



MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA
DEPARTAMENTO NACIONAL DE
INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES

DIRETORIA GERAL

DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E
PESQUISA

INSTITUTO DE PESQUISAS
RODOVIÁRIAS
Setor de Autarquias Norte
Quadra 03 Lote A
Ed. Núcleo dos Transportes
Brasília – DF – CEP 70040-902
Tel/fax: (61) 3315-4831

Julho/2019

NORMA DNIT 414/2019 - ME

Pavimentação – Solo-Cimento – Dosagem físico-química de solo-cimento – Método de ensaio

Autor: Instituto de Pesquisas Rodoviárias – IPR.

Processo: 50607.003403/2017-14.

Aprovação pela Diretoria Colegiada do DNIT na Reunião de 01/07/2019.

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:

Solo, cimento, solo-cimento, dosagem físico-química

Total de páginas

8

Resumo

Esta norma especifica o método de ensaio para a determinação do teor de cimento que satisfaz quimicamente um solo, garantindo a matriz contínua das ligações, denominado como dosagem físico-química de solo-cimento. Este método é uma alternativa rápida e simples para orientação do projetista de uma obra, para seleção de materiais ou solos disponíveis para compor o solo-cimento. Define o teor mínimo de cimento necessário para estabilizar completamente determinado solo, indicando a viabilidade econômica de o material testado poder ser utilizado como solo-cimento. O conhecimento deste teor auxilia na escolha dos teores de cimento a serem testados pela resistência mecânica e deformabilidade.

Abstract

This standard specifies the test method for the determination of the cement content that chemically satisfies a soil, ensuring the continuous matrix of the connections, known as the soil-cement physical-chemical dosage. This method is a quick and simple alternative for the orientation of the designer of a work to select the materials or soils available to compose the soil-cement. It defines the minimum content of cement required to completely stabilize a given soil, indicating the economic viability of the tested material to be used as soil-cement. The minimum content enable the choice of the cement

contents to test the mechanical strength and deformability.

Sumário

Prefácio	1
1 Objetivo.....	2
2 Definição.....	2
3 Aparelhagem	2
4 Amostra	2
5 Procedimentos.....	2
6 Resultados.....	3
Anexo A (Informativo) -Tabela A1	4
Anexo B (Informativo).....	5
Anexo C (Informativo)	6
Anexo D (Informativo) - Bibliografia.....	7
Índice geral.....	8

Prefácio

A presente Norma foi preparada pelo Instituto de Pesquisas Rodoviárias – IPR/DPP, para servir como documento base, visando estabelecer os procedimentos para a realização do ensaio de dosagem físico-química de solo-cimento. Sua criação teve origem no desenvolvimento do objeto do Termo de Execução Descentralizada – TED nº 682/2014 firmado com a

COPPE/UFRJ, para elaboração de método mecanístico-empírico de dimensionamento de pavimento asfáltico. Está formatada de acordo com a Norma DNIT 001/2009 – PRO.

1 Objetivo

O objetivo do método físico-químico é proporcionar ao projetista uma resposta rápida e simples de orientação do teor mínimo de cimento necessário para estabilizar completamente um determinado tipo de solo. Este método é baseado na interação elétrica entre as partículas de cimento e argila.

2 Definição Método físico-químico

Tem como princípio a interação elétrica do cimento com as partículas argilosas do solo que contribuem para mudanças físico-químicas complexas na mistura solo-cimento. As partículas de cimento se comportam na mistura como carregadas eletricamente e sua presença no solo aumenta a condutividade elétrica da massa solo-cimento compactada. Esta interação com colóides negativamente carregados juntamente com a hidratação do cimento produz mudanças físico-químicas rápidas no sistema, gerando variações volumétricas substanciais quando a mistura é suspensa em água. O teor de cimento que resulta na maior variação volumétrica é indicativo de mistura estável que conduz à estabilização completa do solo.

3 Aparelhagem

Para este método de ensaio é necessária a seguinte aparelhagem:

- a) Provetas de 250 ml cada (no mínimo sete provetas);
- b) Peneira de nº 10 (abertura de 2,00 mm);
- c) Balança com capacidade de 1 kg e de precisão com acurácia de $\pm 0,2$ %;
- d) Bastão de baquelite ou similar (empregar água destilada para a realização do ensaio).

4 Amostra

A amostra de solo usada no ensaio é seca ao ar, totalmente destorroada e passante na peneira de nº 10 (abertura de 2,00 mm).

5 Procedimentos

Os procedimentos para a realização da dosagem de solo-cimento pelo método físico-químico são os seguintes:

- a) Utilizar no mínimo sete provetas de 250 ml, marcando-as com as porcentagens de cimento que se deseja testar, utilizando sempre 0 % na primeira, ou seja, nesta estará o solo puro. Os teores de cimento podem ser variados com intervalos de 1 a 3 %, quanto mais arenoso o solo, menor deve ser a variação;
- b) Pesar várias porções de 20 g do solo, seco ao ar, destorroado e passado na peneira de nº 10, tantas quantas forem as provetas. Colocar uma porção do solo em cada proveta;
- c) Adicionar as quantidades de cimento, em porcentagens por peso de solo, nas respectivas provetas;
- d) Misturar o solo e o cimento ainda secos, agitando-se cada proveta;
- e) Colocar aproximadamente 50 ml de água destilada e agitar, com o bastão de baquelite, cada proveta até que ocorra a homogeneização completa da mistura;
- f) Completar com água destilada o volume da proveta até a marca de 100 ml, lavando as paredes da proveta e colocar em repouso absoluto sobre uma superfície plana, livre de vibração, até o dia seguinte (24 horas); havendo dispersão do solo na água, na proveta, de 0 % de cimento, adicionar algumas gotas de ácido clorídrico, antes de completar o volume, a fim de flocular a argila, permitindo assim melhor definição da leitura da altura do material;
- g) No dia seguinte, agitar a mistura durante 30 segundos, em cada proveta, com o auxílio de um bastão de plástico rígido (baquelite), em movimentos circulares firmes e rápidos até que a mistura fique homogênea;

- h) No mínimo 2 horas após ter sido feita a operação de agitação do passo (g) fazer a leitura do volume ocupado pelo sedimento em cada proveta;
- i) No terceiro dia, agitar e fazer a leitura do volume novamente, no tempo de no mínimo 2 horas após a agitação da mistura em cada proveta;
- j) Repetir essa operação por vários dias, até serem obtidas, em dois dias seguidos, leituras constantes ou decrescentes, em cada proveta;
- k) Montar uma tabela com os teores de cimento e as leituras feitas diariamente, conforme exemplo da Tabela A1 do Anexo A;

6 Resultados

Para calcular o teor mínimo de cimento requerido para estabilização físico-química completa do solo analisado é necessária a obtenção da variação volumétrica porcentual, ΔV (%) de cada sedimento de solo-cimento, em relação àquela do solo puro (0 % de cimento), para os diversos teores de cimento, escolhendo para cálculo o

maior volume obtido para cada teor, de acordo com a equação 1:

$$\Delta V(\%)_{teor} = \frac{V_{m\acute{a}x(teor)} - V_{m\acute{a}x(0\%)}}{V_{m\acute{a}x(0\%)}} \quad (1)$$

Onde:

$\Delta V(\%)_{teor}$ = Variação volumétrica percentual para cada teor de cimento;

$V_{m\acute{a}x(teor)}$ = Volume máximo lido na proveta para cada teor de cimento;

$V_{m\acute{a}x(0\%)}$ = Volume máximo lido na proveta para o solo puro (teor de cimento de 0 %).

Elaborar um gráfico de %cimento versus $\Delta V(\%)_{teor}$ (ver exemplo no Anexo B). O ponto máximo da variação volumétrica corresponde ao teor mínimo de cimento requerido para a estabilização físico-química completa do solo com o tipo de cimento usado na avaliação.

_____/Anexo A

Anexo A (Informativo)

Tabela A1 – Modelo de tabela para método de dosagem físico-químico de solo-cimento.

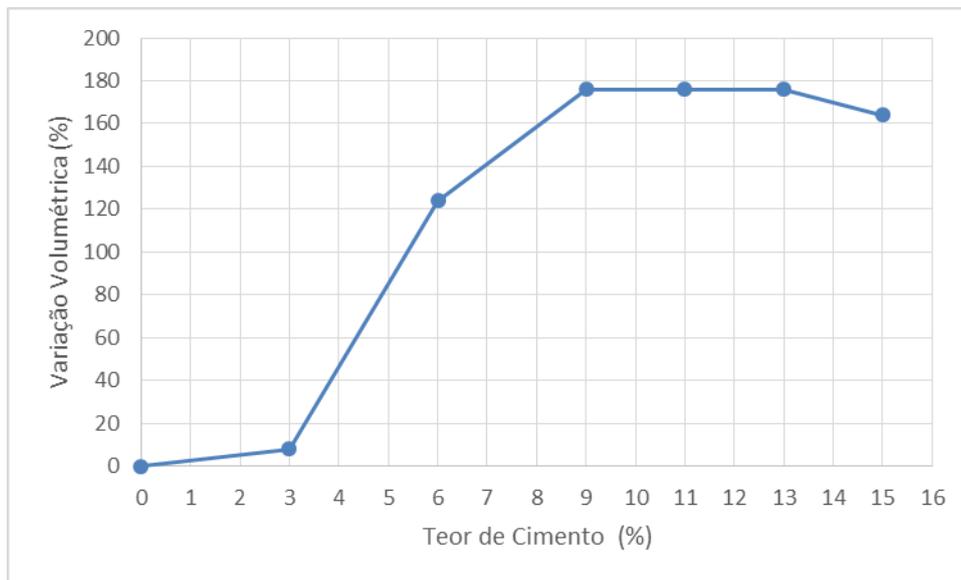
Teor de cimento (%)	Leituras das alturas de sedimento (a cada 24 horas) - Volume ocupado pelo sedimento medido diariamente nas provetas									$V_{\text{máx (teor)}}$	$\Delta V(\%)_{\text{Teor}}$	
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a	7 ^a	...	N			
0												
2												
4												
6												
8												
10												
12												

/Anexo B

Anexo B (Informativo)

Exemplo de resultado de dosagem físico-químico

Teor de cimento (%)	Leituras - Volume ocupado pelo sedimento medido diariamente nas provetas						$V_{m\acute{a}x}(\text{teor})$	$\Delta V(\%)_{\text{Teor}}$
	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª		
0	24	24	24	25	25	25	25	0
3	27	27	26	26	26	26	27	8
6	36	50	56	56	54	53	56	124
9	48	67	69	66	65	63	69	176
11	51	69	66	66	65	65	69	176
13	52	69	66	66	65	64	69	176
15	50	66	64	63	62	62	66	164



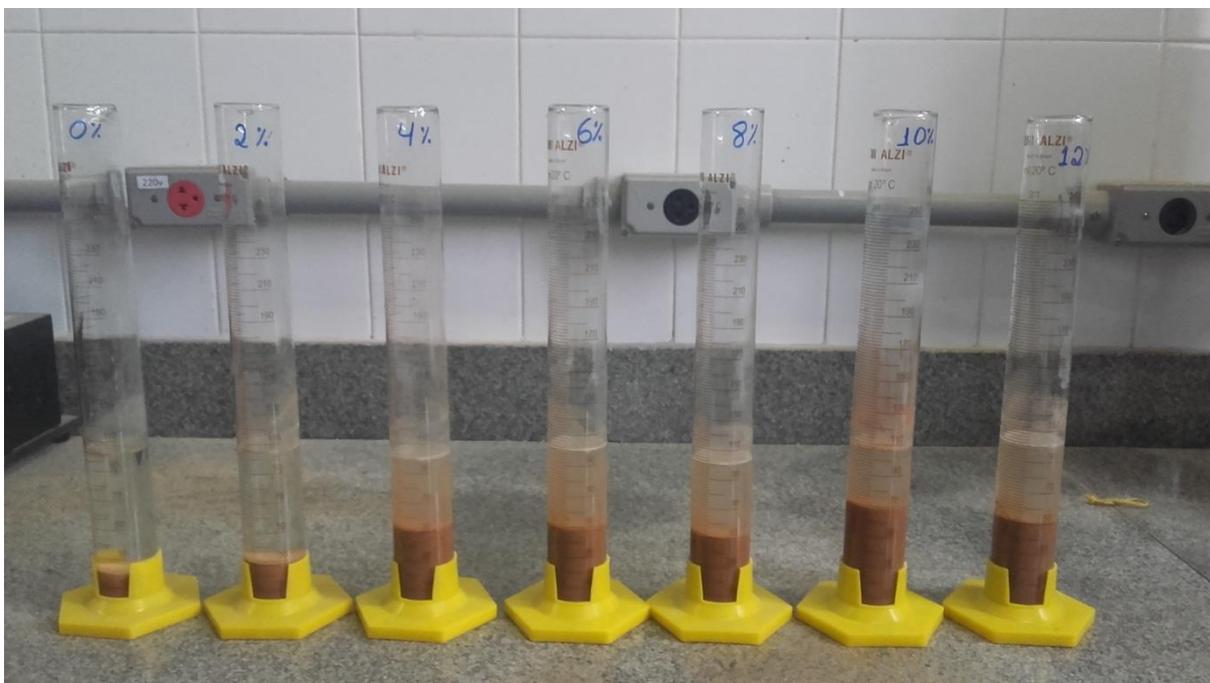
Nota: Para o solo do exemplo o teor mínimo de cimento requerido para a sua estabilização físico-química é 9 % de cimento.

Anexo C (Informativo)

Fotos de ensaio do método físico-químico em andamento: (a) Início do ensaio – 1º dia e (b) Final do ensaio



(a)



(b)

Nota: Para o ensaio apresentado nas fotos o teor mínimo de cimento requerido para a estabilização físico-química foi 10 %.

Anexo D (Informativo) - Bibliografia

- a) CASANOVA, F. J.; CERATTI, J. A. P. RODRIGUES, M. G. M. Procedimento para dosagem físico-química do solo-cimento. In: REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, 26., 1992, Aracaju., *Anais...* Rio de Janeiro: ABPv, 1992. p. 82-86.
- b) CERATTI, J. A. P. *Estudo do comportamento à fadiga de solos estabilizados com cimento para utilização em pavimentos*. 1991. Tese (Doutor em Ciências em Engenharia Civil)-Coordenação dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1991. Disponível em: < <http://www.coc.ufrj.br/pt/teses-de-doutorado/135-1991/752-jorge-augusto-pereira-ceratti>>. Acesso em: 05 jul. 2018.
- c) CERATTI, J. A. P. CASANOVA, F. J. Um método físico-químico para a dosagem de solo-cimento. In: Simpósio sobre novos conceitos em ensaios de campo e laboratório em geotecnia, 1988, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ et al, 1988. v. 1, p. 191-200.
- d) CHADDA, L. R. A rapid method of assessing the cement requirement for the stabilization of soils. *Indian Concrete Journal*, Maharashtra, v. 33, n. 7, p. 298-314, 1971.
- e) CONCHA, L. M. C. *Estudo da fadiga de duas misturas de solo-cimento*. 1986. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)-Coordenação dos Programas de Pós-graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1986. Disponível em: < <http://www.coc.ufrj.br/pt/dissertacoes-de-mestrado/86-1986/534-luis-marcial-collarte-concha>>. Acesso em: 05 jul. 2018.
- f) ENAMORADO, M. A. *Estudo comparativo entre o método mecânico e o método físico-químico para dosagem de solo-cimento*. 1990. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)-Coordenação dos Programas de Pós-graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1990. Disponível em: < <http://www.coc.ufrj.br/pt/dissertacoes-de-mestrado/90-1990/628-marcio-alvarado-enamorado>>. Acesso em: 05 jul. 2018.
- g) RODRIGUES, M. G. M. *Contribuição ao estudo do método físico-químico de dosagem de solo-cimento*. 1992. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)-Coordenação dos Programas de Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1992. Disponível em: < <http://www.coc.ufrj.br/pt/dissertacoes-de-mestrado/92-1992/1281-maria-da-qloria-marcondes-rodrigues>>. Acesso em: 05 jul. 2018.

Índice geral

Abstract.....	1	Índice geral.....	8
Amostra.....	4..... 2	Objetivo..... 1.....	2
Anexo A (Informativo).....	4	Prefácio.....	1
Anexo B (Informativo).....	5	Procedimentos..... 5.....	2
Anexo C (Informativo).....	6	Resultados..... 6.....	3
Anexo D (Informativo) - Bibliografia.....	7	Resumo.....	1
Aparelhagem.....	3..... 2	Sumário.....	1
Definição.....	2..... 2		
