

# **AVALIAÇÃO DO USO DO PENETRÔMETRO MANUAL DINÂMICO PARA O CONTROLE DE EXECUÇÃO DE FUNDAÇÕES DIRETAS EM AREIAS.**

**Carla Cecília NASCIMENTO DOS SANTOS (1)**

**Carina MAIA LINS COSTA (2)**

(1) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Natal/RN, email: [carlacecilia.santos@hotmail.com](mailto:carlacecilia.santos@hotmail.com)

(2) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Natal/RN, email: [carina.maia@ifrn.edu](mailto:carina.maia@ifrn.edu)

## **RESUMO**

O adequado funcionamento de uma fundação é imprescindível para o bom desempenho de uma edificação. Entretanto, nota-se que o controle tecnológico de fundações diretas com relação à capacidade de carga ainda é uma prática bastante restrita. Esta pesquisa avalia o uso do penetrômetro manual dinâmico (DCP) para o controle de qualidade durante a execução de fundações diretas. O DCP foi empregado para efetuar ensaios em campo a fim de correlacionar o índice de penetração dinâmica com resultados de sondagens SPT e de ensaios de cisalhamento direto. Este artigo apresenta resultados preliminares de ensaios penetrométricos realizados em uma obra na cidade de Natal-RN.

**Palavras-chave:** Fundações, penetrômetro, controle de qualidade.

## **ABSTRACT**

The good operation of a foundation is extremely necessary to a good performance of building structures. However, it's been seen that technological control in respect to bearing capacity of shallow foundations is really restrict. This research evaluates the use of the dynamic cone penetrometer (DCP) for quality control during the construction of shallow foundations. The DCP was used to perform field tests in order to correlate the penetration index value in situ with SPT and direct shear test results. This paper presents preliminary results of penetrometer tests conducted in a construction site located on Natal-RN city.

**Key words:** Foundations, penetrometer, quality control.

## **1 INTRODUÇÃO**

A fundação de uma edificação tem o objetivo de transferir a carga da estrutura para o maciço do solo sobre o qual ela está apoiada. Diversos tipos de fundações podem ser empregados, dependendo dos fatores econômicos e técnicos, porém, os dois principais grupos são: profundas e diretas. Nas diretas encontram-se sapatas, radier e blocos; nas profundas, caixões, estacas e tubulões.

As fundações diretas se caracterizam por transferirem sua carga ao terreno por pressões distribuídas sob sua base, não sofrem influência do atrito lateral do solo e o seu dimensionamento vai depender da carga suportada. As fundações profundas sofrem influência do atrito lateral, pois atingem grandes profundidades,

tem um custo elevado na sua produção e são utilizadas quando as primeiras camadas do solo não possuem resistência suficiente para suportar o peso da construção.

Uma fundação bem produzida deve transferir as cargas para o solo sem que este apresente ruptura ou sofra recalques exagerados. Desta forma, é essencial a avaliação da capacidade de carga do solo para um bom desempenho de uma edificação.

Nas fundações diretas, nota-se que o controle de execução com relação à capacidade de carga é negligenciado. Atualmente, quando esse controle é feito, ocorre baseado nos conhecimentos e análise empírica de um engenheiro geotécnico experiente, que crava uma haste no solo e avalia a sua resistência. Nesse procedimento, nenhum dado é obtido para confirmar a sua análise, tornando-a muito subjetiva. Neste contexto, o penetrômetro dinâmico pode constituir uma ferramenta de controle de qualidade para fundações diretas eliminando o problema da subjetividade.

Este artigo apresenta resultados preliminares de uma pesquisa em desenvolvimento com o objetivo de correlacionar resultados do DCP (cone de penetração dinâmica) com parâmetros do solo como densidade relativa e ângulo de atrito. Quando possível, pretende-se ainda correlacionar o índice de penetração dinâmica com valores de SPT (índice de resistência à penetração de sondagem a percussão). As correlações serão desenvolvidas com o objetivo de avaliar o emprego de penetrômetro manual para controle de capacidade de carga de fundações diretas considerando um solo típico presente na Cidade de Natal- RN

## **2 DCP ( CONE DE PENETRAÇÃO DINÂMICO)**

O DCP é um tipo de penetrômetro bastante utilizado devido ao seu fácil manuseio e baixo custo. Ele possui uma ponta cônica com inclinação de  $60^\circ$  que vai penetrando no solo a cada golpe dado, com um peso de 8kg. Esse peso é liberado de uma altura de 575mm. A cada golpe dado é anotado a profundidade em que o aparelho se encontra, devido a uma régua graduada localizada ao lado. O golpe zero serve apenas para fixar o aparelho ao solo. A Figura 1 mostra a execução de um ensaio com o DCP.



**Figura 1: Realização de um ensaio com o DCP**

Este aparelho foi desenvolvido na Austrália (SCALA, 1959) e desde então vem sendo utilizado em países como África do Sul e Estados Unidos (ABU- FARSAKH et al, 2004).

Em 1973 o DCP foi utilizado como um método expedito para avaliação de rodovias na África do Sul (KLEYN, 1975). Aspectos como tipo de solo, plasticidade, teor de umidade e massa específica foram

investigados com o DCP. Posteriormente, o DCP foi empregado na avaliação do potencial de colapso do solo, utilização como um método de controle construtivo e reabilitação de pavimentos (KLEYN et al, 1982).

No Brasil, os estudos sobre o penetrômetro ainda são limitados, porém, exemplos de instituições que o analisam é o Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) e a Universidade de Campinas (UNICAMP) e a Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

O procedimento de utilização do DCP é bem simples, necessita-se apenas de duas pessoas, uma para segurar o aparelho e outra para anotar os dados, o aparelho deve estar 90° (noventa graus) com o solo e não necessita de uma velocidade constante na aplicação dos golpes.

Após o procedimento *in situ*, os dados são levados a laboratório para análise do tipo de solo e a determinação de sua resistência, o que é chamado de DPI e será dado em mm/golpe.

As boas correlações entre os valores do DPI obtidos nos ensaios com penetrômetro e os valores SPT indicam, segundo Lobo et al. (1994), que o penetrômetro poderá constituir uma ferramenta bastante útil para os engenheiros geotécnicos, na confirmação da cota de apoio de bases em fundações diretas.

Entre as limitações do aparelho, constam-se que ele não pode ser utilizado em qualquer tipo de solo, pois se o solo for muito resistente não é possível a penetração do mesmo sem danificar o aparelho.

### **3 METODOLOGIA**

O trabalho está sendo desenvolvido através de ensaios de campo e de laboratório. Os ensaios penetrométricos de campo serão efetuados em obras na cidade de Natal/RN. Como critérios de seleção, para os locais de ensaio em campo os seguintes fatores foram considerados: presença de solo típico, existência de um número adequado de sondagens de simples reconhecimento e principalmente, receptividade da construtora com relação ao desenvolvimento da pesquisa.

Este artigo apresenta dados preliminares obtidos através da execução de ensaios com o DCP em uma obra localizada no bairro Planalto. A construção é de um condomínio residencial, com quatro torres, cada torre terá 32 apartamentos, sendo 8 por andar. A fundação prevista é do tipo radier apoiado em um aterro compactado.

O ensaio com o penetrômetro foi realizado em um terreno de 30 metros(m) de comprimento por 17m de largura, utilizando-se uma malha de 3m de distância entre eles com afastamento igual a 2,50m e 1,50m das laterais, o que equivaleu a 50 pontos, dispostos conforme mostrado na Figura 2. Uma amostra de solo foi coletada nas proximidades de cada ponto de ensaio para cálculo da umidade.

Após ensaio *in situ*, foram feitos os ensaios para a caracterização do solo em laboratório de acordo com as normas da ABNT. Os seguintes ensaios foram efetuados: granulometria, umidade, massa específica dos sólidos e índice de vazios máximo e mínimo.

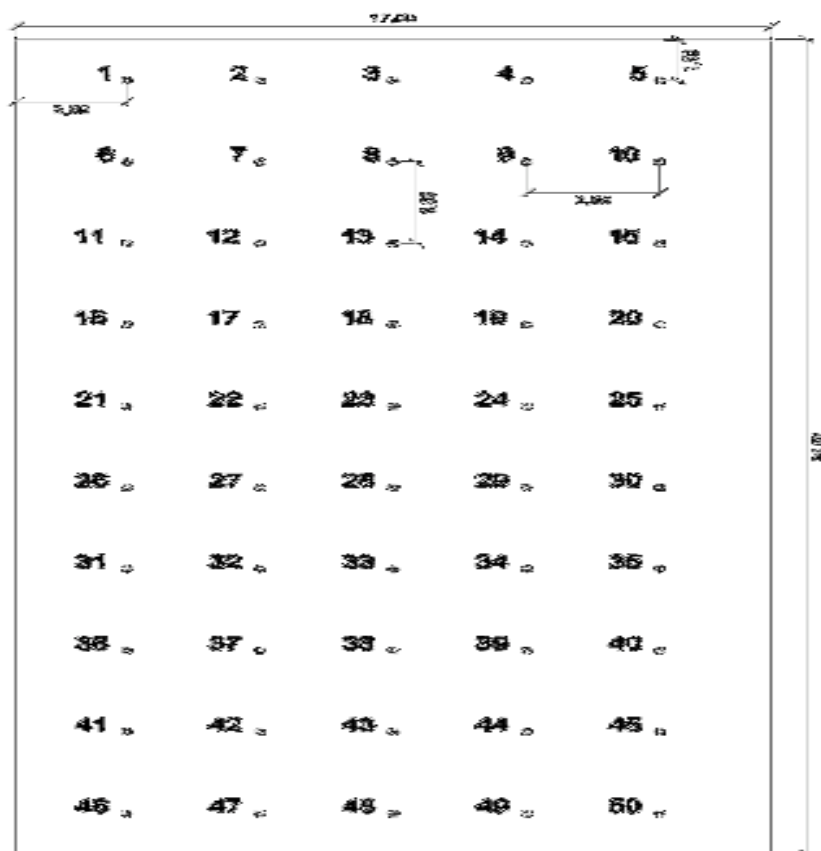


Figura 2: Disposição dos pontos de ensaio no terreno

#### 4 RESULTADOS OBTIDOS

Os dados de campo foram analisados a fim de obter o índice de penetração dinâmica (DPI) para cada ponto de ensaio. Como o aterro foi compactado em camadas de 20,0 cm, os valores de DPI por ponto para cada camada de 20cm foram ainda determinados. A Figura 3 mostra a variação espacial dos valores de DPI obtidos no terreno enquanto a Tabela 1 apresenta todos os valores de DPI calculados.

Como pode ser visto mediante a observação da Figura 3, o valor do DPI não apresentou grandes variações no terreno. A continuação do trabalho permitirá estabelecer uma correlação desses valores com o ângulo de atrito do solo. Através de métodos teóricos para a previsão da capacidade de carga será então possível avaliar se as variações observadas implicam discrepâncias significativas na capacidade de carga da fundação.

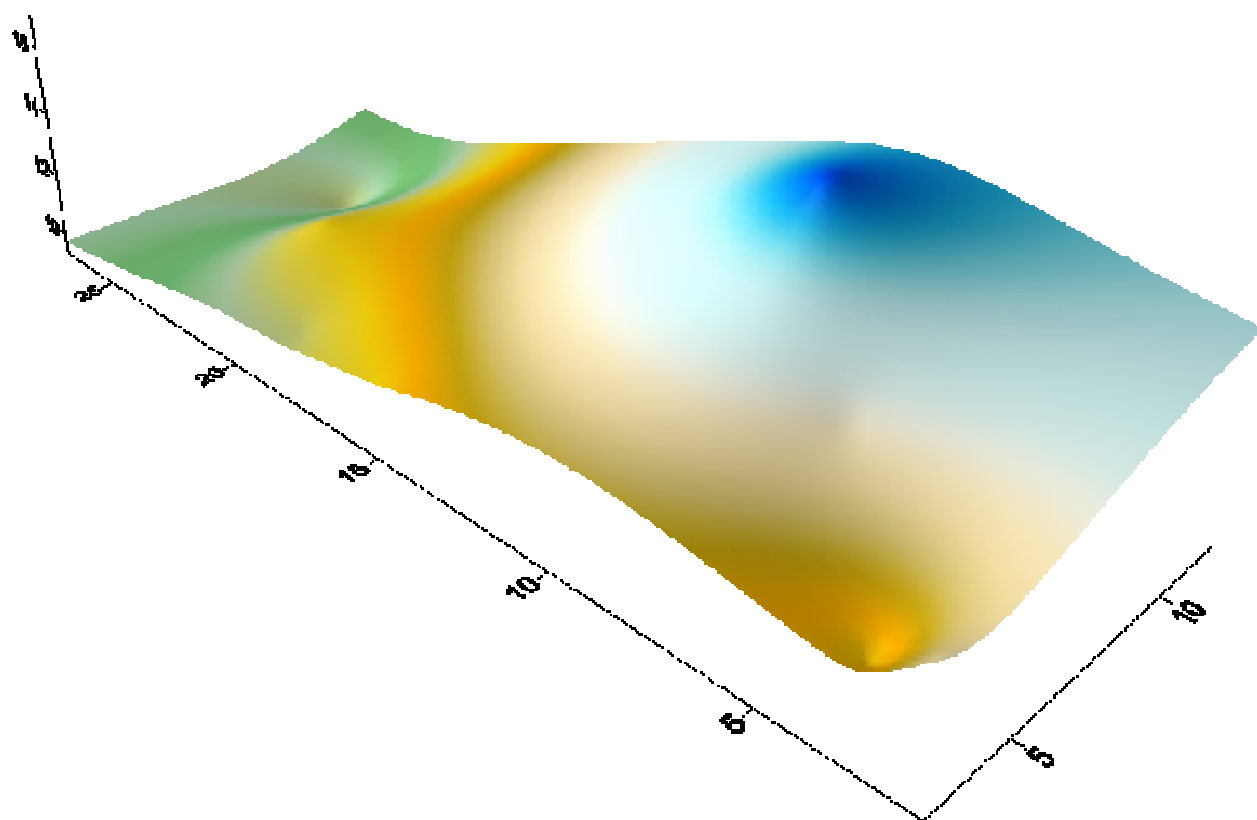
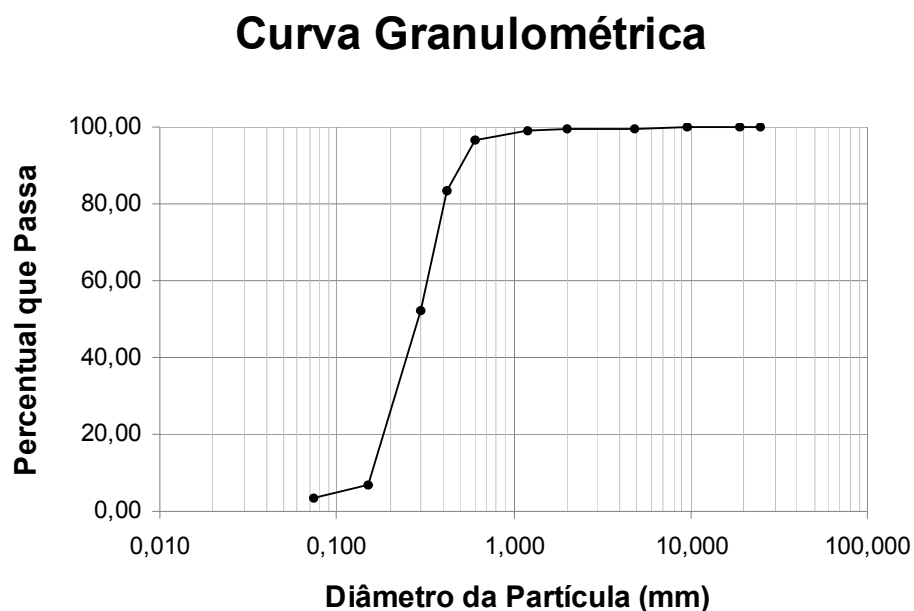


Figura 3: Variação espacial do DPI no terreno

DPI médio (mm/golpe)		DPI médio por camada de 20cm(mm/golpe)			
		W(%) - 1ª camada	2ª camada	3ª camada	
1	13,5	5,5	32	16,3	10,17
2	11,7	6,3	101,5	12,5	9,79
3	13,7	4,9	103,5	18,4	10,4
4	17,1	5,6	20	23,1	12,8
5	15,4	5,3	209	20,5	11,9
6	11,6	5,2	210	14,3	9,1
7	11,1	5,8	26	13,7	8,4
8	11,6	4,0	29	14,1	8,4
9	9,3	7,1	26	14,0	7,6
10	10,3	4,5	25	12,5	7,6
11	10,4	4,2	215	13,2	8,1
12	10,2	5,1	26	11,4	7,9
13	10,2	4,9	22	13,5	7,4
14	10,6	5,1	23	14,45	7,72
15	10,7	4,5	22,33	12,85	7,4
16	10,5	3,8	23	12,86	7,91
17	10,0	5,9	23	11,25	7,91
18	10,4	5,0	23	12,64	7,92
19	13,6	4,7	27	17	10,44
20	10,2	4,2	22,5	12,86	7,19
21	11,6	4,2	26	13,5	8,95
22	10,1	3,9	22	12,57	7,52
23	7,5	5,0	26	5,97	7,42
24	12,5	4,3	28	13,73	10,05
25	10,6	3,5	22	14,25	7,6
26	11,4	4,2	26	14,5	8,81
27	10	4,4	44	11,13	7,63
28	10,5	4,0	26	13,17	7,78
29	10,9	3,7	22	12,85	8,55
30	11,8	4,2	25	14,82	8,76
31	13,3	5,0	25	16,6	9,89
32	11,3	5,2	22	12,43	9,5
33	13,3	5,0	27	13,85	11,18
34	11,5	4,6	208	12,43	9,68
35	12,1	3,9	211	14	9,84
36	12,6	5,2	22	16,91	9,35
37	12,9	5,0	29	14	10,28
38	11,9	5,1	209	14,33	9,45
39	11,6	4,6	26,5	12,4	6,37
40	11,9	4,3	217	14,64	9,5
41	12,2	6,7	23,5	14,67	8,81
42	13,3	2,9	25	15	10,33
43	12,9	2,7	29	14,25	10,44
44	13,4	6,0	25	14,27	10,94
45	14,1	3,3	29	17	10,76
46	14,1	5,8	31	18,11	9,89
47	12,8	4,3	32	16,4	8,95
48	14,4	4,8	31	16,89	11,18
49	13,1	4,3	30	16,36	9,1
50	13,5	4,7	29	17,78	10,28
DPI médio geral(mm/golpe)		6,96			

Tabela 1: DPI geral por ponto e DPI por camada.

A Figura 4 mostra a curva granulométrica obtida para o solo. Trata-se de uma areia encontrada tipicamente na região, classificada como SP segundo o sistema de classificação unificada de solos. A Tabela 2 apresenta ainda alguns índices físicos determinados para o solo.



Índices Físicos do Solo	Valor determinado
Índice de vazios mínimo	0,62
Índice de vazios máximo	0,85
Massa específica dos sólidos (g/cm <sup>3</sup> )	2,62

Tabela 2: Propriedades do solo

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O valor do índice de penetração dinâmica por ponto não apresentou grandes variações no terreno. O desenvolvimento da pesquisa possibilitará a determinação de correlação desses valores com o ângulo de atrito do solo obtido através de ensaios de cisalhamento direto. Através de métodos teóricos para a previsão da capacidade de carga será então possível a avaliar se as variações observadas implicam em discrepâncias significativas na capacidade de carga da fundação.

O uso do DCP na obra foi rápido e prático, possibilitando a realização dos 50 furos numa única manhã. Tal fato demonstra a viabilidade de sua aplicação considerando a velocidade acelerada normalmente característica para a execução de estruturas de fundação.

## REFERÊNCIAS

SCALA, A.J. **Simple method of flexible pavement design using cone penetrometers**: Proceedings of 2nd Australian—New Zealand Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, New Zealand. 1959.

ABU-FARSAKH, M., KHALID ALSHIBI, P.E., NAZZAL, M., SEYMAN, E. **Assessment of in-situ test technology for construction control of base courses and embankments**. Report No, FHWA/LA.04/385. Louisiana Transportation Research Center, 2004.

KLEYN, E. G. THE USE OF THE DYNAMIC CONE PENETROMETER (DCP): Transvaal Roads Department, Report No. L2/74, Pretoria, 1975.

KLEYN, E. G., MAREE, J.H., AND SAVAGE, P. F. **The Application of a Portable Pavement Dynamic Cone Penetrometer to Determine In Situ Bearing Properties of Road Pavement Layers and Subgrades in South Africa**, European Symposium on Penetration Testing, Amsterdam, Netherlands, 1982. p. 277-282.

LOBO, A. S; FERREIRA, C.V; ALBIEIRO, J. H. . **Utilização do penetrômetro portátil**. In: Simpósio sobre Solos Não Saturados, 2. Anais. Recife, 1994. p.253-258.

SCHNAID, FERNANDO. **Ensaio de Campo e Suas Aplicações à engenharia de fundações**. Oficina de textos. São Paulo. 2000.

FILHO, H.B. **Aplicações do cone de penetração dinâmica (CPD) como alternativa para fundações rasas**. Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, 2007. 132p.