



## Capacidade de Carga de Fundações Profundas: Um Estudo de Caso das Fundações de Dois Viadutos Localizados na Rodovia BR-376/PR

Bruna Carolina de Souza

Engenheira Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, Brasil,  
brunacarolinasouza@gmail.com

Marcelo Heidemann

Professor, Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, Brasil, marcelo.heidemann@ufsc.br

Dailiane Cláudia de Azeredo

Engenheira Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, Rio Claro, Brasil,  
dailianeazeredo@gmail.com

**RESUMO:** Este trabalho analisa o desempenho apresentado por diferentes métodos de previsão de capacidade de carga de fundações profundas, tendo como referência resultados de provas de carga dinâmica das fundações de estacas metálicas tipo H de dois viadutos localizados nos municípios de São José dos Pinhais e Tijucas do Sul, no estado do Paraná. Os cálculos de capacidade de carga foram realizados pelo método semiempírico de Décourt e Quaresma (1978), utilizando a área e perímetro do perfil H ou do retângulo envolvente a depender do tipo de solo. As parcelas de resistência de ponta e resistência por atrito lateral calculadas mostraram elevadas divergências quando comparadas com as parcelas mobilizadas nas provas de carga dinâmica. Visto isso, procedeu-se com uma segunda análise pelo método Décourt-Quaresma (1975), resultando em mais dois valores de capacidade de carga, um utilizando a geometria do perfil H e outro utilizando a geometria do retângulo envolvente, sem considerar o tipo de solo. Os resultados obtidos sugerem que a geometria da seção transversal deve ser adotada de acordo com o tipo de solo e com a resistência da camada em que se apoia a ponta da estaca.

**PALAVRAS-CHAVE:** Estacas metálicas, capacidade de carga, prova de carga dinâmica.

**ABSTRACT:** This work analyses the performance presented by different methods used to predict the load capacity of deep foundations, having as reference results of dynamic load tests on pile foundations composed by H-type metallic piles of two viaducts located in São José dos Pinhais and Tijucas do Sul, in Paraná state. The bearing capacity calculations were carried out using the semi-empirical methods of Aoki and Velloso (1975) and Décourt and Quaresma (1978), using the area and perimeter of the H profile or the surrounding rectangle depending on the type of soil. The plots of end-bearing and friction capacity calculated showed high divergences when compared with the plots mobilized in the dynamic load tests. Hence, a second analysis was carried out using the Décourt-Quaresma method (1975), resulting in two more bearing capacity values, one using the geometry of the H profile and the other using the geometry of the surrounding rectangle, without considering the soil type. The results obtained suggest that the geometry of the cross section should be adopted according to the type of soil and the resistance of the layer on which the end of the pile rests.

**KEYWORDS:** Metallic piles, bearing capacity, Dynamic load test.

Aponte a câmera do seu  
smartphone para o  
QR Code ao lado e salve o  
evento na sua agenda.



## 1 Introdução

O correto dimensionamento de fundações é imprescindível para garantir a segurança de uma construção. De acordo com Salgado (2006), esse é um processo que requer a análise de todas as informações da estrutura a ser suportada pela fundação e das condições do subsolo. Nesse contexto um dos desafios para a engenharia de fundações é determinar com precisão a capacidade de carga geotécnica da fundação.

Nos projetos de fundações a previsão da capacidade de carga geotécnica de estacas é obtida por métodos estáticos, os quais se dividem em analíticos e semiempíricos. Existem na literatura diversos métodos e todos apresentam determinadas limitações e incertezas, pois os resultados obtidos são sujeitos a imprecisões, dentre as quais aquelas associadas à determinação dos valores dos parâmetros de comportamento envolvidos nas formulações. Desse modo, torna-se importante o emprego de procedimentos para verificação do desempenho de fundações e comprovação em campo da capacidade de carga geotécnica, como a prova de carga dinâmica (GONÇALVES; ANDREO; BERNARDES, 1996).

Nesse âmbito, o cálculo de capacidade de carga de estacas metálicas possui, dentre outras particularidades, a determinação da área e perímetro a ser adotado nos cálculos, pois a maioria dos perfis metálicos não possuem seção transversal “cheia”, como é o caso do presente estudo em que as estacas correspondem a perfis H. Com isso, a geometria da seção transversal da estaca adotada no cálculo da capacidade de carga de estacas metálicas é um fator que exerce influência nos resultados e que para o qual ainda não foi estabelecido consenso no meio técnico. Com relação a estacas de perfil H, a área de ponta adotada para o cálculo da resistência de ponta varia entre a área efetiva do perfil H e a área do retângulo envolvente, assim como o perímetro adotado varia entre o perímetro junto ao fuste (perímetro efetivo do perfil H) e o perímetro do retângulo envolvente.

Muitos autores concordam que a decisão da geometria a ser adotada no cálculo está relacionada ao nível de aderência entre o solo e a estaca e ao fenômeno de embuchamento ou não da estaca, o qual Ghilardi (2005) define como sendo o fenômeno que ocorre quando, ao cravar uma estaca metálica de ponta aberta, o solo que se encontra no interior cessa a penetração e passa a se deslocar junto com a ponta da estaca, como se fosse parte da geometria original da estaca.

A formação ou não dessa bucha em estacas com perfil H também mostra ser um assunto que não foi plenamente resolvido até o momento. Alonso (2008) apud Cury Filho (2016) afirma que o fenômeno de embuchamento ocorre apenas em estacas tubulares de pequeno diâmetro. Salgado (2006), por outro lado, afirma que esse fenômeno está presente mesmo em estacas com perfil H, e propõe que a adoção da geometria seja feita de acordo com o solo do local de cravação, como mostra a Figura 1. As linhas sólidas de contorno representam geometria a ser considerada para o cálculo da resistência lateral e a geometria em cinza é a área a ser utilizada para o cálculo da resistência de ponta.

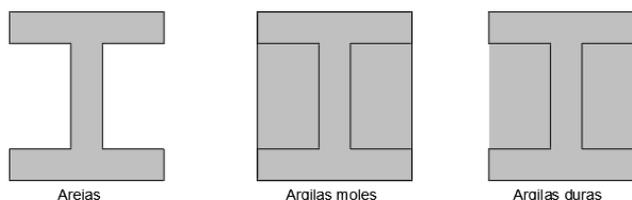


Figura 1. Geometrias para o cálculo da resistência de ponta e resistência lateral de acordo com o tipo de solo para estacas com perfil H (SALGADO, 2006).

Aponte a câmera do seu  
smartphone para o  
QR Code ao lado e salve o  
evento na sua agenda.



Em solos arenosos não há formação da bucha, portanto a resistência de ponta e resistência lateral são calculadas utilizando a área e perímetro efetivo do perfil H. Por outro lado, em solos argilosos há a formação da bucha, devendo ser utilizados a área e perímetro do retângulo envolvente para argilas moles. Para argilas rijas e duras, Salgado (2006) salienta que há duas possibilidades para o cálculo da resistência lateral: a opção mais conservadora considera o perímetro do retângulo envolvente devido a possibilidade das partículas de argilas duras se desprenderem do fuste da estaca, não contribuindo para a resistência lateral. A outra opção é utilizar o perímetro colado (efetivo do perfil H).

Alonso (1998), por outro lado, afirma que para o cálculo da capacidade de carga em estacas metálicas deve ser utilizado o perímetro colado e a área do retângulo envolvente, não citando referência ao tipo de solo. Cury Filho (2016) em um estudo envolvendo a capacidade de carga de 14 estacas metálicas de perfil “I”, “H” e TR-37 de seção simples e dupla conclui que foram obtidos resultados coerentes utilizando a área e o perímetro efetivo do perfil H para diversos métodos, dentre eles Aoki-Velloso (1975) e Décourt (1996).

Polido, Alledi e Albuquerque (2010) citam que a utilização da área do retângulo envolvente e o perímetro colado nos métodos de Aoki-Velloso (1975) e Décourt-Quaresma (1978, 1996) conduziu a bons resultados. A utilização do perímetro do retângulo envolvente conduziu a valores subestimados para a resistência por atrito lateral, alertam.

Albuquerque, Melo e Melo (2016) ao analisar a capacidade de carga de uma estaca mista cravada em solo arenoso calculada por diversos métodos semiempíricos concluíram que o melhor resultado foi obtido pelo método Aoki-Velloso (1975) utilizando a área e o perímetro efetivo do perfil H. Além disso, alertam que a consideração do retângulo envolvente como área de ponta conduz a resultados arrojados. Os autores concluem também que é essencial que a geometria adotada no cálculo seja cuidadosamente estudada pois os resultados obtidos em cada caso mostram significativas divergências.

Nesse contexto, esse trabalho teve como objetivo principal analisar a influência da geometria da seção transversal de estacas metálicas no cálculo da capacidade de carga pelo método Décourt e Quaresma (1978), tendo como referência resultados de provas de carga dinâmica, vinculando a análise à geometria da seção transversal das estacas metálicas utilizadas nesse caso e ao ambiente geotécnico da região do estudo. Para tal, conduziu-se um estudo de caso do projeto e execução de dois viadutos localizados na rodovia BR-376, nos municípios de Tijucas do Sul e São José dos Pinhais, no estado do Paraná. Com o perfil estratigráfico do terreno de cada local conhecido a partir de ensaios SPT executados nos locais das obras, foi estimada a capacidade de carga geotécnica das estacas por meio do método Décourt e Quaresma (1978) e em seguida realizou-se a comparação com os resultados das provas de carga dinâmica.

## 2 Capacidade de carga de fundações profundas

A NBR 6122 (ABNT, 2019) cita que a transmissão dos carregamento pelas fundações profundas ocorre da estrutura para o solo através do fuste da fundação, ou da ponta da fundação ou ainda através dos dois. Com a aplicação de uma carga  $Q$ , o conjunto estaca-solo apresenta uma resistência ao cisalhamento estática mobilizada (AOKI, 1997) resultante da soma da resistência por atrito lateral com a resistência por ponta. Assim, a capacidade de carga geotécnica de um elemento isolado de fundação é expressa pela Equação 1, a qual é a soma da máxima resistência disponível por atrito lateral com a máxima resistência disponível por ponta, caracterizando o estado limite último.

Aponte a câmera do seu  
smartphone para o  
QR Code ao lado e salve o  
evento na sua agenda.





$$Q_{ult} = Q_{P,ult} + Q_{L,ult} \quad (1)$$

Em nível de projeto, a capacidade de carga de fundações é usualmente estimada por métodos semiempíricos, os quais utilizam correlações a partir de ensaios de campo, como os ensaios de SPT e CPT.

## 2.1 Décourt e Quaresma (1978)

De acordo com método proposto por Décourt e Quaresma (1978) o valor da capacidade de carga geotécnica de uma estaca é dado pela Equação 2. De acordo com Velloso e Lopes (2010), esse método se aplica ao intervalo de valores de  $N_{spt}$  de 3 a 50.

$$Q_{rup} = A_p \cdot C \cdot N_p + U \cdot \sum 10 \cdot (NL/3 + 1) \cdot \Delta l \quad (2)$$

Onde:

$A_p$  = Área da seção transversal da ponta da estaca;

$N_p$  = Média entre os valores do índice de resistência à penetração ( $N_{spt}$ ) entre a profundidade na ponta da estaca, a profundidade imediatamente superior e imediatamente inferior.

$C$  = Coeficiente característico do solo, sendo 120 kPa para argilas, 200 a 250 kPa para solos intermediários e 400 kPa para areias.

$U$  = Perímetro da estaca

$\Delta l$  = Comprimento analisado

$N_L$  = Índice de resistência a penetração no comprimento analisado

## 2.2 Provas de carga dinâmicas

A partir do desenvolvimento do modelo numérico de solução da teoria da equação da onda e do advento de instrumentos eletrônicos mais sofisticados, ocorreu o surgimento do ensaio de carregamento dinâmico, atualmente normalizado no Brasil pela NBR 13208:2007 da ABNT. O ensaio de carregamento dinâmico é uma forma de monitoração dinâmica com o auxílio do equipamento Pile Driving Analyzer (PDA). Por meio de um carregamento dinâmico axial, feito pela aplicação de golpes no topo da estaca com um martelo de massa e altura de queda pré-estabelecidas, têm-se como principal objetivo conhecer a capacidade de carga na interação solo-estaca, utilizando a Teoria da Equação da Onda (GONÇALVES et al., 1996)

## 3. Caso Estudado

O caso de estudo trata das estacas metálicas implantadas em duas intersecções rodoviárias em desnível construídas entre os anos de 2014 e 2015 na BR-376/PR. No Viaduto “1” foram empregados perfis metálicos H do tipo W310x93. No Viaduto “2” as estacas empregadas foram perfis H do tipo W310x79. Na Tabela 1 são apresentadas informações relacionadas às estacas estudadas.

A Figura 2 mostra a distribuição dos ensaios de SPT e a localização do corte AA representativo que gerou o perfil estratigráfico do terreno (Figura 3), além de evidenciar (em vermelho) as estacas estudadas nesse trabalho.

Aponte a câmera do seu  
smartphone para o  
QR Code ao lado e salve o  
evento na sua agenda.



Tabela 1. Dados das estacas estudadas.

Tipo	Carga de trabalho	Comprimento embutido	Perfil H		Retângulo env.	
			Área (m <sup>2</sup> )	Perímetro (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Perímetro (m)
A520 W310x93	650 kN	11,10 m	0,012	1,780	0,093	1,222
A520 W310x79	800 kN	11,00 m	0,010	1,770	0,091	1,210

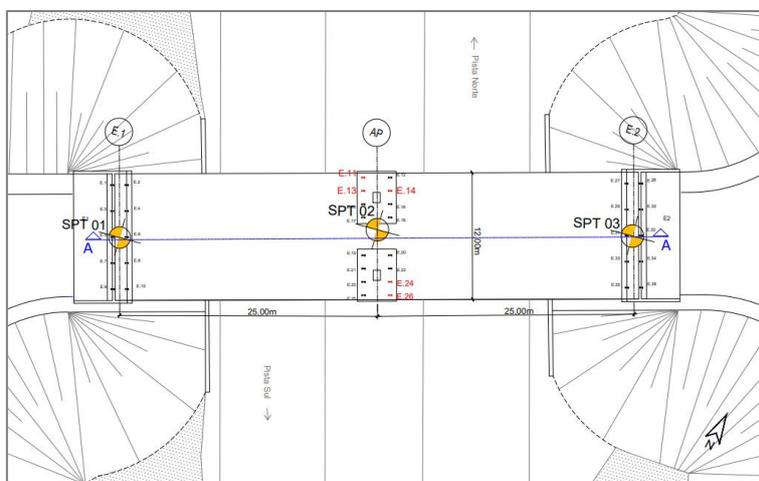


Figura 2. Mapeamento das sondagens SPT do Viaduto 1.

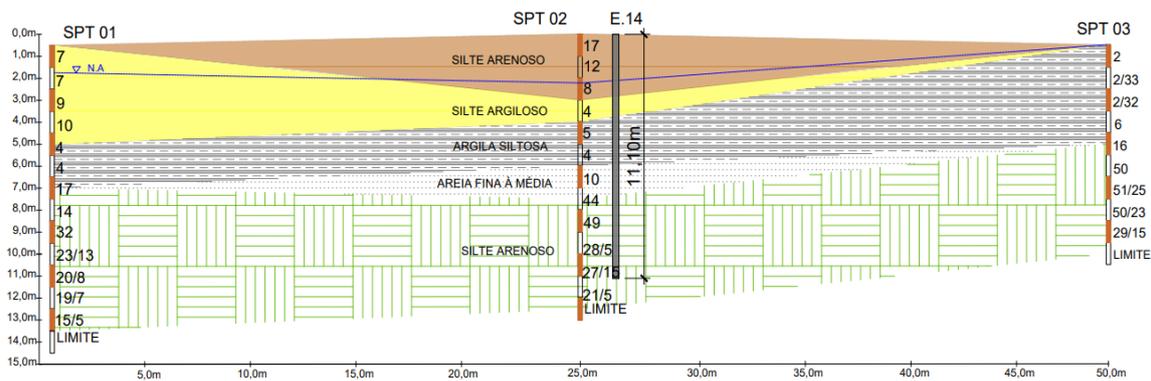


Figura 3. Corte AA do Viaduto 1.

A disposição dos ensaios de SPT utilizados para a criação do perfil estratigráfico do Viaduto 2 são apresentadas na Figura 4, evidenciando também (em vermelho) as estacas em estudo. A Figura 5 mostra o perfil estratigráfico obtido.

Aponte a câmera do seu smartphone para o QR Code ao lado e salve o evento na sua agenda.



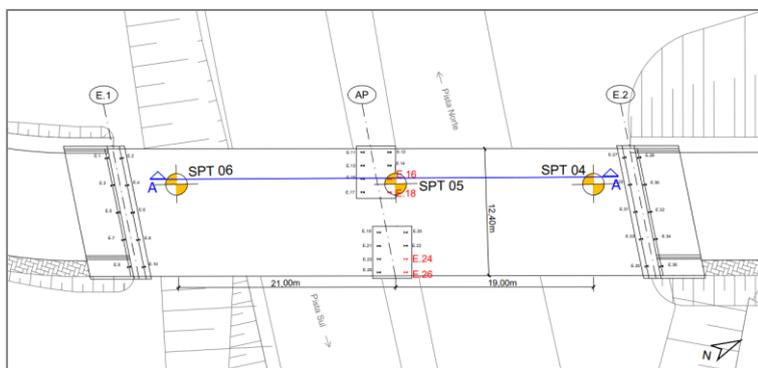


Figura 4. Mapeamento das sondagens SPT do Viaduto 2.

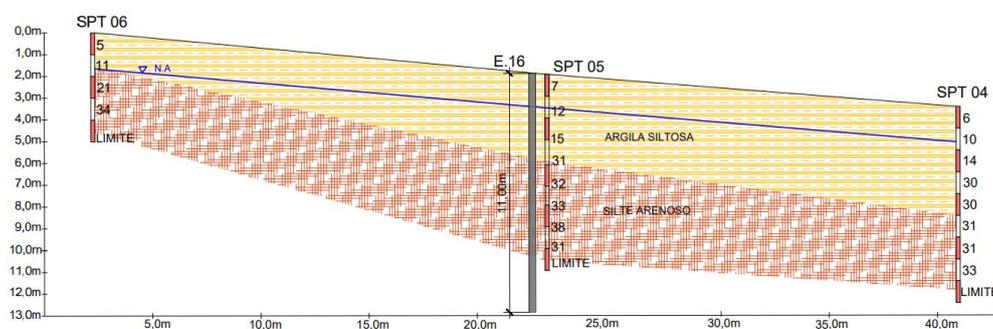


Figura 5. Corte AA do Viaduto 2.

Destaca-se, também, que em ambos os viadutos as provas de carga dinâmica foram executadas cerca de três dias após a cravação das estacas.

#### 4. Resultados

Inicialmente são apresentadas análises acerca da influência da geometria da seção transversal das estacas no cálculo da capacidade de carga pelo método Décourt e Quaresma (1996). As análises foram realizadas considerando duas possibilidades de geometria de seção transversal a ser adotada no cálculo:

- geometria variável com o tipo de solo, conforme recomendação de Salgado (2006);
- área e perímetro do perfil H, sem considerar o tipo de solo;
- área e perímetro do retângulo envolvente, sem considerar o tipo de solo.

A Figura 6 mostra o gráfico com o resumo dos resultados para cada geometria adotada considerando o viaduto “1”.

De acordo com os resultados da Figura 6 é possível perceber que o cálculo utilizando a geometria variável dependente do tipo de solo forneceu resultados de resistência de ponta, resistência por atrito lateral e carga de ruptura semelhantes aos obtidos quando utilizou-se o perfil H. Tal fato decorre das considerações de cálculo de que a ponta da estaca está embutida em solo arenoso e de que o material ao longo do fuste é predominantemente arenoso.

Comparando a utilização do perfil H e do retângulo envolvente é possível notar que a utilização desse último como área de ponta conduziu a um valor de resistência de ponta cerca de

Aponte a câmera do seu  
smartphone para o  
QR Code ao lado e salve o  
evento na sua agenda.



700% mais alto do que o valor obtido quando calculado utilizando o perfil H. No entanto, quando comparado com as provas de carga dinâmica, a geometria do retângulo envolvente conduziu a valores próximos dos observados nas provas de carga das estacas denominadas E.14, E.24 e E.26.

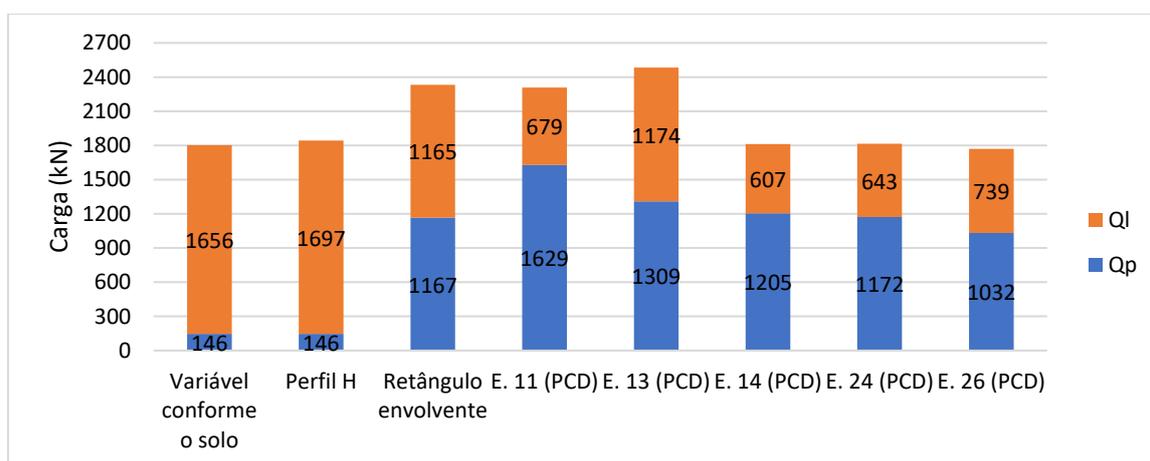


Figura 6. Gráfico dos resultados de capacidade de carga pelo método Décourt-Quaresma para variadas geometrias de seção transversal adotadas para o Viaduto 1.

Quanto à resistência por atrito lateral, a utilização do perímetro do perfil H conduziu a um resultado cerca de 45% maior do que quando se utilizou o perímetro do retângulo envolvente. Comparando com os resultados das provas de carga dinâmica, ambas geometrias forneceram valores de resistência por atrito lateral distintos dos observados na maioria das estacas.

A carga de ruptura, por sua vez, quando calculada utilizando a geometria do retângulo envolvente, atingiu valor cerca de 30% maior do que o obtido utilizando a geometria do perfil H e geometria variável conforme o solo, tal fato estando relacionado com o valor elevado obtido para a resistência de ponta nesse caso. Apesar dessa geometria apresentar valor próximo dos valores das provas de carga dinâmica das estacas E.11 e E.13, para as demais estacas (E.14, E.24 e E.26) a diferença percentual também se deu em torno de 30%, e, para essas estacas, a geometria variável conforme o solo e a geometria do perfil H apresentaram resultados mais coerentes.

A Figura 7 apresenta os esses valores graficamente dos resultados de resistência de ponta, resistência lateral e carga de ruptura obtidos para o Viaduto 2 considerando diferentes geometrias

Conforme mostrado na Figura 7, no caso do Viaduto 2 não houve diferença entre os resultados da geometria variável conforme o solo e da geometria do perfil H. Isso deve-se às considerações mencionadas anteriormente nesse trabalho, de que a ponta das estacas estão embutidas em solo arenoso e de que, de acordo com a recomendação de Salgado (2006), deve ser utilizado o perímetro do perfil H para os materiais que estão ao longo do fuste nesse caso (argila dura e silte arenoso).

Quando os resultados do perfil H e do retângulo envolvente para a resistência de ponta são comparados, constata-se a mesma diferença elevada na resistência de ponta como observado no Viaduto 1, nesse caso em torno de 800%. Ambas geometrias retornaram valores de resistência de ponta bastante distintos dos valores constatados nas provas de carga dinâmica.

Quanto à resistência por atrito lateral, observa-se, que assim como no Viaduto 1, ao ser calculada utilizando o perímetro do perfil H retorna um valor cerca de 45% maior do que o obtido utilizando o perímetro do retângulo envolvente. Porém, nesse caso, quando esses resultados são

Aponte a câmera do seu smartphone para o QR Code ao lado e salve o evento na sua agenda.



comparados com a resistência por atrito lateral mobilizada nas provas de carga dinâmica, observa-se maior coerência ao utilizar a geometria do retângulo envolvente.

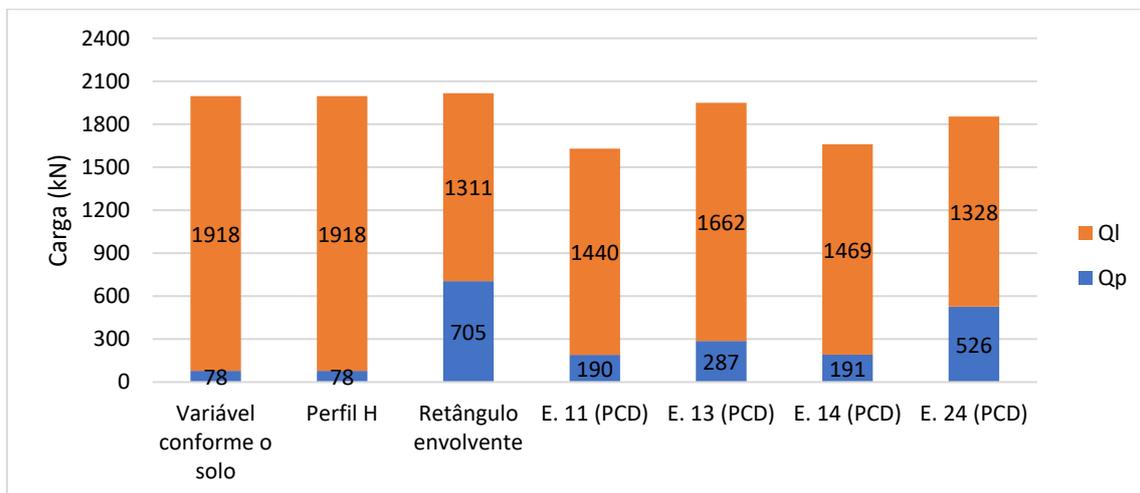


Figura 7. Gráfico dos resultados de capacidade de carga pelo método Décourt-Quaresma para variadas geometrias de seção transversal adotadas para o Viaduto 2.

Quanto à carga de ruptura, diferente do que foi observado no Viaduto 1, essa não apresenta elevada diferença quando se compara a geometria do perfil H e a geometria do retângulo envolvente. Essa última geometria apresentou carga de ruptura cerca de 1% maior do que a carga de ruptura utilizando a geometria do perfil H. Por outro lado, ao considerar valores absolutos, a geometria do perfil H e a geometria variável conforme o solo forneceu valor de capacidade de carga mais próxima dos valores das provas de carga dinâmica de todas as estacas do Viaduto 2.

De maneira geral, em ambos viadutos notou-se diferenças significativas nos valores das parcelas de resistência de ponta e resistência por atrito lateral dependendo da geometria adotada. No entanto, o mesmo pareceu não ser evidente para a carga de ruptura, visto que para o Viaduto 1 a diferença de valor entre cada geometria mostrou ser significativa, ao contrário do Viaduto 2, que não apresentou diferenças significativas de carga de ruptura entre cada geometria.

Nesse sentido, a Figura 8 e Figura 9 mostram a distribuição da capacidade de carga ao longo da profundidade obtida nessa análise para o Viaduto 1 e Viaduto 2, respectivamente.

Como mostra a Figura 8, para o solo silto-arenoso de aterro nos primeiros 4 metros e o solo silto-arenoso residual a partir dos 6 metros a utilização da geometria do retângulo envolvente conduz a capacidade de carga mais elevada do que quando foi utilizada a geometria do perfil H e geometria variável conforme o solo. Tal comportamento se inverte entre 4 e 6 metros, onde há a presença de argila mole. Nessa profundidade, ocorre uma queda abrupta da capacidade de carga quando calculada pelo retângulo envolvente, ocasionada pela queda de resistência de ponta devido ao baixo  $N_{SPT}$  dessa camada. Essa queda de capacidade de carga não é observada nas outras geometrias, devido ao perfil H fornecer maiores valores de resistência lateral, compensando a queda da resistência de ponta ocasionada pelo baixo  $N_{SPT}$ .

A Figura 9 mostra que no caso do Viaduto 2 há a tendência da geometria do retângulo envolvente conduzir a resultados de capacidade de carga mais elevados em comparação com quando utilizado a geometria do perfil H até 11 metros. Em seguida, há inversão desse comportamento. Esse comportamento pode estar relacionado ao elevado crescimento da

Aponte a câmera do seu  
smartphone para o  
QR Code ao lado e salve o  
evento na sua agenda.



resistência por atrito lateral acumulada no cálculo com o perfil H em comparação ao cálculo com o retângulo envolvente.

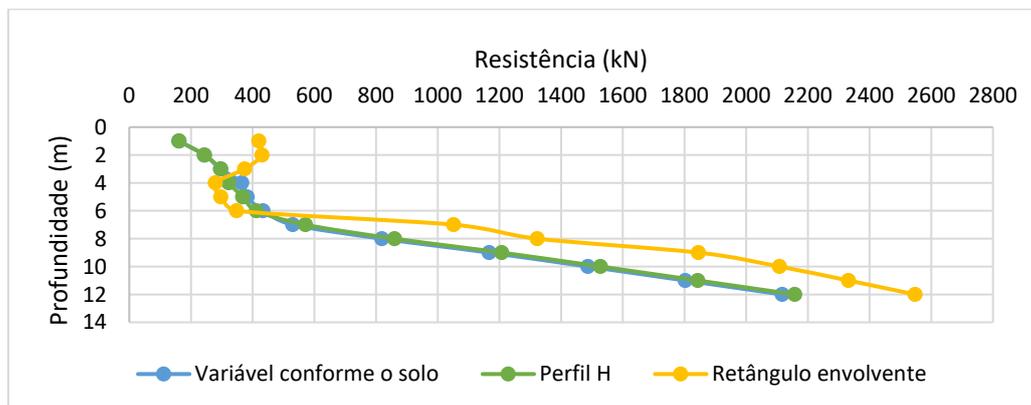


Figura 8. Distribuição da carga de ruptura ao longo da profundidade calculada pelo método Décourt-Quaresma utilizando diferentes geometrias de seção transversal para o Viaduto 1.

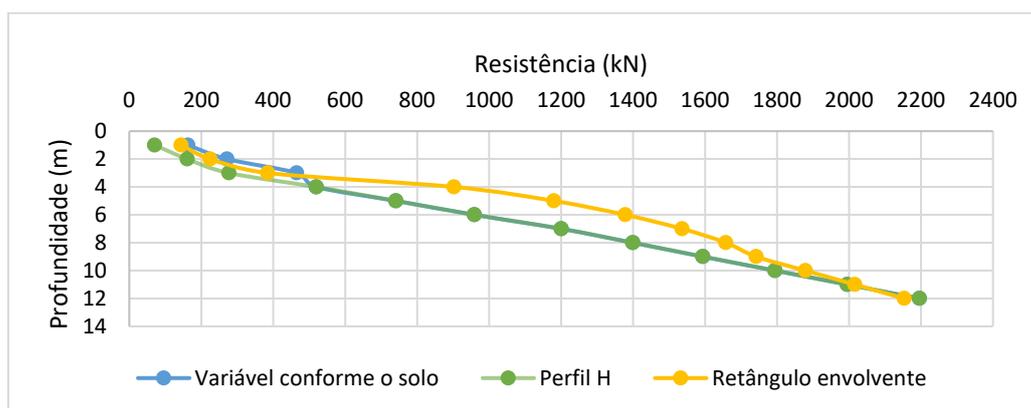


Figura 9. Distribuição da carga de ruptura ao longo da profundidade calculada pelo método Décourt-Quaresma utilizando diferentes geometrias de seção transversal para o Viaduto 2.

## 5. Conclusões

Os resultados obtidos nesse trabalho não tornam possível estabelecer de uma maneira geral se a adoção de uma determinada geometria conduz a um resultado de capacidade de carga maior ou menor com relação às outras geometrias possíveis, visto que os gráficos de capacidade de carga mostram curvas que se interceptam em alguns pontos.

Os resultados parecem apontar, no entanto, que tal fenômeno está relacionado ao tipo de solo em que a estaca está embutida, sobretudo à resistência da camada em que apoia-se a ponta da estaca. Ao analisar a distribuição das resistências ao longo da profundidade, os resultados sugerem que a geometria da seção transversal deve ser adotada de acordo com o tipo de solo e com a resistência da camada em que se apoia a ponta da estaca.

É possível, portanto, aferir a influência da geometria adotada nas parcelas de resistência e a importância das análises nesse sentido, para diminuição das incertezas relacionadas ao

Aponte a câmera do seu smartphone para o QR Code ao lado e salve o evento na sua agenda.



dimensionamento e para que o desempenho em campo das fundações ocorra conforme previsto em projeto.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, P. J. R.; MELO, E. O.; MELO, A. C. *Análise de previsão de capacidade de carga de estaca mista pré-molada em solo sedimentar da cidade do Recife/PE*. In: XVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA GEOTÉCNICA. Anais. Belo Horizonte, 2016.

ALONSO, U. R. Estacas pré-moldadas. In: HACHIC, W. (Eds.). *Fundações: teoria e prática*. 2. ed. São Paulo: PINI, 1998.

AOKI, N. *Determinação da capacidade de carga última de estaca cravada em ensaio de carregamento dinâmico de energia crescente*. 1997. Tese (Doutorado em Geotecnia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1997.

AOKI, N.; VELLOSO, D. A. *An approximate method to estimate the bearing capacity of piles*. In: V PANAMERICAN CONFERENCE ON SOIL MECHANICS AND FOUNDATION ENGINEERING. Anais. Buenos Aires, 1975.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6122. *Projeto e execução de fundações*. 108 p. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13208. *Estacas – Ensaio de carregamento dinâmico*. 12 p. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

CURY FILHO, D. *Previsão da carga de ruptura de estacas metálicas submetidas a esforços de compressão em solo de diabásio da região de Campinas/SP*. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2016.

DÉCOURT, L.; QUARESMA, A. R. *Capacidade de carga de estacas a partir de valores de SPT*. In: VI CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES. Anais. Rio de Janeiro, 1978.

GERDAU. *Perfis estruturas Gerdau – Estacas metálicas*. Disponível em: <https://www2.gerdau.com.br/catalogos-e-manuais>. Acesso em: 12 jan. 2020.

GHILARD, M. P. *Comparação entre desempenhos de estacas metálicas tubadas de ponta aberta na baixada santista*. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005

GONÇALVES, C.; ANDREO, C. S.; BERNARDES, G. P. *Ensaio de carregamento dinâmico*. Garulhos: Estacas Benaton Ltda, 1996.

POLIDO, U. F.; ALLEDI, C. T. D. B.; ALBURQUERQUE, P. J. R. *Capacidade de carga de estaca metálica com base em provas de carga à compressão e à tração*. In: XV CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA GEOTÉCNICA. Anais. Gramado, 2010.

SALGADO, R. *The engineering of foundations*. New York: McGraw Hill, 2006

Aponte a câmera do seu  
smartphone para o  
QR Code ao lado e salve o  
evento na sua agenda.

