

Anais do XIV Seminário de Iniciação Científica da Universidade Estadual de Feira de Santana, UEFS, Feira de Santana, 18 a 22 de outubro de 2010

PREVISÃO DA CAPACIDADE DE CARGA DE FUNDAÇÕES PROFUNDAS ATRAVÉS DE REDES NEURAIS ARTIFICIAIS

Renato Alves Ferreira¹; Kogi de Jesus Nagahama², Maria do Socorro Costa São Mateus³

1. Graduando em Engenharia Civil – Estagiário Voluntário; UEFS/DTEC. E-mail: renatoalfer@gmail.com

2. Professor Titular do Departamento de Tecnologia da Universidade Estadual de Feira de Santana. E-mail: kjnagahama@gmail.com

3. Professora Titular do Departamento de Tecnologia da Universidade Estadual de Feira de Santana.

PALAVRAS – CHAVE: Redes Neurais, Provas de Carga, Fundações Profundas.

INTRODUÇÃO

De acordo com a NBR 6122 (ABNT, 1996), fundação profunda é o elemento de fundação que transmite a carga ao terreno pela base (resistência de ponta), por sua lateral (resistência de fuste) ou por uma combinação das duas, e que está assente em profundidade superior ao dobro de sua menor dimensão, e no mínimo 3 m, salvo algumas exceções. Neste tipo de fundação incluem-se as estacas, os tubulões e os caixões. O dimensionamento desse tipo de fundação é baseado na carga admissível de ruptura do solo que é determinada por após cálculo ou por meio de verificação experimental através dos métodos de prova de carga estática ou dinâmica.

O cálculo da capacidade de carga de fundações profundas é feita através de equações matemáticas que levam em conta as propriedades geométricas das estacas e as características geotécnicas do solo. O grande problema é que tais formulações têm apresentado resultados conservadores se comparados com os valores obtidos através dos ensaios de prova de carga. Por isso, a utilização de tais equações na elaboração dos projetos de fundação torna os seus elementos mais robustos que o necessário, fazendo com que essa etapa da obra seja mais cara e demorada.

Nesse contexto, a utilização de ferramentas de inteligência artificial (IA) tem viabilizado soluções para problemas semelhantes aos descritos acima, nas mais diversas áreas do conhecimento inclusive na engenharia geotécnica. Entre essas ferramentas destacam-se as redes neurais artificiais (RNA's), que de acordo com (BRAGA, 2000) são sistemas paralelos distribuídos compostos por unidades de processamento simples (neurônios artificiais) que se interligam para calcular determinadas funções matemáticas (normalmente não lineares).

MATERIAIS E MÉTODOS

Essa pesquisa irá utilizar o resultado de sete provas carga dinâmicas analisadas pelo método CAPWAP no município de Feira de Santana-Ba. Como entradas foram utilizados os parâmetros obtidos no ensaio de SPT e valores relacionados a geometria da fundação:

- SPT da camada atravessada pelo fuste do elemento de fundação.
- SPT da camada da ponta da ponta.
- Área de seção transversal da fundação profunda.
- Segmento do fuste da fundação por camada.

Na saída da Rede Neural Artificial (RNA) serão utilizados os valores das sete provas de carga de carga dinâmica. Espera-se que depois de treinada a RNA forneça valores em torno de 80% dos obtidos no ensaio de prova de carga.

Dyminski, (2000) escreveu sobre a previsão da capacidade das fundações profundas através de Redes Neurais Artificiais (RNA's), mas o objetivo do seu trabalho era utilizar as

Anais do XIV Seminário de Iniciação Científica da Universidade Estadual de Feira de Santana, UEFS, Feira de Santana, 18 a 22 de outubro de 2010

RNA's para prever os resultados do CAPWAP a partir dos dados obtidos no método CASE. Em seu trabalho Dyminski, (2000) testou nove possibilidades diferentes de dados de entrada, sendo uma dessas combinações adaptada para ser aplicada a essa pesquisa.

A rede aqui inicialmente adotada foi do tipo feedforward, arquitetura com uma no máximo duas camadas ocultas e treinadas com o algoritmo back-propagation, sendo a avaliação dos resultados será feita através dos valores de erros correspondentes a cada rede (raiz do erro médio quadrático - *rmse*)

$$rmse = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (t_i - o_i)^2}{N}} \times 100\%$$

Equação 01

Quanto a precisão dos resultados esperados Teh et al. (1997) buscaram determinar o capacidade de carga das estacas e obtiveram resultados razoáveis, com 50% do conjunto de teste apresentando erro máximo de previsão de carga total de até 10%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Redes Neurais Artificiais

Uma rede neural artificial (RNA) é um sistema de processamento de informação que possui algumas características de desempenho em comum com as redes neurais biológicas. Os modelos artificiais têm como principal fonte de inspiração as redes neurais biológicas. A Figura 2.1 apresenta um modelo de neurônio biológico com a seqüência de propagação dos sinais pela célula (CASTRO, 1998).

De acordo com (BRAGA, 2000), RNA's são sistemas paralelos distribuídos compostos por unidades de processamento simples (neurônios artificiais) que calculam determinadas funções matemáticas (normalmente não lineares). Tais unidades são dispostas em uma ou mais camadas interligadas por um grande número de conexões, geralmente unidirecionais. Na maioria dos modelos essas conexões estão associadas a pesos, os quais armazenam o conhecimento adquirido pelo modelo e servem para ponderar a entrada recebida por cada neurônio da rede.

Santos Jr.(2006), realizou a previsão dos efeitos da escavação, principalmente no que concerne a geração de recalques nos túneis do metro de São Paulo; (RUFFIER et.al., 1998) utilizaram RNA's para prever a capacidade de cargas de fundações sujeitas a esforços de tração, assentes em terrenos inclinados. (JI et al., 2006) obtiveram a dosagem do concreto através de RNA's, utilizando características do concreto como Slump, resistência, fator água/cimento, e finura do cimento fixas, na saída da rede neural. Dyminski, (2000) fez análise de vários problemas geotécnicos incluindo a previsão da capacidade fundações profundas, através de redes neurais.

Métodos de previsão de Capacidade de Carga

Segundo a NBR 6122/96 a carga admissível de uma estaca isolada é a força que, aplicada sobre a estaca, provoca apenas recalques compatíveis com a construção oferecendo simultaneamente segurança satisfatória contra a ruptura do solo e contra a ruptura do elemento de fundação.

De acordo com (REESE et al., 2006), a capacidade de carga é definida como a soma das cargas máximas que podem ser suportadas pelo atrito lateral e pela ponta.

Anais do XIV Seminário de Iniciação Científica da Universidade Estadual de Feira de Santana, UEFS, Feira de Santana, 18 a 22 de outubro de 2010

Diversos métodos foram desenvolvidos para determinação da capacidade de carga de estacas. Alguns deles são fundamentados em conceitos da mecânica dos solos e utilizam soluções clássicas como (TERZAGHI, 1943), que partir de parâmetros do solo como coesão e ângulo de atrito calculam a capacidade de carga, porém esse trabalho explora os chamados Semi-Empíricos, que correlacionam a capacidade de carga com ensaios de campo, SPT e o CPT.

Segundo (ANDRADE, 2009) pesquisadores, em todo o mundo, tentam correlacionar equações que possuem relações diretas com métodos práticos (provas de carga), que variam principalmente de acordo com o tipo de investigação geotécnica, assim como o solo encontrado em cada região, gerando assim, métodos semi-empíricos de previsão de capacidade de carga.

Além disso, existem aqueles métodos que são desenvolvidos especificamente para determinado tipo de estaca, como os métodos de (ANTUNES & CABRAL, 1996), (ALONSO, 1996), (GOTLIEB et al, 1996), (VORCARO & VELLOSO, 2000), desenvolvidos para estacas do tipo Hélice Contínua. Décourt et al, (1996) sugeriu a utilização de dois coeficientes para correção da reação da ponta e da parcela de atrito lateral de acordo com o tipo de estaca e o solo onde essa está inserida.

Nesse contexto, métodos tradicionais como os de (Aoki & Velloso, 1975; Décourt & Quaresma, 1978) mostraram-se bastante conservadores resultados das provas de carga apresentando valores entre 23% e 52% da média dos resultados da prova de carga, como mostra a figura 01.

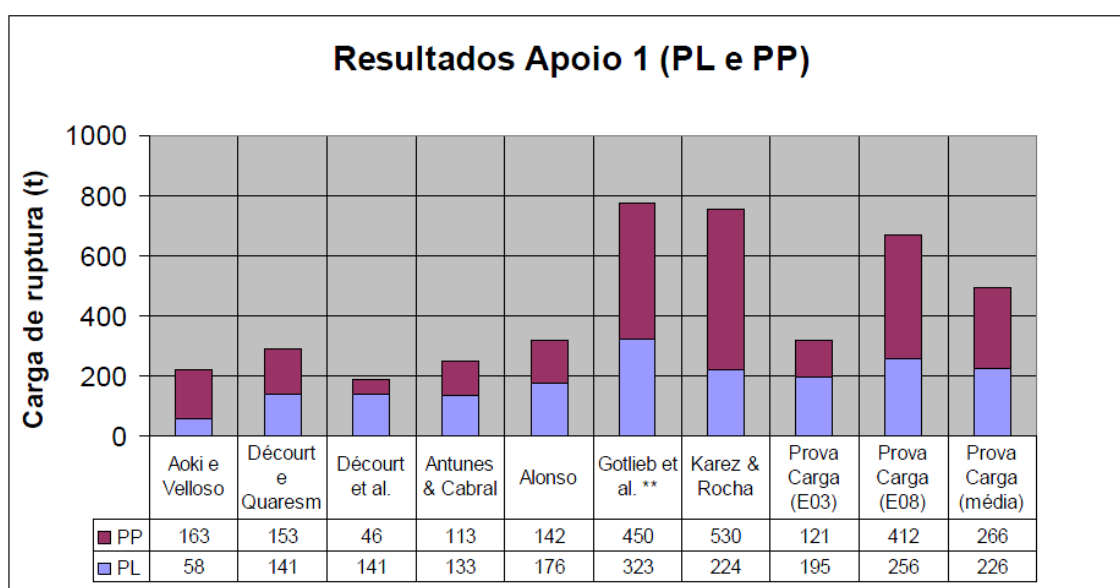


Figura 01- Resultados das cargas de ponta e atrito lateral obtidos de forma empírica e por realização de provas de carga.

CONCLUSÃO

Andrade (2009) comparou os resultados dos ensaios de prova de carga realizados nas estacas do viaduto localizado no bairro Cidade Nova no município de Feira de Santana-BA com os resultados obtidos nos diversos métodos para previsão de capacidade de carga.

Nesse contexto, métodos tradicionais como os de (Aoki & Velloso, 1975; Décourt & Quaresma, 1978) mostraram-se bastante conservadores apresentando valores entre 23% e 52% da média dos resultados das provas de carga. Essa grande discrepância entre os

Anais do XIV Seminário de Iniciação Científica da Universidade Estadual de Feira de Santana, UEFS, Feira de Santana, 18 a 22 de outubro de 2010

resultados do ensaio de prova de carga e os métodos de previsão, estimula esse e outros trabalhos, a buscar equações mais precisas que tornem os elementos de fundação mais esbeltos e conseqüentemente mais econômicos, sem comprometer a segurança do sistema estrutural.

Baseado na necessidade de se obter uma equação mais precisa e conseqüentemente menos conservadora que os métodos tradicionais de Aoki e Velloso (1975) e Décourt & Quaresma, (1978) se faz necessário obter uma equação semi-empírica que faça a predição da capacidade de carga de fundações profundas Através de Redes Neurais Artificiais.

Tais sistemas permitem que generalizações sejam feitas a partir de um conjunto de dados que são devidamente treinados de acordo com o problema a ser estudado, essa capacidade de generalização e treinamento possibilita a aplicação as RNA's na análise de problemas geotécnicos como a previsão da capacidade de carga de fundações profundas. Essa análise é feita a partir de um conjunto de dados de entrada semelhantes aos métodos tradicionais, só que com saídas com um grau de precisão muito superior a esses. (SANTOS JR, 2006) escreve que, velhos problemas têm sido resolvidos melhorando soluções clássicas.

REFERÊNCIAS

- ABNT (1996). Projeto e execução de fundações: NBR 6122. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, RJ, 12p.
- ALONSO, U.R. (1996). Estacas hélice contínua com monitoração eletrônica: previsão da capacidade de carga através do ensaio SPTT. 3º Seminário de Engenharia de Fundações Especiais e Geotecnia. São Paulo, 2: 141 -151.
- ANDRADE, Guido M. Fundação Em Estaca Hélice Contínua: Estudo De Caso Em Obra De Viaduto No Município De Feira De Santana-Ba, Monografia, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2009, 145p.
- ANTUNES, W.R & CABRAL, D.A. (1996). Capacidade de carga em estacas hélice contínua. 3º Seminário de Engenharia de Fundações e Geotecnia. São Paulo, 2: 105 - 109.
- AOKI, N. & VELLOSO, D.A. (1975). An approximate method to estimate the bearing capacity of piles. V Panamerican Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Bueno Aires, Argentina, 1: 367 – 376.
- BRAGA, A. P., CARVALHO, A. P. L., LAUDEMIR, T. B. Redes Neurais artificiais: Teoria e aplicações. Rio de Janeiro: 2. ed. LTC, 2000.
- CASTRO, L. N., Análise e Síntese de Estratégias de Aprendizado para Redes Neurais Artificiais. Campinas: FEEC, UNICAMP, Setembro de 1998. Dissertação de Mestrado-Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Universidade Estadual de Campinas, pp. 250.
- DÉCOURT, L. & QUARESMA FILHO, A.R. (1978). Capacidade de carga de estacas a partir de valores de SPT. VI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações, ABMS, 1: p. 45-53.
- DYMINSKI, A. S. (2000) Análise de problemas geotécnicos através de redes neurais artificiais. Tese (Doutorado). PUC- Rio, 196 p.
- GOTLIEB, M.; PENNA, A.S.D.; ROMANO JR, R. & RODRIGUES, L.H.B. (2000). Um método simples para a avaliação da tensão admissível no topo de estacas do tipo hélice contínua. 4º Seminário de Engenharia de Fundações Especiais e Geotecnia. São Paulo, 1: 312 -319.
- JI, T., LIN, T., LIN, X.,2006,” A concrete mix proportion design algorithm based on artificial neural networks”, Cement and Concret Research, Article in Press.

Anais do XIV Seminário de Iniciação Científica da Universidade Estadual de Feira de Santana, UEFS, Feira de Santana, 18 a 22 de outubro de 2010

REESE, L. C.; ISENHOWER, W. M.; WANG, S. Analysis and Design of Shallow and Deep Foundations. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2006.