

13ª REUNIÃO DE PAVIMENTAÇÃO URBANA – 13ª RPU

MACEIÓ/AL – BRASIL – 5 A 7 de abril de 2006

Local: Centro Cultural e de Exposições de Maceió

Metodologia de Investigação Geotécnica de Vias Urbanas Não Pavimentadas Com o Emprego do Método das Pastilhas e Cone de Penetração Dinâmico–DCP Parte 3 – Dimensionamento da Espessura Total do Pavimento

Glicério Trichês¹; Claudia Moreira Dal Pai²

¹ Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC - Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil
Rua João Pío Duarte Silva s/n - Córrego Grande CEP 88040-970 Florianópolis/SC, e-mail ecvlgtri@ecv.ufsc.br

² Rua José Feliciano Karasek, 51 - Carvoeira - CEP 88040-660 Florianópolis/SC, claudiamoreirasfs@hotmail.com

RESUMO

Estabelecer procedimentos de investigação geotécnica “in situ” empregando-se técnicas rápidas, eficazes e de baixo custo na caracterização das propriedades geotécnica de interesse para a pavimentação é uma tendência mundial, principalmente para as vias de baixo volume de tráfego. No Brasil tem sido uma constante a execução de pavimentos urbanos sem uma avaliação adequada do solo de fundação para o dimensionamento da espessura total do pavimento. O emprego de ensaios como o Método das Pastilhas e o Cone de Penetração Dinâmico (DCP - Dynamic Cone Penetrometer) podem contribuir de maneira decisiva para o aumento da vida útil dos pavimentos urbanos. Eles permitem avaliar as características de expansividade, resistência e de capacidade de suporte do solo de fundação e das camadas do pavimento, com a vantagem de serem ensaios simples, facilmente executáveis em campo e de baixo custo na obtenção dos resultados. Em 2005 foi finalizada uma pesquisa na Universidade Federal de Santa Catarina, em que se avaliou a potencialidade do emprego do Método das Pastilhas para a caracterização geotécnica e seleção de solos a serem empregados em corpo de aterro e camadas de reforço e o emprego do ensaio de DCP para caracterizar a capacidade de suporte “in situ” dos solos de fundação de vias urbanas não pavimentadas. A metodologia proposta foi testada no município de São Francisco do Sul-SC e reconhece-se que ela seja válida para a caracterização de solos finos desenvolvidos no ambiente tropical. A partir dos resultados obtidos, estabeleceu-se um procedimento para a caracterização geotécnica e avaliação da capacidade de suporte “in situ” dos solos com estes equipamentos, bem como desenvolvimento de ábacos de dimensionamento da espessura total do pavimento a partir destes dados. O presente trabalho (Parte 3) apresenta o dimensionamento da espessura total do pavimento a partir dos resultados da capacidade de suporte do solo “in situ” avaliado com o DCP. A metodologia proposta orienta o procedimento de investigação da capacidade de suporte DCP e a umidade “in situ” na seção transversal, a definição da resistência DCP e a umidade característica da seção, bem como a definição do DCP de projeto para dimensionamento, utilizando-se um ábaco de dimensionamento especialmente desenvolvido para a Unidade Geotécnica específica, identificada durante a coleta de amostra com o amostrador adaptado ao DCP. Para ilustrar, a metodologia é aplicada em um bairro da cidade de São Francisco do Sul.

PALAVRAS-CHAVES: dimensionamento; DCP

ABSTRACT

It is a world tendency to establish geotechnical investigation procedures “in situ” using fast, efficient and with low cost techniques, in characterization of geotechnical properties of pavement, mainly for the ways of low volume of traffic. The execution of municipal urban floors without an adequate evaluation of the soil of foundation for unfamiliarity of the existence of simple techniques on the part of the City halls in the characterization of the hydraulic and mechanics properties of soil necessary for the sizing of the total thickness of the floor is a constant. The use of techniques as the Metodo das Patilhas (Disk Method) and the Dynamic Cone of Penetration (DCP) can contribute for the increase of the useful life of the urban pavements. These assays are procedures that allow to evaluate the expansive characteristics, resistance and bearing capacity of the soil of foundation and the layers of the pavement with the advantage to be simple assays, easily executed in field, and of low cost in the attainment of the results. In 2005, a research in the Federal University of Santa Catarina was finished, where it was evaluated the potentiality of the use of the Disk Method for the characterization and election of soils and the DCP to characterize the support capacity “in situ” of soil foundation of non-pavement urban ways. The methodology proposal was tested in the city of São Francisco do Sul - SC and it is recognized as validate for fine soil developed in Tropical environment. From the gotten results, one established a procedure for the geotechnical characterization and evaluation of the support capacity “in situ” of soil with these equipment, as well as development of abacuses of sizing of the total thickness of the pavement from these data. This work (Part 3) presents the sizing of the total thickness of the pavement from the results of the capacity of support of soil “in situ” evaluated with the DCP. The methodology proposal guides the procedure of inquiry of the capacity of support DCP and the moisture content “in situ” in the transversal section, the definition of resistance DCP and the characteristic humidity of the section, as well as the definition of the DCP of project for sizing, using an abacus of sizing especially developed for the specific Geotechnical Unit, identified during the collection of sample with the shower implemented to the DCP. To illustrate, the methodology is applied in a suburb of the city of São Francisco do Sul. The developed procedure of this research that is presented in the detailing of this three works could be applied in different regions in significant way to add minimum engineering concepts to the Brazilian urban pavement, specially in small and medium city halls, improving the performance of its floors and optimizing the application of the scarce available resources of them.

KEYS WORDS: thickness, DCP

INTRODUÇÃO

Pavimentos urbanos de baixo volume de tráfego são quase sempre executados e/ou recebidos pelas Prefeituras Municipais sem um conhecimento prévio das características geotécnicas dos solos locais, de tráfego e sem a aplicação normativa dos controles tecnológicos dos serviços de campo, pois segundo Pestana e Paiva (2003) dos 90 a 95% dos 5529 municípios no Brasil classificados como pequeno e médio porte quase sempre não dispõem de recursos técnicos. Há de se concordar com estes autores, que são necessários estudos de materiais e técnicas executivas que sejam adequadas às necessidades dos municípios de pequeno e médio porte, a fim de auxiliar na gestão dos recursos disponíveis para aplicação no sistema viário municipal. O presente trabalho tem como objetivo apresentar o dimensionamento do pavimento através de um ábaco desenvolvido adequadamente para o tipo solo (Unidade Geotécnica) onde é implantada a pavimentação, atendendo as especificações normativas quanto à capacidade de suporte, expansão e umidade de equilíbrio, utilizando-se o equipamento DCP. Emprega-se no desenvolvimento dos ábacos os métodos de dimensionamento do DNER/79 e da Prefeitura Municipal de São Paulo/92. Mostra-se o dimensionamento de um trecho do bairro selecionado – Jardim Acaraí, Município de São Francisco do Sul/SC - no experimento, onde a capacidade de suporte e a umidade “in situ” foram avaliadas com o emprego do equipamento DCP, definindo-se a resistência de projeto no entorno da umidade de equilíbrio. Acredita-se que a metodologia de investigação geotécnica empregando o Método das Pastilhas, o equipamento DCP e o emprego de ábacos de dimensionamento desenvolvidos para as Unidades Geotécnicas predominante no município possam contribuir na capacitação técnica do pessoal das Prefeituras e na melhor aplicação dos escassos recursos econômicos disponíveis dos municípios, melhorando significativamente na qualidade final dos pavimentos urbanos, permitindo às próprias Prefeituras monitorarem e verificarem se os serviços executados e recebidos atendem aos controles tecnológicos das especificações normativas do Departamento Nacional de Infra-estrutura e Transporte - DNIT. Acredita-se que o procedimento desenvolvido na pesquisa, apresentado nos 3 trabalhos, poderá ser aplicado para as diferentes regiões do Brasil, agregando conceitos mínimos de engenharia à pavimentação urbana brasileira, notadamente nas prefeituras de pequeno e médio porte.

DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE DE SUPORTE E DA UMIDADE DOS PERFIS DE SOLO DO BAIRRO JARDIM ACARAI

No bairro Jardim Acaraí a investigação geotécnica “in situ” com o DCP para a definição da capacidade de suporte e amostragem de solo para determinação de umidade foram executadas pelo procedimento descrito no artigo Parte 2 – Emprego do Cone de Penetração Dinâmica para Caracterização da Capacidade de Suporte. A Figura 1 ilustra os eixos das vias e a localização das 50 seções investigadas no bairro Jardim Acaraí. Procurou-se verificar “in situ”, durante a investigação, se o leito da via estava assente em horizonte B ou C. Na Figura 1, delimita-se a área (linhas tracejadas) do bairro onde os leitos das vias estão assentes no horizonte C, estando as demais vias, assente no horizonte B. Em cada seção transversal, espaçadas a aproximadamente 50m, foram executados 3 ensaios com o equipamento DCP (capacidade de suporte e coleta de amostra) posicionados nas trilhas de roda externa do lado direito (TRLD) e esquerdo (TRLE) e no eixo (EIXO) da via, sendo a distância entre as trilhas de rodas e do eixo de 2 a 3 metros.

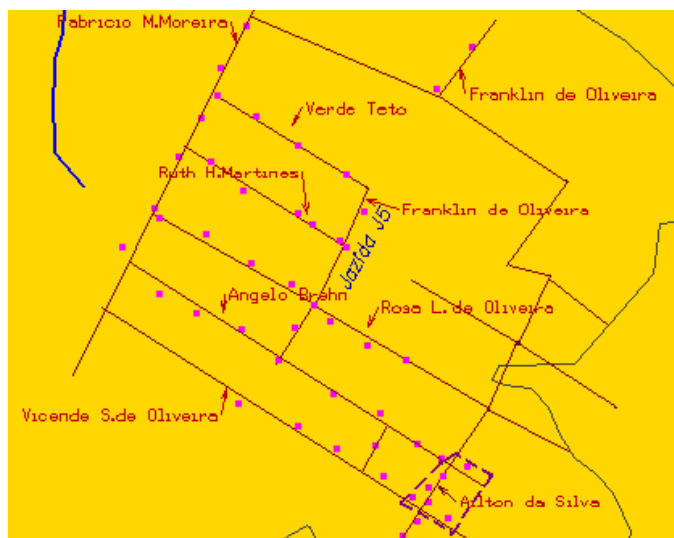
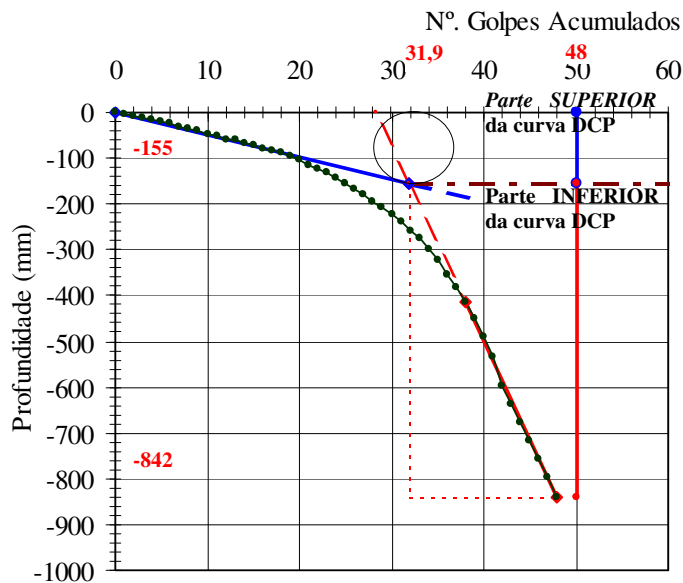


Figura 1: Eixo das vias e localização das seções investigadas no bairro Jardim Acaraí.

DEFINIÇÃO DA CAPACIDADE DE SUPORTE E DA UMIDADE DO SOLO DE FUNDAÇÃO COM O DCP

A Figura 2 ilustra uma curva DCP da investigação geotécnica na seção transversal nº 38 na posição TRLD do bairro Jardim Acaraí, no horizonte B. Para a determinação do DN (DCP Number) de cada curva DCP, procedeu-se da seguinte maneira: a) traçou-se uma tangente na parte superior da curva DCP, passando pela origem da curva, e uma outra tangente na parte final da curva DCP; b) A interseção das duas tangentes defini a *espessura da camada superior do perfil* (é muito provável que esta camada seja cortada na regularização, portanto e ela não foi considerada para efeitos de definição do DN do solo de fundação); c) A “*espessura da camada do solo de fundação*”, parte inferior da curva, que determina o valor de DN; c) O valor de DN é a *inclinação da reta da parte inferior da curva DCP*, ou seja, é razão entre a profundidade e o número de golpes necessários para penetrá-la.

Na Figura 2 observa-se a interseção das tangentes da parte superior e inferior da curva DCP, definindo-se na parte inferior da curva a profundidade do solo de fundação investigada.



Portanto, o DN do solo de fundação é dado pela equação 1:

$$DN = \left(\frac{P_{final} - P_{interseção}}{G_{final} - G_{interseção}} \right)$$

sendo:

P_{final} : profundidade final alcançada pelo DCP (última leitura do DCP);

$P_{interseção}$: profundidade definida na interseção da parte superior e inferior das tangentes (obtido no gráfico);

G_{final} : número acumulado de golpes da última leitura do DCP; e,

$G_{interseção}$: número acumulado de golpes definido na interseção da parte superior e inferior das tangentes (obtido no gráfico).

Assim, na posição TRLD da seção nº.38 definiu-se:

$$DN = \left(\frac{842 - 155}{48 - 31,9} \right) = 42,7 \text{ mm / golpe}$$

A Figura 3 ilustra as curvas DCP de três pontos investigados e o Diagrama de Umidade na seção nº 38. Quanto ao ensaio DCP, definiram-se os seguintes DN para o solo de fundação: na posição TRLE, obteve-se um DN = 36,8mm/golpe (*inclinação da reta da parte final da curva DCP*); na posição EIXO, obteve-se um DN = 33,8mm/golpe; e, na posição TRLD obteve-se um DN = 42,7mm/golpe

Na mesma seção foram definidos três valores de DN para o solo de fundação. O valor de DN para a seção é a média dos 3 valores ou pode ser adotado o maior valor numérico de DN, que corresponderia ao menor resistência encontrada na seção investigada. Considerando o critério de menor resistência na seção nº 38, o valor DN representativo para o solo de fundação é 42,7mm/golpe, a partir da profundidade de 15,0cm (-155mm) da curva DCP (parte inferior da curva).

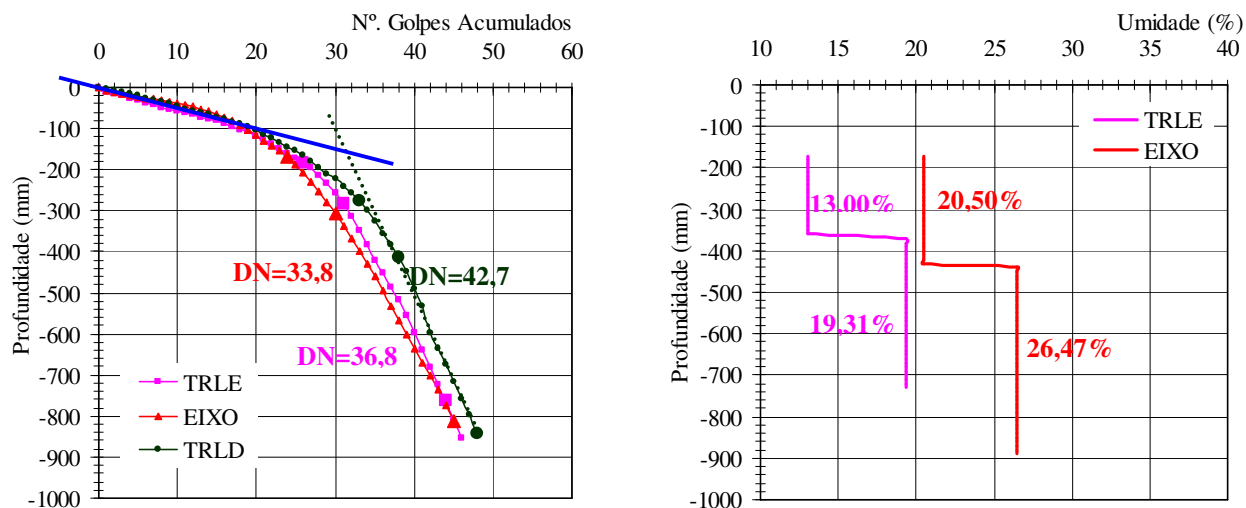


Figura 3: Curva DCP em três posições e Diagrama de Umidade da seção nº.38.

Quanto ao diagrama de umidade da Figura 3, coletaram-se amostras nas posições TRLE e EIXO. Como não foi determinada a umidade na posição TRLD - de menor resistência do solo de fundação - foi considerada neste ponto como a umidade do solo de fundação, o maior valor de umidade, visto que há uma relação entre DN e umidade. Também, poder-se-ia definir a umidade em uma seção como a média dos valores individuais quando as diferenças entre os valores não sejam significativas. Neste caso, a umidade considerada para o solo de fundação foi de cerca de 26,5%. Assim, na seção nº 38 foram definidos para o solo de fundação uma resistência DN de 42,7mm/golpe e uma umidade de 26,5%.

DEFINIÇÃO DO DN DE PROJETO PARA UM TRECHO INVESTIGADO

Em um trecho de aproximadamente 190m foram investigadas 6 seções (38, 37, 36, 36', 31 e 27 - rua Franklin de Oliveira), e obteve-se os pontos DN e Umidade “in situ” do horizonte B indicados no Quadro 1.

Quadro 1: Solo de Fundação, DN e umidade “in situ” da rua Franklin de Oliveira, horizonte B – grupo LG’.

Seção	DN(mm/golpe)	Umidade “in situ” (%)
38	42,7	26,47
37	42,3	30,02
36	31,4	29,68
36'	35,1	30,28
31	46,8	27,70
27	35,9	27,04

Na Figura 4 indicam-se os pontos representativos de DN e umidade de cada seção para o trecho em estudo, para a amostra AM03 – horizonte B. A interpretação destes pontos em relação a curva DN x umidade é que os pontos abaixo dela estão compactados com uma energia maior, enquanto que acima dela, os pontos estariam mal compactados. Pontos, desde que muito mal compactados, deveram ser recompactados e se o DN estiver acima de 65mm/golpe o material d eover substituído.

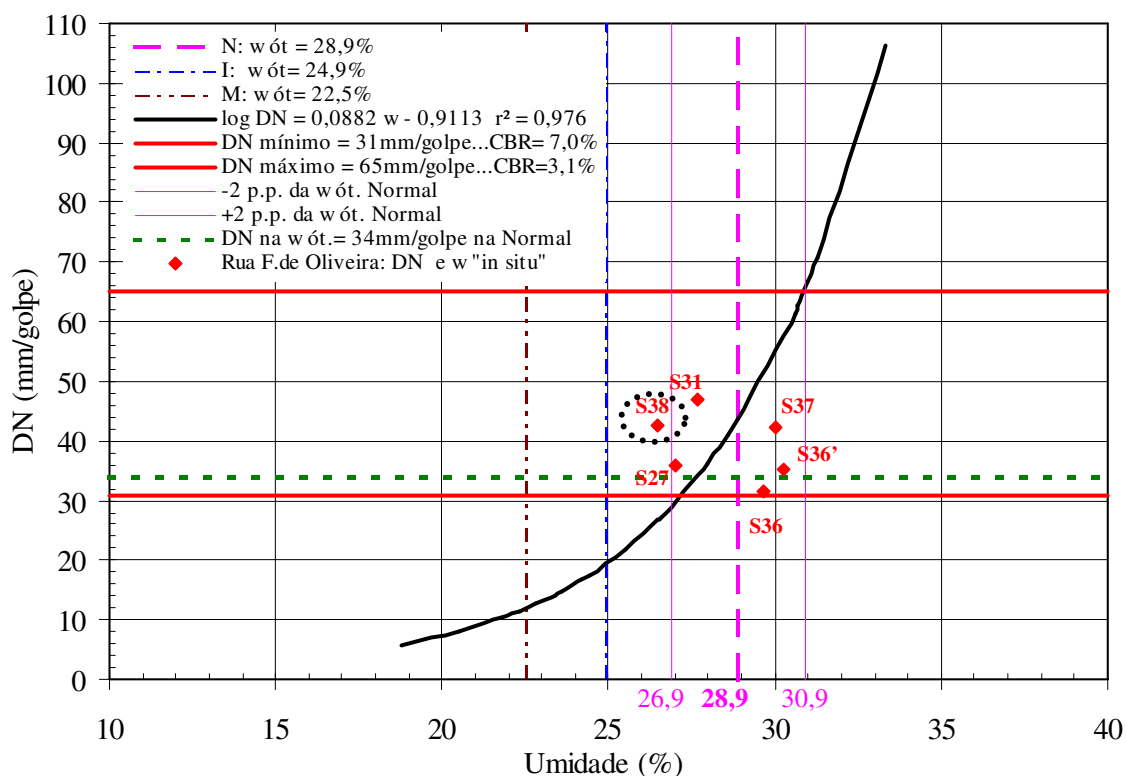


Figura 4: DN e umidade “in situ” de solo de fundação no trecho de 190m da rua Franklin de Oliveira.

Observa-se na Figura 4 que apenas o ponto da seção nº 38 encontrou-se fora do intervalo de 2 pontos percentuais da umidade ótima. A tendência deste ponto ao entrar em equilíbrio é aumentar o DN de 42,7mm/golpe para um valor de, aproximadamente, 45mm/golpe no limite do intervalo de umidade inferior de 26,9%. Este ponto, juntamente com a seção nº 31, estariam compactados com uma energia menor que a do Proctor Normal. Nestas duas seções, o solo de fundação deveria ser recompactado. Devido à profundidade que eles estão e o transtorno que isto daria ao ser recompactado ou substituído, pela existência de tubulações das concessionárias, optou-se por considerar os valores de DN representativos da seção. No Quadro 2 são apresentados os valores de DN representativos das seções investigadas para dimensionamento de espessura total do pavimento.

Quadro 2: Solo de Fundação, DN e umidade “in situ” das seções da rua Franklin de Oliveira, horizonte B – LG’.

Seção	DN (mm/golpe)	Umidade “in situ” (%)
38	45,0	26,90
37	42,3	30,02
36	31,4	29,68
36'	35,1	30,28
31	46,8	27,70
27	35,9	27,04

A estimativa do intervalo de confiança da média da população (μ) quando não se conhece o desvio padrão da população (σ) é dada pela equação :

$$\bar{x} - t_{\alpha/2}(n-1) \times \frac{Sd}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{x} + t_{\alpha/2}(n-1) \times \frac{Sd}{\sqrt{n}} \quad \text{eq. 1}$$

limite inferior < μ < limite superior

Onde:

μ : média da população;

\bar{x} : média da amostra;

Sd : desvio padrão da amostra;

n : tamanho da amostra;

t: distribuição t-student;
 α : significância; e,
 $p = 1 - \alpha$: probabilidade.

No Quadro 3 apresentam-se os parâmetros estatísticos para determinação do intervalo de estimativa da média da população.

Quadro 3: Parâmetros Estatísticos de DN.

$\overline{DN} =$	39,4
Desvio Padrão	6,2
n	6
p	0,9
α	0,1
$\alpha/2$	0,05
$t_{\alpha/2} (n-1)$	2,015

Portanto, para um nível de confiança de 90% a estimativa do intervalo da média da população de DN é:

$$34,4\text{mm/golpe} < \mu < 44,5\text{mm/golpe.}$$

O valor de *DN projeto* para dimensionamento da espessura total do pavimento é 44,5mm/golpe.

ÁBACO PARA DIMENSIONAMENTO DA ESPESSURA TOTAL DO PAVIMENTO

Com o objetivo de obter a espessura total do pavimento (Ht) para um dado valor de DN de projeto, foram elaborados ábacos de dimensionamento, no qual a partir do conhecimento de DN e do tráfego (N) define-se a espessura total do pavimento. Os ábacos foram desenvolvidos aplicando-se os critérios definidos pelo Método do DNER/79, no qual a espessura total do pavimento é obtida através do modelo:

$$Ht = a \times N^b \times CBR^{-c} \quad \text{eq. 2}$$

onde:

Ht: espessura total do pavimento (cm);

N: número equivalente de operações do Eixo Simples Padrão de 8,2 toneladas (USACE); e

CBR: Índice Suporte Califórnia; e,

a, b e c: coeficiente de regressão do Método do DNER/79.

Também foram desenvolvidos ábacos empregando-se o procedimento da Prefeitura Municipal de São Paulo – *Procedimento de Dimensionamento de Pavimentos para Vias de Tráfego Leve e Muito Leve/P01*, que se baseia no método de projetos de pavimentos flexíveis do Eng. Murilo Lopes de Souza (DNER/79) e nos métodos MD-1 e MD-3t/79 da PMSP. A Figura 5 ilustra as curvas de dimensionamento em função do CBR para os tráfego (N) de 10^4 (muito leve) e 10^5 (leve) do ESP de 8,2 toneladas (PMSP,1992).

As curvas do ábaco de dimensionamento da PMSP para tráfego Muito Leve (10^4) e Leve (10^5) foram equiparadas com a curva do DNER/79 nas mesmas condições de tráfego e resistência CBR e verificou-se que há uma diferença da ordem de 10 cm entre os métodos. A figura 6 mostra o ábaco empregando a metodologia da PMSP.

O procedimento empregado para definir o ábaco de dimensionamento, no qual determina-se a espessura do pavimento (Ht) em função da resistência DN, foi substituir o parâmetro CBR da equação 2, colocando-o em função de DN, uma vez que se conhece para cada tipo de solo ou Unidade Geotécnica a relação CBR x DCP. A espessura total do pavimento em termos de DN é dada pela equação:

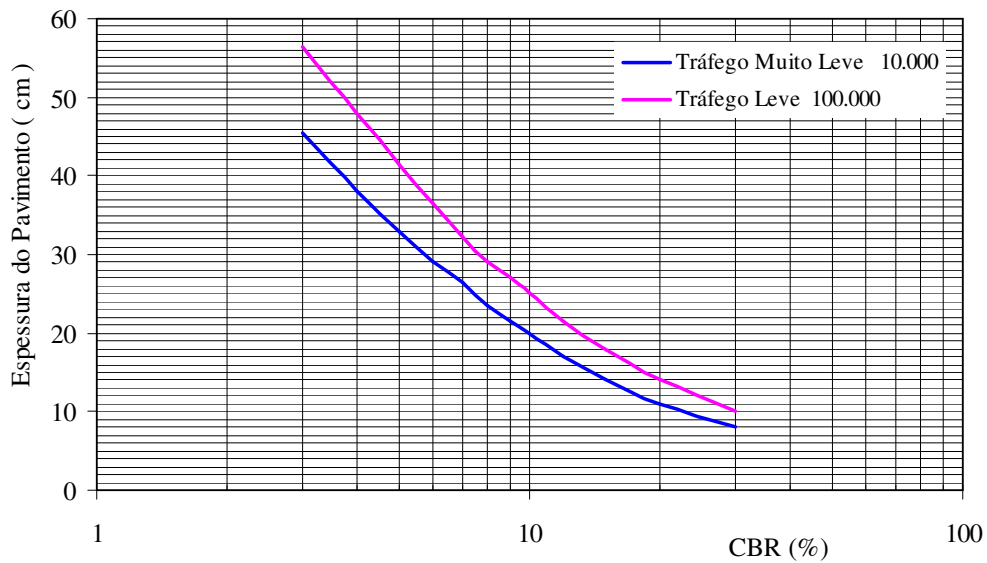


Figura 5: Ábaco de dimensionamento da Prefeitura Municipal de São Paulo (1992).

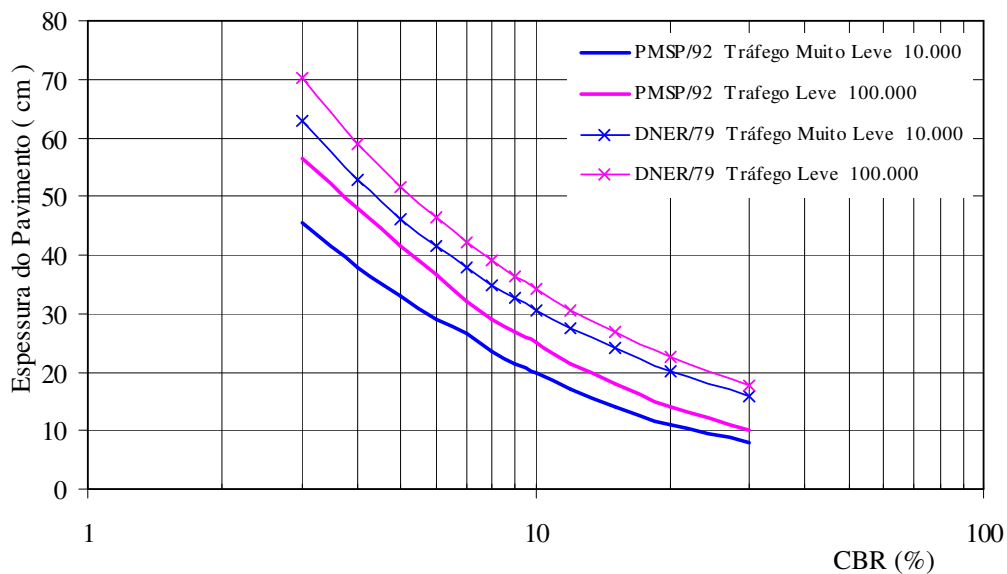


Figura 6: Equiparação das curvas do DNER e PMSP para tráfego mui leve (10^4) e leve (10^5) solicitações do Eixo Simples Padrão de 8,2 toneladas.

$$Ht = a \times N^b \times [10^{(A + B \times \log DN)}]^{-c} \quad \text{eq. 3}$$

onde:

Ht: espessura do pavimento, em termos de material granular, em cm;

N: n°. equivalente de operações do Eixo Simples Padrão de 8,2 toneladas;

DN: resistência do solo obtida com o equipamento DCP em mm/golpe;

a, b e c: coeficientes da equação 3 (DNER/79) ou das curvas de dimensionamento da PMSP; e,

e A, B: coeficiente da regressão linear simples da relação CBR x DCP de cada solo ou Unidade Geotécnica.

Seguindo as especificações vigentes quanto à resistência e expansão, foram definidos ábacos para as Amostras de solos estudadas na pesquisa para corpo de aterro, regularização e reforço do subleito. Neste trabalho, apresenta-se apenas o ábaco de dimensionamento para amostra do horizonte B do Jardim Acaraí (AM03) considerando DN de projeto do corpo de aterro. Os demais ábacos podem ser encontrados em Dal Pai, 2005.

Os resultados dos ensaios de laboratório deste solo apresentaram valores de CBR variando de 5,5% (energia Normal) a 22,6% (energia Modificada) e expansões abaixo de 1%. A norma DNER-ES 282/97-Terraplenagem-aterros, orienta que “a camada final dos aterros deverá ser constituída de solo selecionado na fase de projeto (...). Não será permitido o uso de solos com expansão maior que 2%”. Também, os materiais para reforço do subleito devem apresentar um CBR maior que o do subleito e expansão $\leq 1\%$ (Pinto e Preussler, 2001). Portanto, o solo natural, na condição “in situ” pode ser empregado como corpo de aterro (60,0cm), bem como reforço e/ou camada de regularização-camada final do aterro, dentro de um limite de DN e umidade.

A relação CBR x DCP deste solo é dada por:

$$\log CBR = 2,5119 - 1,1145 \times \log DN \quad r^2 = 0,938 \quad \text{eq. 4}$$

com CBR e DN já definidos anteriormente.

Para corpo de aterro, a equação 4 foi empregada para os intervalos de DN de 31mm/golpe < DN ≤ 65mm/golpe, que correspondem, respectivamente aos CBR= 7,1% e CBR= 3,1% e com umidade “in situ” variando no intervalo de 28% ≤ ω ≤ 31% para as resistências definidas, para compactação na energia Normal. Na seqüência apresentam-se os ábacos de dimensionamento da PMSP/92, Figura 7, e DNER/79, Figura 8.

DETERMINAÇÃO DE ESPESSURA TOTAL DO PAVIMENTO EMPREGANDO-SE ÁBACOS DE DIMENSIONAMENTO

O procedimento de dimensionamento da espessura total do pavimento através do ábaco é direto, entrando-se com o valor de DN projeto na abscissa até encontrar a curva de tráfego, obtendo-se na ordenada o valor da espessura total do pavimento. Neste caso, para um DN projeto = 44,5mm/golpe e tráfego de $N_{ESP\ 8,2\ t} = 100.000$, encontram-se nos ábacos de dimensionamento da PMSP/92 (Figura 7) e DNER/79 (Figura 8) os valores da espessura total de pavimento (Ht).

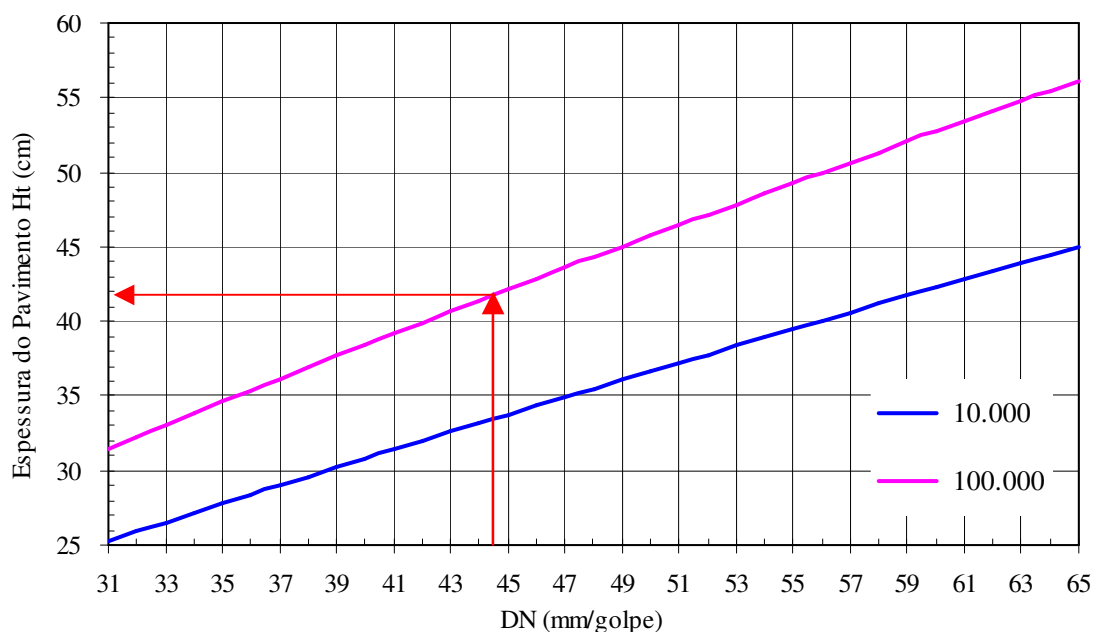


Figura 7: ÁBACO 5 - Ábaco de dimensionamento de Cambissolo – horizonte B, grupo LG’
Corpo de Aterro “in situ”, PMSP/92.

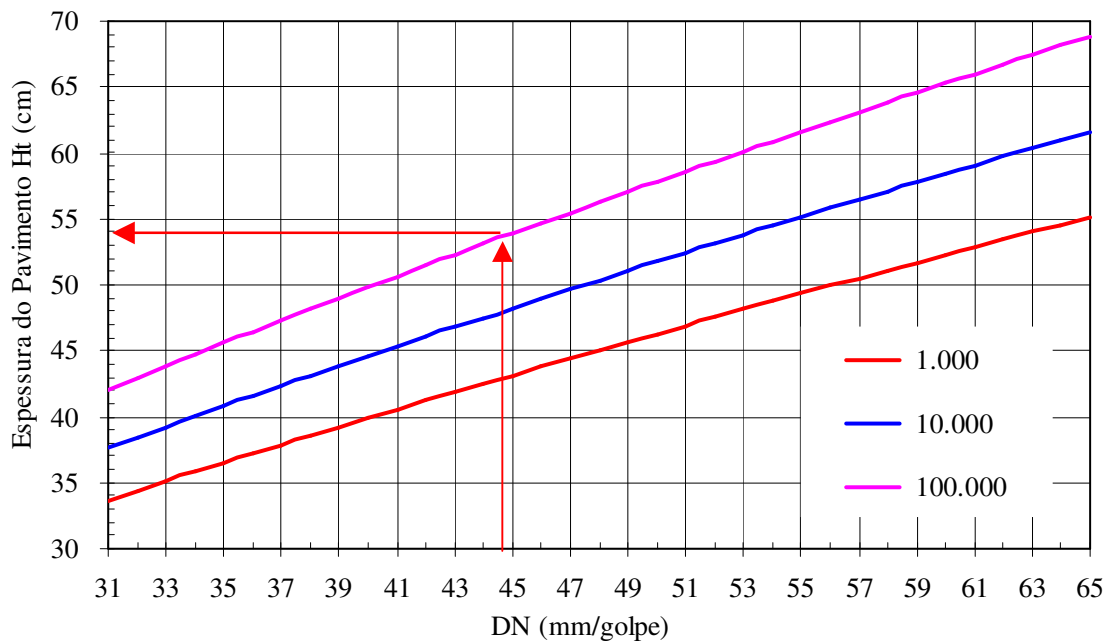


Figura 8: ÁBACO 6 - Ábaco de dimensionamento de Cambissolo – horizonte B, grupo LG’
Corpo de Aterro “in situ”, DNER/79.

DETERMINAÇÃO DE ESPESSURA TOTAL DO PAVIMENTO EMPREGANDO-SE ÁBACOS DE DIMENSIONAMENTO

O procedimento de dimensionamento da espessura total do pavimento através do ábaco é direto, entrando-se com o valor de DN projeto na abscissa até encontrar a curva de tráfego, obtendo-se na ordenada o valor da espessura total. Neste caso, para um DN projeto = 44,5mm/golpe e tráfego de $N_{ESP\ 8,2\ t} = 100.000$, encontram-se nos ábacos de dimensionamento da PMSP/92 (Figura 7) e DNER/79 (Figura 8) os valores da espessura total de pavimento (Ht).

Para o trecho de 190m da rua Franklin de Oliveira definem-se nos respectivos ábacos as espessuras totais para atender ao tráfego $N_{ESP\ 8,2\ t} = 100.000$ e proteger o subleito:

$$\begin{aligned} \text{PMSP/92 : } Ht &\cong 42\text{cm; e,} \\ \text{DNER/79 : } Ht &\cong 54\text{cm.} \end{aligned}$$

Durante a construção, após os serviços de regularização do leito e compactação, a camada final do corpo de aterro poderá ser reavaliada quanto ao DN e a espessura total do pavimento redimensionada. Tal procedimento poderá resultar em economia na pavimentação. Por exemplo, se após os serviços de regularização do solo de fundação fosse obtida uma camada de pelo menos 15cm com um DN regularização = 31mm/golpe, para atender ao $N_{ESP\ 8,2\ t} = 100.000$, definem-se nos ábacos:

$$\begin{aligned} \text{PMSP/92 : } Ht' &\cong 31\text{cm; e,} \\ \text{DNER/79 : } Ht' &\cong 42\text{cm.} \end{aligned}$$

Fazendo-se a verificação para proteger o subleito, tem-se:

$$Ht' + 15 \geq Ht$$

$$\begin{aligned} \text{PMSP/92 : } 31\text{cm} + 15\text{cm} &\geq 42\text{cm} \\ 46\text{cm} &\geq 42\text{cm; e} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{DNER/79 : } 42\text{cm} + 15\text{cm} &\geq 54\text{cm} \\ 57\text{cm} &\geq 54\text{cm.} \end{aligned}$$

Portanto, a recompactação de pelo menos 15cm da camada final do corpo de aterro, representaria uma redução de 11cm na espessura total do pavimento, segundo a metodologia da PMSP/92.

A Figura 9 ilustra o esquema de estrutura do pavimento com a camada de regularização compactada.

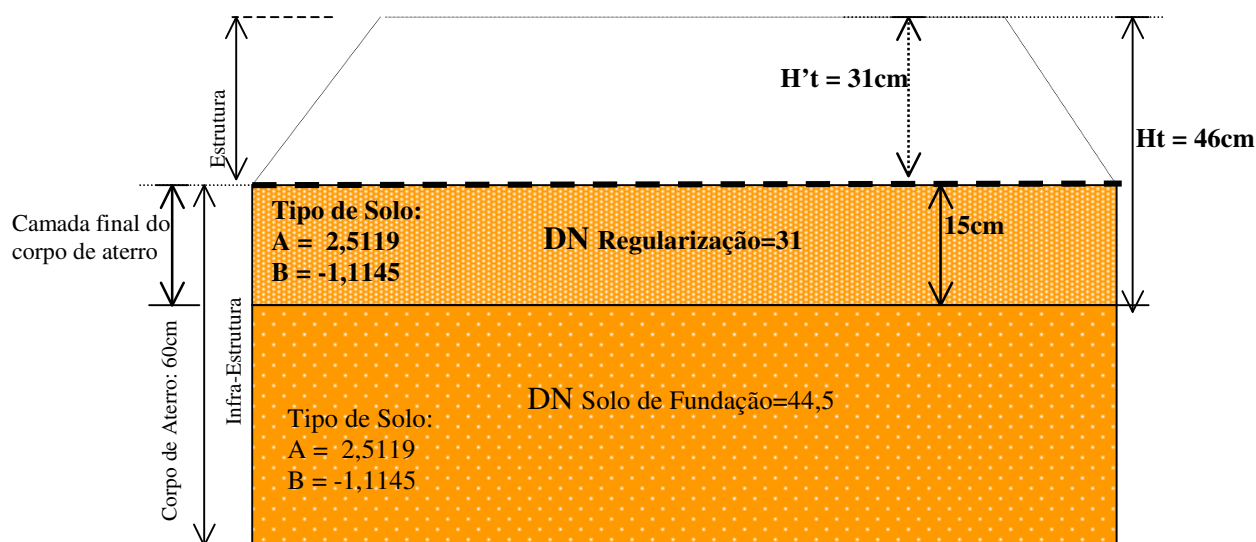


Figura 9: Esquema da estrutura do pavimento após compactação da camada final de aterro (PMSP/92).

CONCLUSÕES

Os ábacos de dimensionamento desenvolvidos permitiram de maneira rápida, determinar espessura total do pavimento para as diferentes unidades geotécnicas estudadas, levando-se em consideração a resistência “in situ” do solo de fundação e o tráfego. Também, pode-se avaliar o DN da camada final do corpo de aterro após os serviços de regularização e assim redimensionar a estrutura do pavimento, rapidamente.

Pode-se verificar uma diferença na espessura total do pavimento ao empregar o método da PMSP/92 e do DNER/79, na ordem de 10cm, ou seja, a metodologia da PMSP/92 conduz a uma estrutura mais esbelta. A utilização de uma ou outra metodologia ficaria a cargo do projetista.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DNER – DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM – *Método de Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis*. DNER/1979, Rio de Janeiro- R.J, 1979.

DNER – DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM – Especificação de Serviço – *ES 282/97 – Terraplenagem – aterros*. Rio de Janeiro-R.J, 1997.

MANUAL DE PAVIMENTAÇÃO URBANA. Estudo e Projeto de Pavimentação. Vol. II, Fascículo 2, ABPv, 1995.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO. Pavimentação Urbana: Procedimento de Dimensionamento de Pavimentos para Vias de Tráfego Leve e Muito Leve. São Paulo, 1992.

PRUDÊNCIO Jr., L.R. *Métodos Estatísticos*. Universidade Federal de Santa Catarina, Núcleo de Pesquisa em Construção, Curso de Mestrado em Engenharia Civil, 1999.

PESTANA, F.A.B.; Paiva, C.E.L. A Pintura Horizontal a Frio de Vias Urbanas em Cidades de Médio e Pequeno Porte: Materiais, Execução e Controle. 12ª Reunião de Pavimentação Urbana – 12ª RPU. Aracaju – SE, 2003.