

# ANÁLISE ESTATÍSTICA DO MÉTODO AOKI-VELLOSO COM O CRITÉRIO DE RUPTURA DADO PELA NBR 6122

Caio de Oliveira Silva<sup>1</sup>, Kurt André Pereira Amann<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Engenharia Civil, Centro Universitário da FEI

caioos96@hotmail.com, kpereira@fei.edu.br

**Resumo:** Este trabalho tem como objetivo aplicar uma metodologia de análise estatística, utilizando o teste ‘t’ de Student sobre um banco de dados de cargas de ruptura de estacas do tipo Raiz, originárias de Amann (2000), para comparar o método semiempírico Aoki-Velloso com o critério dado pela norma NBR 6122.

## 1. Introdução

Pela grande importância da previsão da carga última de ruptura no projeto de fundações por estacas é necessário adotar-se o método semiempírico que chegue o mais próximo do valor ‘verdadeiro’ de ensaio. Nesse estudo será comparado o método semiempírico Aoki-Velloso por ser o mais utilizado no Brasil com o critério dado pela NBR 6122 para extrapolação da carga de ruptura.

Para a validação da comparação, esta pesquisa propõem uma análise estatística utilizando o teste ‘t’ de Student para diferenças entre amostras pareadas, e dessa maneira fazer uma classificação do método em “a favor da segurança”; “acurado” ou “contra a segurança”.

## 2. Metodologia

Nessa metodologia, utilizando o teste ‘t’ de Student bicaudal com nível de confiabilidade de 95%, as análises estudadas são classificadas em três grupos: “contra a segurança” quando a média do critério de ruptura for maior que a do método semiempírico; “acurado” quando a média do método semiempírico e do critério se equivalem estatisticamente; e, por último, o “a favor da segurança” quando a média do método semiempírico supera a do critério. Essa divisão é representada na curva de distribuição ‘t’ da figura abaixo:

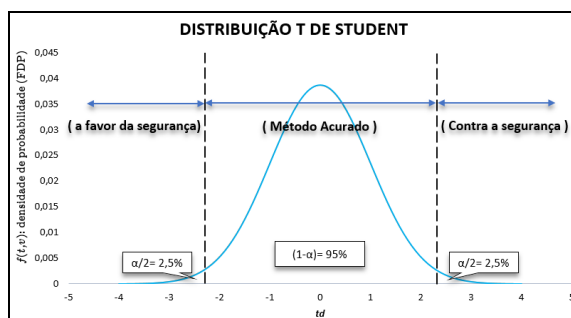


Figura 1 – Esquemática das classificações dos métodos.

Para as análises também foram usados parâmetros adotados por Amann (2000) em relação ao critério da NBR 6122, utilizando o critério de ajuste exponencial de Van der Veen e da curva hiperbólica de Chin para a

extrapolação da curva carga-recalque quando a curva não é extensa o suficiente para a determinação da carga de ruptura. Uma modificação do método original de Aoki-Velloso usado por Amann (2000) foi a modificação dos parâmetros F1 e F2 proposto por Cintra e Aoki (2011) para a estaca raiz que anteriormente não foram utilizadas e extrapoladas para os resultados de estacas escavadas.

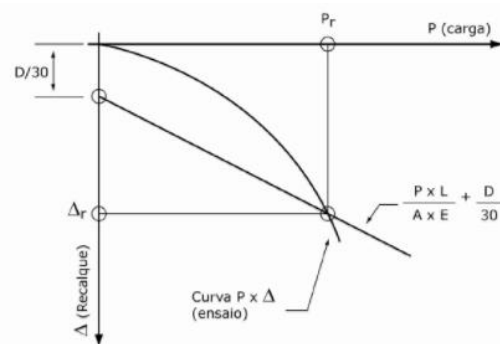


Figura 2 – Critério dado pela NBR 6122

Nas análises também foi utilizada a média da diferença igual à média do método Aoki-Velloso subtraído da média do critério de ruptura da NBR 6122 com cruzamento (interseção) com as curvas do Van der Veen e do Chin.

## 3. Resultados

Analisando inicialmente com os valores originais do trabalho de Amann (2000) que colocou o fator F2 igual a 6,0 por ser indicado para estacas escavadas (AV1) e outro proposto por Correia (1988) sendo seu valor igual a 2,0 (AV2). Comparando cada um desses com seu respectivo valor da NBR 6122 na interseção com a do Van der Veen (NBR/VDV) e com Chin (NBR/Chin) obteve-se a tabela I, considerando o  $t_{crit}$  igual a 2,06 para todas as análises.

Tabela I – Análises iniciais.

Análise	$\mu d$ (kN)	t	P-Valor
AV1 – NBR/VDV	-511,8	-6,23	1,96E-06
AV1 – NBR/Chin	-594	-4,92	5,1E-05
AV2 – NBR/VDV	126,6	1,37	0,18
AV1 – NBR/Chin	45	0,38	0,71

Tabela II – Resultados iniciais.

Análise	IC [95%] (kN)		Classificação
AV1 – NBR/VDV	-681,5	-342,2	A favor da segurança
AV1 – NBR/Chin	-843	-345	A favor da segurança
AV2 – NBR/VDV	-63,8	317,0	Acurado
AV2 – NBR/Chin	-201	290	Acurado

A análise inicial demonstrou que mesmo não utilizando os valores indicados por Cintra e Aoki (2011) para a estaca raiz não resultaram situações em que a segurança fosse prejudicada. Entretanto, para a melhor veracidade do resultado foram feitas novas análises com os valores dos parâmetros F2 corrigidos. Essas novas análises apresentam somente um método semiempírico Aoki-Velloso (AV) e estão representadas na Tabela III:

Tabela III – Correção das análises.

Análise	$\mu d$ (kN)	t	P-Valor
AV – NBR/VDV	-153	0,14	1,96E-06
AV – NBR/Chin	-160,2	0,12	5,1E-05

Tabela IV – Resultados das análises corrigidas.

Análise	IC [95%] (kN)		Classificação
AV – NBR/VDV	-362	56	Acurado
AV – NBR/Chin	-364,6	44,2	Acurado

Como mostrado nas tabelas, o método Aoki-Velloso utilizado como previsão da carga de ruptura dada pela NBR 6122 não obteve valores negativos e foi possível classificá-lo como ‘acurado’ em todas as comparações.

#### 4. Modificação do método

Existe a possibilidade de trazer o resultado do método semiempírico para o limite à direita da região ‘acurada’, para manter a segurança, aplicabilidade e para obter uma maior economia.

Dessa maneira, desenvolvendo a equação de intervalo de segurança, com nível de confiabilidade de 95%, e utilizando as equações do método semiempírico do Aoki-Velloso com o intervalo do critério de ruptura, obteve-se a seguinte equação:

$$\frac{1}{C_{F2}} = \frac{F2}{F2_{mod}} = \frac{\mu_{Rup} + t_{crit} \cdot S_d / \sqrt{n}}{\mu_{AV}} \quad (1)$$

Com ela, podemos com a análise usar um fator de correção C (nesse caso aplicado ao fator F2) para modificar os métodos analisados de “a favor da segurança” para o limite superior da região “acurado”. Este é o valor limite que o resultado do método semiempírico para garantir a sua aplicabilidade com segurança e obtendo a maior economia possível para

uma estaca. em se tendo mais estacas num ensaiadas num mesmo terreno, pode-se utilizar variabilidade dos resultados semiempíricos no denominador da equação (1).

#### 5. Conclusões

Considerando os valores dos fatores F2 utilizados por Amann (2000) e os novos propostos por Cintra e Aoki (2011), o método se mostra aplicável dentro da segurança, sendo os valores modificados AV1 (F2=6,0 utilizado para estacas escavadas) podendo ser considerado mais conservador, ou seja, mais a favor da segurança que o AV2 e AV (F2=2,0). Entretanto os métodos AV2 e AV levam a um resultado mais econômico de projeto, garantindo ainda a segurança.

#### 6. Referências

- [1] ABNT. NBR 6122: Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, 2010.
- [2] C. O. Silva; K. A. P. Amann. Metodologia para correção de métodos semiempíricos de capacidade de carga de estacas visando o conceito de aplicabilidade segundo a NBR6122 e o Eurocode 7. In: COBRAMSEG 2018, 2018, Salvador – Bahia.
- [3] J. C. A. Cintra, N. Aoki. A. Fundações por estacas: Projeto Geotécnico. 1. Ed. Oficina de textos, 2011. Pg. 9-29.
- [4] K. A. P. Amann, Avaliação Crítica de métodos de previsão de carga de ruptura, aplicados a estacas raiz. 2000. 233p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- [5] K. A. P. Amann; C. T. Kuboyama; C. O. Silva. Metodologia para a avaliação estatística da aplicabilidade de métodos semi-empíricos de cálculo da capacidade resistente última de estacas. In: 16CNG – 16º CONGRESSO NACIONAL DE GEOTECNIA, 2018, Ponta Delgada – Açores.

#### Agradecimentos

À instituição Centro Universitário da FEI pela oportunidade de realizar o projeto.

<sup>1</sup> Aluno de IC do Centro Universitário FEI. Projeto com vigência de 09/17 a 10/18.