

AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA NÃO DRENADA PELO ENSAIO DE CONE DE QUEDA LIVRE A PARTIR DE AMOSTRAS DE SOLO ARTIFICIAL

Keli L. Rosa

Acadêmica do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande - FURG
keli_luana@hotmail.com

Mayra C. Pereira

Acadêmica do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande - FURG
mayracpereira@hotmail.com

Cezar Augusto B. Bastos

Professor do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande - FURG
cezarbastos@furg.br

Antônio Marcos L. Alves

Professor do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande - FURG
antonioalves@furg.br

Resumo. *Este artigo apresenta resultados parciais do estudo do potencial de emprego do ensaio de cone de queda livre de laboratório (fall cone test) na determinação da resistência ao cisalhamento não drenada de solos finos. A partir de amostras de solos artificiais, confeccionados em laboratório, foi avaliada a resistência não drenada (s_u) de materiais compostos por traços de misturas de caulim-bentonita-areia-água, adensados sob diferentes tensões. Os resultados experimentais obtidos em termos de penetração do cone de queda livre foram relacionados com medidas de s_u dadas pelo ensaio de palheta e confrontados com o modelo de Hansbo (1957). Os resultados mostraram afinidade entre os dados experimentais e o modelo proposto. Busca-se com os resultados deste estudo agregar conhecimento no sentido de ampliar as possibilidades do emprego do ensaio de cone de queda livre na avaliação da resistência não drenada de solos finos.*

Palavras-chave: *Ensaio de cone de queda livre. Resistência não drenada. Solo artificial*

1. INTRODUÇÃO

O detalhado conhecimento do subsolo de uma determinada região é determinante do sucesso de projetos de engenharia. No caso de obras portuárias e marítimas é comum o envolvimento com solos de propriedades geotécnicas desfavoráveis, como é o caso de solos sedimentares de origem marinha.

Uma das propriedades geotécnicas de maior interesse na maioria destes projetos e estudos supracitados é a resistência não drenada das argilas, entendida como a resistência ao cisalhamento oferecida pelo solo argiloso quando solicitado rapidamente, sem que haja condição de drenagem da água intersticial. Esta situação costuma ser crítica, pois são comuns condições onde a aplicação de cargas ocorre em tempo menor à possibilidade de drenagem do material. Logo, a maioria dos projetos geotécnicos exige o conhecimento deste parâmetro nas fases de concepção de soluções, dimensionamento e avaliação de segurança.

O cone de queda livre de laboratório, ou *fall cone test*, teve como idealizador John Olsson, secretário da Geotechnical Commission of the Swedish State Railways

(entre 1914 e 1922), que em 1915 desenvolveu um novo dispositivo para obtenção do limite de liquidez denominado, originalmente, de “Cone Sueco” (Figura 1).

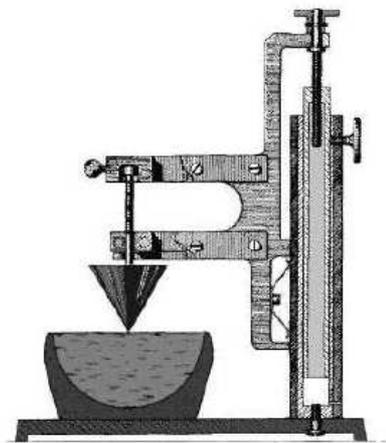


Figura 1. “Cone Sueco” desenvolvido no 1º quartel do século XX pela Junta Real dos Caminhos de Ferro Suecos (Hazell, 2005)

Este mecanismo foi desenvolvido com o intuito de corrigir e melhorar alguns dos fatores que influenciavam os resultados obtidos pelo método da Casagrande, tentando assim obter uma metodologia mais rápida, simples e de maior precisão. De um modo geral, este método visava a determinação do limite de liquidez através da penetração de um cone, de ângulo e peso conhecidos, numa amostra de solo amolgado (Souza, 2011).

O ensaio para determinação da resistência ao corte não drenada das argilas inicia-se com o posicionamento do cone sobre uma amostra de solo. O cone é libertado, penetrando na superfície da amostra por ação do seu próprio peso. Através deste ensaio é possível obter a coesão não drenada em amostras de solo amolgadas, função da profundidade de penetração, com uma resolução da ordem de alguns milímetros apenas. Este tipo de ensaio é não drenado porque a penetração do cone no solo é muito rápida não permitindo a dissipação das poropressões.

A interpretação dos resultados de cone de queda livre, visando a estimativa da

resistência não drenada, depende de correlações empíricas desenvolvidas a partir de outros ensaios de laboratório ou através de análises teóricas estáticas e dinâmicas da penetração do cone.

Hansbo (1957) e Wood e Wroth (1978) demonstraram existir relação entre a resistência não drenada e a penetração do cone, do tipo:

$$s_u = K Q/d^2 \quad (1)$$

onde: Q = massa do cone; d = penetração na massa de solo e K = constante que depende, dentre outros fatores, do ângulo do cone. Este último parâmetro ganhou o nome de Fator Cone de Hansbo.

O estudo em foco busca correlacionar resultados de ensaios de cone de queda livre e de palheta de laboratório conduzidos em amostras adensadas de solos artificiais produzidos a partir de caulim, bentonita, areia fina e água destilada.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras de solo artificial foram produzidas a partir da mistura dos componentes sólidos (caulim e bentonita e areia passante na peneira 10) na forma de pó, com água destilada num teor de umidade correspondente a duas vezes o limite de liquidez, em betoneira de pequeno porte (Figura 2).



Figura 2. Preparação da mistura de solo artificial

Foram produzidos quatro diferentes traços: T0-0 (caulim 100%), T30-0 (caulim 70%, bentonita 30%), T0-30 (caulim 70%, areia 30%) e T20-20 (caulim 60%, bentonita 20%, areia 20%). Tais traços foram submetidos a ensaios de caracterização geotécnica.

O material misturado é vertido em moldes CBR (Figura 3) e posteriormente adensados pela sobreposição de pesos (Figura 4). As tensões de adensamento empregadas foram 12,5 kPa e 25,0 kPa.



Figura 3. Colocação da mistura nos moldes



Figura 4. Amostras em adensamento

Após adensadas por um período de 30 dias, as amostras são submetidas aos ensaios ao longo de sua seção transversal seguindo o esquema ilustrado na Figura 5.

A Figura 6 mostra a execução dos ensaios de palheta e de cone com amostra do traço T0-0. Observa-se que os ensaios de cone são realizados com a amostra extraída do molde, no mesmo plano subsuperficial onde ocorreu o giro da palheta (a 6 cm da superfície da amostra).

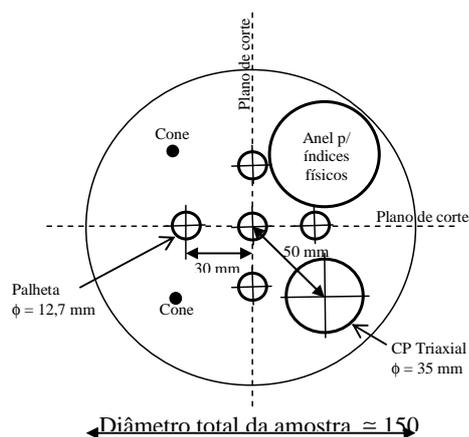


Figura 5. Posição dos ensaios na seção



Figura 6. Ensaios de palheta (a) e cone (b)

3. RESULTADOS

São apresentados resultados iniciais, obtidos com as misturas T0-0 e T30-0. A Tabela 1 apresenta a caracterização geotécnica das misturas.

Tabela 1. Caracterização das misturas

Propriedades físicas	T0-0	T30-0
γ_s (kN/m ³)	25,74	24,97
% areia média	8 silte	6 argila
% de areia fina	15 argiloso	10 siltosa
% de silte	46	34
% de argila	31	50
LL (%)	42	166
IP (%)	15 med.plást	121 alt.plást.
Ia(ativ.coloidal)	0,48 inativo	2,42 ativo
Classif. SUCS	ML	CH
Classif. HRB	A-7-6 (10)	A-7-5 (20)

As curvas granulométricas das misturas e a posição das mesmas no Gráfico de Plasticidade de Casagrande são mostradas nas Figuras 7 e 8, respectivamente.

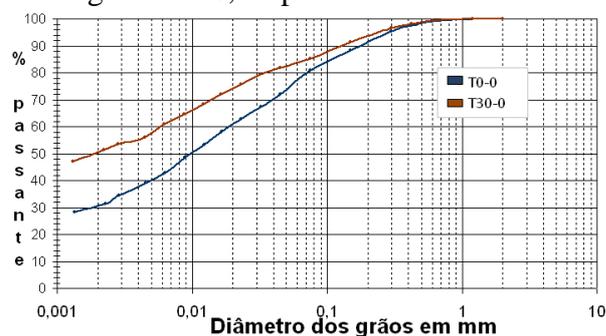


Figura 6. Curvas granulométricas

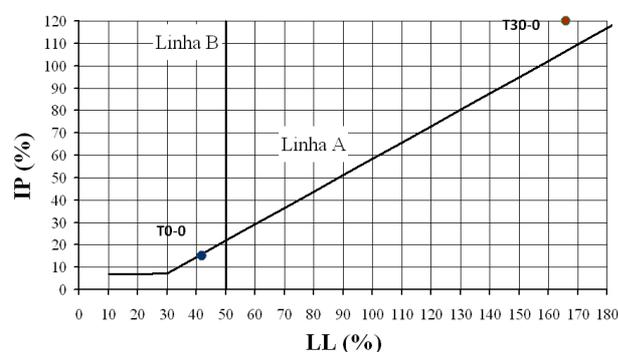


Figura 7. Misturas no Gráfico de Plasticidade de Casagrande

A Tabela 2 apresenta resultados médios dos ensaios de cone e vane para as misturas T0-0 e T30-0. A Figura 8 apresenta os resultados plotados em conjunto com o modelo de Hansbo (1957), para o fator de cone $K = 0,8$, sugerido por Karlsson (1977).

Tabela 2. Resultados médios dos ensaios de cone e de vane com misturas T0-0 e T30-0

Corpo de prova	Tensão de adensamento (kPa)	Su (kPa) (vane)	Penetração (mm) (cone)
T0-0/CP1	12,5	6,1	9,9
T0-0/CP2	25,0	17,6	6,0
T30-0/CP1	12,5	1,32	32,6
T30-0/CP2	25,0	1,54	29,6

Os resultados com estas duas misturas estudadas mostram concordância com a relação exponencial entre penetração e resistência não drenada proposta por Hansbo (1957), adotado um fator de cone igual a 0,8.

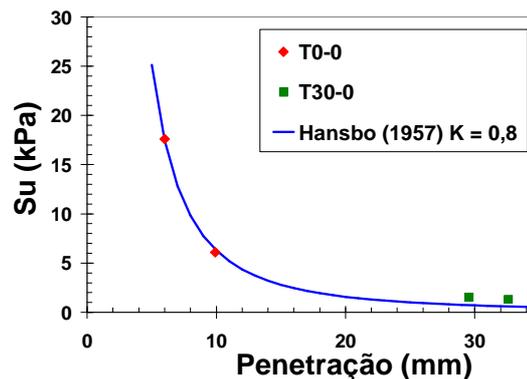


Figura 8. Penetração x resistência não drenada

4. CONCLUSÕES

Estes resultados iniciais apontam para o potencial de emprego da avaliação da resistência não drenada de solos finos. Os pontos experimentais com os solos finos produzidos com caulim, bentonita e água, adensados para 12,5 kPa e 25,0 kPa ajustam-se bem ao modelo exponencial proposto por Hansbo (1957) empregando fator de cone K igual a 0,8 proposto por Karlsson (1977).

5. REFERÊNCIAS

- HAZELL, E. **Rate effects in the fall-cone test**. Report, Department of Engineering Science, University of Oxford. 2005. 62p.
- HANSBO, S. A new approach to the determination of the shear strength of clay by the fall-cone test. **Proceedings Royal Swedish Geotechnical Institute**, nº 14, pp.7-47, 1957.
- WOOD, D.M.; WROTH, C.P. The use of the cone penetrometer to determine the plastic limit of soils. **Ground Engineering**, vol. 11, n.3., p.37, 1978.
- KARLSSON, R. (in cooperation with the laboratory committee of the Swedish Geotechnical Society). 1977. **Consistency limits**. Document D6: 1977.