLA 259/96

**Aprovação pela Diretoria Colegiada do DNIT na reunião de 06/06/2023.**

*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:

Solos finos tropicais, equipamento miniatura, classificação MCT

### Nº total de páginas

8

### Resumo

Este documento estabelece a classificação de solos finos tropicais, para finalidades rodoviárias, com base na metodologia MCT (Miniatura, Compactado, Tropical), que se fundamenta em determinações de propriedades de solos compactados em corpos de prova miniatura cilíndricos (diâmetro de 50 mm).

### Abstract

This document establishes the classification of tropical fine soils for road construction purposes, as regards the MCT (Miniature, Compacted, Tropical) methodology, which is based on properties of cylindrical (50 mm diameter) compacted test specimens.

### Sumário

Prefácio.....	1
1 Objetivo .....	1
2 Referências normativas.....	2
3 Definições.....	2
4 Amostra .....	3
5 Procedimento .....	3
6 Resultado .....	3
Anexo A (Normativo) – Classificação de solos.....	4

Anexo B (Normativo) – Quadro das Propriedades Típicas dos Grupos de Solos.....	5
--	---

Anexo C (Normativo) – Quadro com Breves Descrições dos Grupos de Solos da Classificação MCT .....	6
---	---

Índice geral.....	8
-------------------	---

### 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 001/2023 – PRO.

Esta publicação cancela e substitui a norma DNER – CLA 259/96, a qual foi tecnicamente revisada.

### 1 Objetivo

Esta Norma estabelece a classificação de solos finos tropicais, com base na metodologia MCT (Miniatura, Compactado, Tropical), que se fundamenta na determinação de propriedades de solos compactados em corpos de prova miniatura cilíndricos com diâmetro de 50 mm. Apresenta também um quadro que contém as propriedades dos principais grupos de solos considerados na classificação, para a escolha daqueles mais apropriados para aplicação em obras rodoviárias.

## 2 Referências normativas

Os documentos relacionados a seguir são indispensáveis à aplicação desta Norma. Para referências datadas, aplicam-se somente as edições citadas. Para referências não datadas, aplicam-se as edições mais recentes do referido documento (incluindo emendas):

- a) DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. DNER – PRO 003/94: Coleta de amostras deformadas de solos – Procedimento.
- b) \_\_\_\_\_. DNER – EM 035/95: Peneiras de malha quadrada para análise granulométrica de solos – Especificação de material.
- c) DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT 258 – ME: Solos – Compactação em equipamento miniatura – Ensaio Mini-MCV e perda de massa por imersão – Método de ensaio.

## 3 Termos e definições

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

### 3.1 Ensaio Mini-MCV

Ensaio de compactação realizado com solos finos tropicais, utilizando apenas a fração que passa integralmente na peneira nº 10 (2 mm). As amostras são compactadas em moldes cilíndricos, por meio da aplicação de golpes sucessivos, com soquete de massa e altura de queda padronizadas, com a energia de compactação necessária para atingir a máxima massa específica, tendendo a um valor próximo da condição de saturação. O procedimento do ensaio Mini-MCV é descrito na norma DNIT 258 – ME.

### 3.2 Curva de deformabilidade

Gráfico cartesiano que correlaciona, para cada teor de umidade, a variação de altura do corpo de prova, no eixo das ordenadas (escala aritmética), com o número de golpes aplicados, no eixo das abscissas (escala logarítmica decimal).

As curvas de deformabilidade devem ser obtidas conforme a norma DNIT 258 – ME.

## 3.3 Mini-MCV

O coeficiente adimensional, calculado conforme a norma DNIT 258 – ME, para todas as curvas de deformabilidade, havendo um valor de Mini-MCV para cada teor de umidade de compactação ( $h_c$ ).

### 3.4 Coeficiente de argilosidade ( $c'$ )

Coeficiente angular da parte retilínea (ou assimilável a uma reta) e mais inclinada da curva de deformabilidade com Mini-MCV = 10 (real ou interpolada). Determinado conforme a norma DNIT 258 – ME.

NOTA 1: Como raramente se obtém a curva de deformabilidade com Mini-MCV = 10, esta curva pode ser obtida por interpolação gráfica, conforme a norma DNIT 258 – ME.

### 3.5 Curva de compactação Mini-MCV

Para cada número de golpes do ensaio Mini-MCV, é o gráfico cartesiano que correlaciona, em escala aritmética, os valores de  $h_c$ , no eixo das abscissas, e seus correspondentes valores de massa específica aparente seca ( $MEAS$ ), no eixo das ordenadas. As curvas de compactação devem ser obtidas conforme a norma DNIT 258 – ME.

### 3.6 Coeficiente $d'$

Coeficiente angular da parte retilínea (ou assimilável a uma reta) e mais inclinada do ramo seco da curva de compactação correspondente ao número de golpes de referência do ensaio Mini-MCV, determinado conforme a norma DNIT 258 – ME.

### 3.7 Perda de massa por imersão ( $Pi$ )

Porcentagem de massa seca desprendida de um corpo de prova, quando imerso em água, em relação à parte extrudada da amostra de solo compactada, determinada conforme a norma DNIT 258 – ME, para cada corpo de prova, havendo um valor de  $Pi$  para cada valor de  $h_c$ .

### 3.8 Coeficiente $Pi'$

Valor de referência da perda de massa por imersão, determinado em função da altura final ( $A_F$ ) dos corpos de prova compactados e dos valores de Mini-MCV, da

seguinte forma:

- a) para cada corpo de prova compactado conforme a norma DNIT 258 – ME, determinam-se os valores de  $h_c$ ,  $A_F$ , Mini-MCV e  $Pi$ ;
- b) traça-se a curva  $A_F$  versus Mini-MCV e obtém-se o valor de  $A_F$  para Mini-MCV = 10. Se  $A_F < 48,0$  mm, o solo compactado é classificado como de alta densidade. Se  $A_F > 48,0$  mm, o solo é classificado como de baixa densidade;
- c) traça-se a curva  $Pi$  versus Mini-MCV e, a partir desta curva, obtém-se o coeficiente  $Pi'$ , pelo seguinte critério:
  - solos de baixa densidade ( $A_F \geq 48,0$  mm) -  $Pi' = Pi$  correspondente a Mini-MCV = 10;
  - solos de alta densidade,  $Pi' = Pi$  correspondente a Mini-MCV = 15.

### 3.9 Índice de laterização $e'$

Índice que, junto com o coeficiente  $d'$ , indica se o solo possui comportamento laterítico ou não laterítico. É calculado pela Equação (1):

$$e' = \sqrt{\frac{Pi'}{100} + \frac{20}{d'}} \quad (1)$$

Onde:

$e'$  é o índice de laterização;

$Pi'$  é o valor de referência da perda de massa por imersão;

$d'$  é o coeficiente obtido a partir da curva de compactação para  $n = 10$  golpes; (Série Simplificada) ou  $n = 12$  golpes (Série de Parsons);

$n$  é o número de golpes.

## 4 Amostra

A amostra deve ser coletada de acordo com a Norma DNER – PRO 003/94, com quantidade mínima de 2,5 kg de fração passando na peneira nº 10 (2 mm). A preparação da amostra deve seguir os procedimentos da norma DNIT 258 – ME.

## 5 Procedimento

### 5.1 Procedimento Mini-MCV (M-MCV)

- a) executar os ensaios Mini-MCV e a determinação de perda de massa por imersão, conforme a norma DNIT 258 – ME;
- b) a partir dos resultados obtidos nos ensaios, determinar os coeficientes  $c'$ ,  $d'$  e  $Pi'$ , e posteriormente, calcular o índice  $e'$  descrito nesta norma;
- c) a partir dos valores de  $c'$  e  $e'$  obtidos, localizar, no gráfico da Figura A1 do Anexo A, o ponto que os representa, classificando a amostra de acordo com sua localização:
  - quando o ponto no gráfico (Anexo A), estiver próximo da linha que separa os solos de grupos lateríticos (prefixo L) dos não lateríticos (prefixo N), considerá-lo laterítico quando atender aos dois critérios abaixo:
    - a curva  $Pi$  versus Mini-MCV tiver inclinação negativa no trecho com Mini-MCV de 10 a 15;
    - a curva Mini-MCV versus  $h_c$  tiver concavidade para cima.

## 6 Resultado

Esta Norma fornece o grupo a que pertence o solo, de acordo com a classificação MCT, conforme Figura A1 do Anexo A.

As propriedades típicas dos solos integrantes dos vários grupos estão representadas no Anexo B.

Anexo A (Normativo) – Classificação de solos

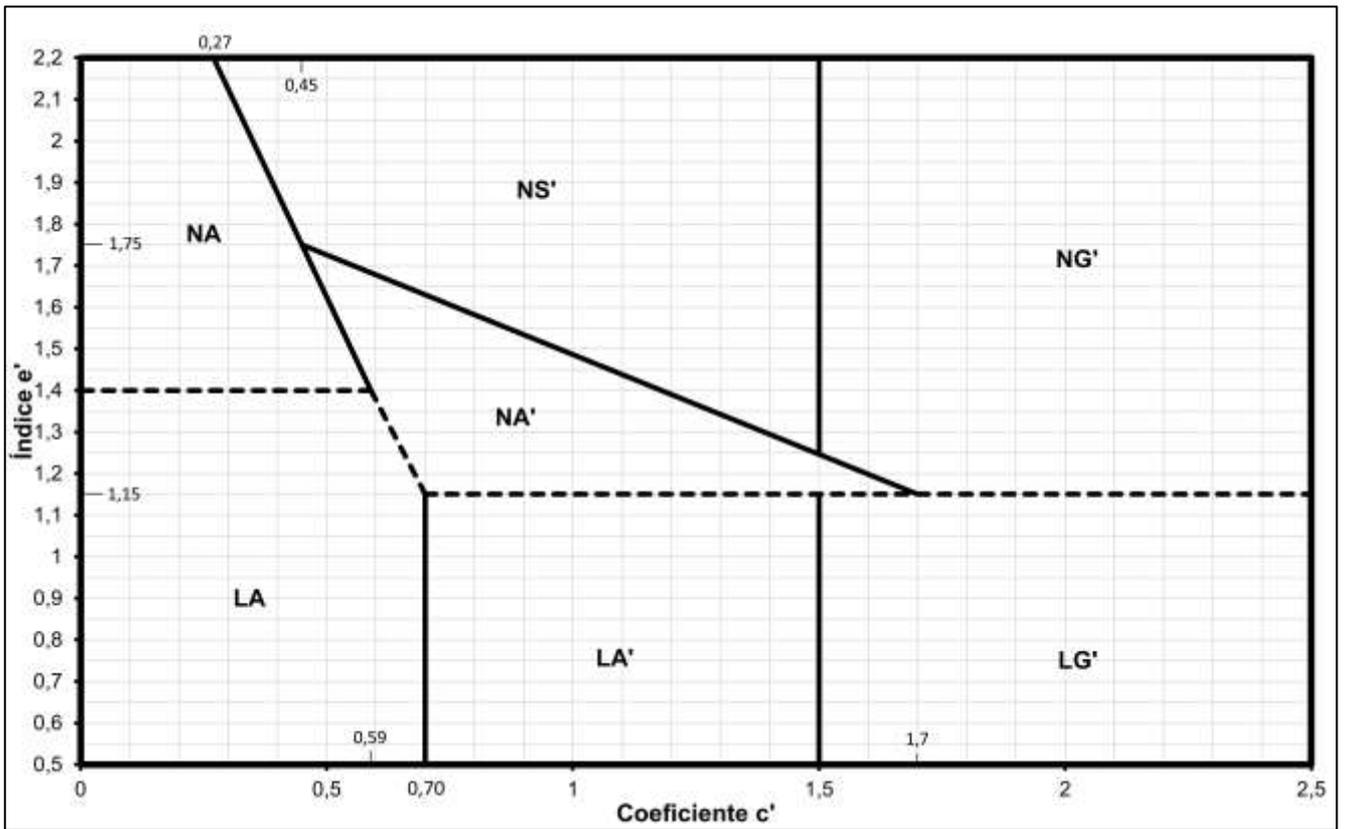


Figura A1 – Gráfico de referência para classificação de solos.

\_\_\_\_\_/Anexo B

**Anexo B (Normativo) – Quadro das Propriedades Típicas dos Grupos de Solos**

Classes			N - Solos de comportamento "não laterítico"				L - Solos de comportamento laterítico			
Grupos			NA Areias	NA` Arenosos	NS` Siltosos	NG` Argilosos	LA Areias	LA` Arenosos	LG` Argilosos	
Granulometrias Típicas (Minerais) (1)			Areias Areias Siltosas Siltos (q)	Areias Siltosas Areias Argilosas	Siltos (k,m) Siltos Arenosos e Argilosos	Argilas, Argilas Arenosas, Argi- las Siltosas	Areias com pouca argila	Areias Argilosas Argilas Arenosas	Argilas, Argilas Arenosas	
Capacidade de Suporte	Mini-CBR sem Embebição	Muito Alto > 30	Alta a Média	Alta	Alta a Média	Alta	Alta	Alta a Muito Alta	Alta	
		Alto 12 - 30								
		Médio 4 - 12								
		Baixo < 4								
	Perda de Suporte por Embebição	Alta > 70	Baixa a Média	Baixa	Alta	Alta	Baixa	Baixa	Baixa	
		Média 40 - 70								
Baixa < 40										
Expansão (%) (2)	Alta > 3	Baixa	Baixa	Alta	Alta a Média	Baixa	Baixa	Baixa		
	Média 0,5 - 3									
Contração (%) (2)	Baixa < 0,5	Baixa a Média	Baixa a Média	Média	Alta a Média	Baixa	Baixa a Média	Baixa a Alta		
Permeabilidade log k (cm/s)	Alta > (-3)	Alta a Média	Baixa	Média a Alta	Baixa a Média	Baixa a Média	Baixa	Baixa		
	Média (-3) a (-6)									
	Baixa < (-6)									
Plasticidade		IP (%)	LL (%)	Baixa a NP	Média a NP	Média a Alta	Alta	NP a Baixa	Baixa a Média	Média a Alta
	Alta	> 30	> 70							
	Média	7 - 30	30 - 70							
	Baixa	< 7	< 30							

(1) q - quartzo, m - micas, k - caulinita (2) Corpos-de-prova compactados na umidade ótima, energia normal, com sobrecarga padrão quando pertinente

**Anexo C (Normativo) – Quadro com Breves Descrições dos Grupos de Solos da Classificação MCT**

<b>Classe</b>	<b>Grupo</b>	<b>Breve Descrição</b>	<b>Correlação com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 1999) ou com geologia.</b>
L (Laterítico)	LA	São solos pouco coesivos e com alto módulo de resiliência, compostos por areias com poucos finos. Apresentam-se, geralmente, em formato de grumos subarredondados e colorações de tendência avermelhada em função da oxidação do elemento ferro.	Neossolo quartzarênico (NQ)
	LA'	São os melhores solos para construção de base e sub-base de pavimentos. Apresentam razoável coesão e alto módulo de resiliência. São compostos por areias argilosas e finos lateríticos.	Latossolos (L) ou Argilossolos (P) de textura média-arenosa.
	LG'	São solos que podem apresentar elevada contração em camadas compactadas e menores capacidades de suporte e módulo de resiliência. São compostos por argilas, argilas siltosas, argilas arenosas e siltes argilosos.	Latossolos (L) ou Argilossolos (P) de textura média-argilosa
N (Não Laterítico)	NA	São solos pouco expansivos e baixo coeficiente de argilosidade, sendo os melhores a serem usados aqueles próximos ao grupo LA. São compostos por quartzos e/ou micas nas frações areias, siltes e suas misturas.	Provenientes da alteração de arenitos e quartzitos.
	NA'	São solos que podem apresentar coeficiente de argilosidade médio. Os que contêm alta porcentagem de finos (fração argila) apresentam elevada expansão, sendo os piores. Os melhores são aqueles próximos aos grupo LA e LA' com módulo de resiliência satisfatório. São compostos por areias quartzosas com finos e mica na fração areia.	Saprólitos de rochas ricas em quartzo como arenitos, granitos e gnaisses.
	NS'	São solos muito resilientes e não recomendados como camada final de terraplenagem e outras do pavimento. Não são bons para constituir misturas de solo-agregado. São solos que compreendem siltes e siltes arenosos, e coeficiente de argilosidade baixo a médio.	Solos provenientes de alteração de rochas como basalto, diabásio e metabasito.
	NG'	São solos que apresentam alto coeficiente de argilosidade, elevada expansão, plasticidade, compressão e contração. Compostos por argilas, argila siltosa, argila arenosa, e silte argiloso. Não é indicado para camadas nobres.	Saprólitos de rochas como: basalto, diabásio, metabasito, gnaisses, folhelhos, granitos e calcários.

Fonte: Adaptado de Villibor &amp; Alves (2019)

**Anexo D (Informativo) – Bibliografia**

- a) DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. DNER – CLA 259/94: Classificação de solos tropicais para finalidades rodoviárias utilizando corpos de prova compactados em equipamentos miniatura – Classificação.
- b) NOGAMI, J.S.; VILLIBOR, D.F. "Uma nova classificação de solos tropicais para finalidades rodoviárias". Anais do simpósio brasileiro de solos tropicais em engenharia, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, vol.1, 1981.
- c) VILLIBOR, D. F; ALVES, D, M. L. "Pavimentação de baixo custo para regiões tropicais. Projeto e Construção – Novas Considerações". Florianópolis: Tribo da Ilha, 2019.

---

/Índice Geral

## Índice geral

Abstract.....	1	Índice de laterização (e') .....	3.9.....	3
Amostra .....	4.....	Índice geral .....	8	
Anexo A (Normativo) – Classificação de solos .....	4	Mini-MCV .....	3.3.....	2
Anexo B (Normativo) – Quadro das Propriedades Típicas dos Grupos de Solos .....	5	Objetivo.....	1.....	1
Anexo C (Normativo) – Quadro com Breves Descrições dos Grupos de Solos da Classificação MCT .....	6	Perda de massa por imersão (Pi).....	3.7.....	2
Anexo D (Informativo) – Bibliografia .....	7	Prefácio.....	1	
Coefficiente de argilosidade (c').....	3.4.....	Procedimento.....	5.....	3
Coefficiente Pi' .....	3.8.....	Procedimento Mini-MCV (M-MCV) .....	5.1.....	3
Coefficiente d' .....	3.6.....	Referências normativas .....	2.....	2
Curva de compactação Mini-MCV .....	3.5.....	Resultado.....	6.....	3
Curva de deformabilidade.....	3.2.....	Resumo.....	1	
Ensaio Mini-MCV .....	3.1.....	Sumário.....	1	
		Termos e definições.....	3.....	2

---