



Curva Carga-Recalque de Prova de Carga Estática: Aplicação do Método de Chin

Diego Renan de Castro

Estudante, PUCRS, Porto Alegre, Brasil, renan.diego@edu.pucrs.br

Luiza Keller Fragomeni

Engenharia Civil, PUCRS, Porto Alegre, Brasil, lkfragomeni@gmail.com

Ma. Lysiane Menezes Pacheco

Professor, PUCRS, Porto Alegre, Brasil, lysiane.pacheco@edu.pucrs.br

Me. Cleber de Freitas Floriano

Professor, PUCRS, Porto Alegre, Brasil, cleber.floriano@edu.pucrs.br

RESUMO: O presente trabalho avalia a eficácia do método de Chin (1971) para determinação da carga de ruptura em provas de carga estática em estacas onde não houve ruptura nítida e compara-o com outros métodos. Foram analisados dois ensaios: PCE-01, numa estaca raiz de 310 mm de diâmetro, e PCE-02, em uma estaca hélice contínua de 600 mm. Ambos os ensaios foram conduzidos até a ruptura, mas para esse estudo os dados foram interrompidos em pontos que variaram de 50 à 90% desta carga. Os resultados mostraram que, de maneira geral, as cargas de ruptura obtidas pelo método de Chin foram mais próximas das cargas de ruptura reais do que as obtidas pelos métodos de Van der Veen e Décourt. A confiabilidade do método de Chin mostrou-se dependente da fração de carga aplicada.

PALAVRAS-CHAVE: Prova de carga estática, Curva carga-recalque, Método de Chin.

ABSTRACT: This study evaluates the effectiveness of the Chin method (1971) for determining the ultimate load in static load tests on piles where no clear failure was observed and compares it with other methods. Two tests were analyzed: PCE-01, on a root pile with a diameter of 310 mm, and PCE-02, on a continuous flight auger pile with a diameter of 600 mm. Although both tests were conducted until failure, for the purposes of this study, the data were truncated at points ranging from 50% to 90% of the failure load. The results showed that, in general, the ultimate loads obtained using the Chin method were closer to the actual failure loads than those obtained by the Van der Veen and Décourt methods. The reliability of the Chin method was shown to depend on the applied load fraction.

KEYWORDS: Static load test, Load-settlement curve, Chin Method.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, tanto o projeto quanto a execução das fundações devem seguir os requisitos estabelecidos pela NBR 6122 (ABNT, 2022). Essa norma define critérios e exigências desde a investigação geotécnica até ensaios para avaliação de desempenho das fundações. Segundo ela, é obrigatória a execução de investigação preliminar, composta por ensaio à percussão e pode, dependendo da natureza do terreno e do carregamento, serem necessários ensaios complementares – sondagem rotativa, ensaio de cone, etc. Contudo, devido à heterogeneidade do solo e pela investigação ser pontual, não se tem como obter uma representação completa e precisa do perfil geológico-geotécnico total.

A norma NBR 6122 (ABNT, 2022) recomenda que em edificações onde o número de estacas a serem executadas ou onde a tensão de trabalho delas sejam superiores ou igual a um valor estipulado, pelo menos 1% das estacas executadas sejam submetidas à prova de carga estática (PCE) para avaliação de desempenho, isto é, para confirmação da capacidade de carga empregada na fase de projeto. Este ensaio envolve a aplicação de cargas crescentes que, de acordo com a NBR 16903 (ABNT, 2020), deve ser de pelo menos o dobro da carga



2025

admissível, garantindo assim a ruptura do sistema solo-fundação. A partir das medições de seus deslocamentos correspondentes às forças aplicadas, é possível obter uma curva carga-recalque. Segundo Cintra et al. (2013), a análise desta curva pode resultar em dois tipos de situações: carga de ruptura nítida e carga de ruptura não nítida. Na prática, a ausência de ruptura nítida pode estar atrelada a fatores como a interrupção precoce do ensaio, o comportamento do solo ou o superdimensionamento da estaca, entre outros.

Para a avaliação de curvas que não apresentam ruptura nítida, são empregados métodos semiempíricos que realizam estimativas da carga de ruptura a partir de cálculos matemáticos, como os métodos de Van der Veen (1953), da Rigidez proposto por Décourt (1996) e de Chin (1971). A seleção do método depende do comportamento observado para a curva carga-recalque medida *in situ*.

O presente trabalho tem como objetivo avaliar a eficácia da aplicação do método de Chin (1971) em provas de carga estática para estacas que não apresentaram cargas de ruptura nítidas. A metodologia foi aplicada em dois ensaios que demonstraram rupturas nítidas, entretanto, devido a vieses analíticos, considerou-se a interrupção desses ensaios em pontos variando de 50 à 90%, com incrementos de 10%, da carga de ruptura. Ademais, foi realizada uma comparação com as cargas de ruptura determinadas pelo método de Décourt (1996), através do estudo de Souza e Pacheco (2024), e pela metodologia de Van der Veen (1953) apresentada por Diel, Pacheco e Floriano (2023), onde foram utilizados os dados das mesmas provas de carga estática.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Métodos de Extrapolação da Curva Carga-Recalque

O método de Chin (1971) propõe a estimativa da carga de ruptura por meio da extrapolação da curva carga-recalque, considerando o comportamento não-linear do solo ao longo do ensaio. O método visa aprimorar a precisão na determinação da carga de ruptura ao integrar aspectos da deformação e da capacidade de suporte do solo (CHIN, 1971; MONTEIRO et al., 2016).

A abordagem consiste em dividir o recalque observado durante o ensaio pela carga correspondente e plotar esses valores no eixo das ordenadas de um gráfico. No eixo das abscissas, são colocados os recalques registrados. O método pressupõe que a curva carga-recalque se comporta de maneira hiperbólica conforme se aproxima da carga de ruptura (FELLENIUS, 2006). Para determinar a carga última, é traçada uma linha utilizando os últimos três pontos da curva, considerados os valores mais representativos. A determinação da inclinação dessa linha, chamada de C_1 , ocorre através da aplicação da Equação 1, e a carga última Q_u é determinada posteriormente como o inverso desse valor, conforme demonstra a Equação 2 (FELLENIUS, 2006). Um exemplo de extrapolação pelo método pode ser observado na Figura 1.

$$Q = \frac{\delta}{C_1 \times \delta + C_2} \quad (1)$$

$$Q_u = \frac{1}{C_1} \quad (2)$$

Onde:

Q = Carga Aplicada (kN); Q_u = Carga Limite Última (kN); C_1 = Inclinação da Linha reta (kN^{-1}); C_2 = Interseção com o eixo Y (mm/kN); δ = Recalque correspondente à carga aplicada (mm).

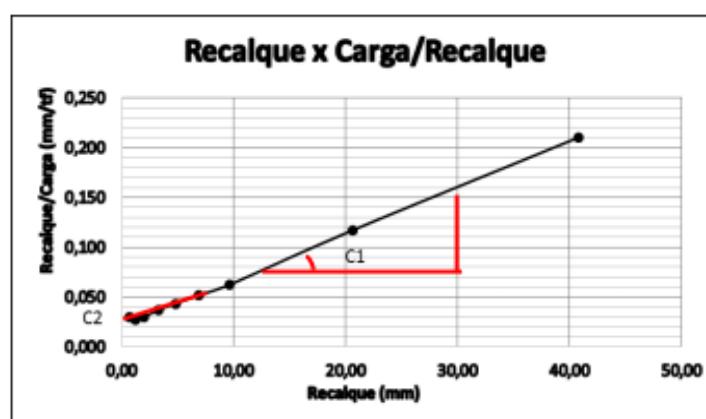


Figura 1. Curva Carga-Recalque Método de Chin (fonte: Monteiro et al., 2016).



O método de Chin (1971) é apropriado para PCE rápidas ou lentas, desde que os incrementos de carga sejam aplicados de forma constante, mas não deve ser utilizado em procedimentos que envolvem ciclos de descarregamento/recarga ou incrementos desiguais de carga (FELLENIUS, 2006).

O método de Décourt (1996) baseia-se na razão entre a força aplicada na estaca e o deslocamento resultante, fundamentando-se no conceito de rigidez. A análise envolve a criação de um gráfico de carga/deslocamento versus carga, permitindo a identificação das rupturas física e convencional. Ao assumir uma relação carga-recalque hiperbólica, as limitações do método, bem como seus resultados, são similares aos do método de Chin (FELLENIUS, 2006).

O método de Van der Veen (1953), por sua vez, descreve a relação entre carga aplicada e deslocamento em estacas por uma função exponencial. A extrapolação envolve ajustar uma curva para estimar a Q_u , identificando quando o gráfico se aproxima de uma linha reta (FELLENIUS, 2006). Uma modificação importante no método de Van Der Veen (1953) foi proposta por Aoki em 1976, a qual sugere que a curva ajustada não passe pela origem, o que melhora a precisão do método e resulta em uma estimativa mais acurada da carga de ruptura (CINTRA et al., 2013). Fellenius (2006) fornece um detalhamento dos métodos de Van der Veen (1953) e de Décourt (1996).

2.2 Análises Comparativas Entre Métodos de Extrapolação de Curva-Recalque

Bessa et al. (2016) realizaram uma análise a partir de cinco métodos de extrapolação da curva carga-recalque (de Chin, Davisson, ABNT 2010, Décourt e Van Der Veen). O estudo foi feito com cinco provas de cargas distintas que apresentaram ruptura nítida. As provas de carga foram analisadas individualmente, segmentando a curva de carregamento em três fases distintas: fase 1-F1, que corresponde à fase elástica da curva e abrange os quatro primeiros estágios de carregamento; fase 2-F2, que inclui do 1º ao 7º estágio de carregamento; e fase 3-F3, que considera todos os pontos da curva de carregamento.

Os autores concluíram que o método de Van Der Veen (1953) foi o mais eficiente, embora seus resultados dependam de uma curva de ruptura claramente definida. Os resultados obtidos através do método de Chin (1971) revelaram que os valores de carga de ruptura foram consistentes e aceitáveis para todas as provas de carga, exceto na fase F1 da PC07. Os valores encontrados através dessa metodologia foram maiores que pelos métodos da ABNT (2010) e de Davisson (1972), e em alguns casos maiores que o método de Van Der Veen (1953). Contudo, ao ser analisado por fases, o método de Chin (1971) demonstrou variações significativas, com cargas de ruptura variando de 4% a 28% acima do valor real, indicando uma falta de tendência consistente.

O estudo de Oliveira (2013) avaliou a confiabilidade de estacas hélice contínua de 500 mm de diâmetro em um empreendimento comercial. Foram realizadas 40 provas de carga estática, com a determinação da carga última por meio dos métodos de Van der Veen (1953), de Chin (1971) e Décourt (1996). Dentre os resultados obtidos, ressalta-se que as cargas de ruptura estimadas pelos métodos de Chin e Décourt apresentaram uma notável semelhança. De acordo com o trabalho de Oliveira (2013), mesmo adotando abordagens diferentes, esses métodos produziram resultados bastante próximos. Além disso, ambos mostraram valores de carga de ruptura superiores aos do método de Van der Veen (1953), exceto em casos específicos, como observado na estaca PCE 17.

Kurt (2008) apresenta uma análise dos métodos de Van der Veen (1953), de Chin (1971), Décourt (1996) e a NBR 6122, bem como alguns dos métodos sugeridos por Fellenius (2006). As PCE obtiveram resultados que indicaram que os métodos de Van der Veen (1953) e de Décourt (1996) foram mais precisos na determinação da carga de ruptura, enquanto o método de Chin (1971) apresentou resultados mais conservadores, com menor precisão. Foi observada uma variação significativa nos coeficientes de rigidez, com o método de Van der Veen (1953) se mostrando mais adequado para estacas submetidas a grandes deslocamentos. A comparação também revelou que o método de Décourt (1996) se aproximou mais da NBR 6122 em termos de precisão e aplicabilidade prática.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para a realização do presente estudo foram analisados os resultados de duas provas de carga estáticas. O primeiro ensaio (PCE-01) foi realizado em uma estaca raiz de 310 mm de diâmetro, com uma carga de trabalho de 1000 kN e, consequentemente, a carga de ensaio era de 2000 kN. O relatório do ensaio indicou que o curso do cilindro hidráulico foi esgotado e que, nos estágios finais, a estaca teve dificuldade em estabilizar a



carga, sugerindo que a carga de ruptura estava próxima, porém não completamente caracterizada como nítida. A carga máxima atingida no ensaio da PCE-01 foi de 1800 kN.

O segundo ensaio (PCE-02) foi realizado em uma estaca hélice contínua de 600 mm de diâmetro, com carga de trabalho de 1443 kN e carga de ensaio de 2886 kN. A carga máxima atingida foi de 2601 kN, com um recalque total de 74,21 mm. A fundação apresentou uma ruptura nítida no penúltimo estágio do ensaio, o que impediu a aplicação da carga total prevista.

O ensaio SPT (Standard Penetration Test) da PCE-01 apresentou nível d'água em 3,9 metros de profundidade, descrição do material majoritariamente composto por argila arenosa com granulometria fina e areia de grãos de tamanhos variados. O teste atingiu impenetrável a 13,90 metros de profundidade. Já o ensaio da PCE-02 apresentou nível d'água em 3,0 metros de profundidade, descrição do material majoritariamente composto por argila arenosa com granulometria fina e areia média. O teste atingiu impenetrável a 29,5 metros de profundidade.

Com o objetivo de avaliar se o método de Chin (1971) proporciona resultados satisfatórios em situações em que a ruptura na prova de carga estática não é claramente visível, considerou-se que as PCE01 e PCE02 foram interrompidas precocemente em pontos correspondentes a 50%, 60%, 70%, 80% e 90% da carga máxima obtida, definida como carga máxima hipotética (Q_{hip}). Com base nisso, foi calculada a relação entre a carga de ruptura (Q_{rup}) determinada por extrapolação, utilizando o método, e a carga de ruptura obtida a partir da curva original dos ensaios, referida como carga última (Q_u) (1800 e 2601 kN, respectivamente).

A Tabela 1 mostra a porcentagem da carga consideradas para os ensaios PCE-01 e PCE-02, respectivamente, juntamente com a carga máxima hipotética.

Tabela 1. Carga Hipotética em Percentual da Carga Máxima Obtida na PCE-01 e PCE-02.

Curva	Porcentagem (%)	Q_{hip} (kN)
PCE01-50	50	900,0
PCE01-60	60	1080,0
PCE01-70	70	1260,0
PCE01-80	80	1440,0
PCE01-90	90	1620,0
PCE02-50	50	1300,5
PCE02-60	60	1560,6
PCE02-70	70	1820,7
PCE02-80	80	2080,8
PCE02-90	90	2340,9

4 RESULTADOS

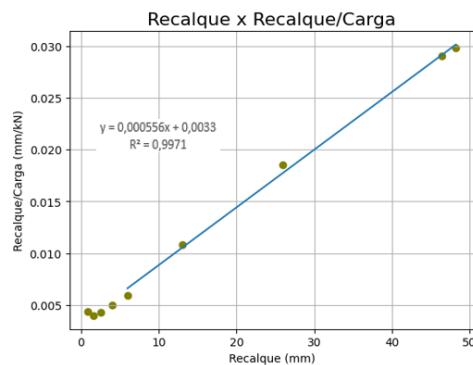
Os próximos itens apresentam os resultados obtidos a partir da extrapolação dos dados das PCE-01 e PCE-02 pelo método de Chin (1971), analisados e comparados aos métodos de Van der Veen (1953) e de Décourt (1996).

4.1 Aplicação do Método de Chin

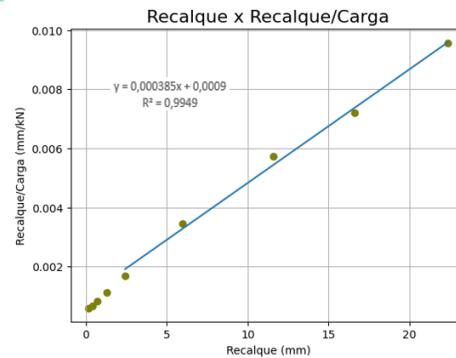
O método foi aplicado conforme descrito no capítulo 2. As Figuras 2 e 3 exemplificam o método considerando os resultados obtidos para a PCE01-90 e PCE02-90. A equação da linha de tendência, apresentada na Figura 2, fornece os coeficientes C_1 e C_2 . Aplicando a Equação (2), é possível determinar a carga de ruptura da estaca, denominada Q_{rup} , que resulta em 1971 kN para a PCE01-90 e 2600 kN para a PCE02-90.

Em seguida, os coeficientes obtidos foram aplicados à Equação (1), onde foi possível extrapolar a curva carga-recalque da PCE01-90 e da PCE02-90. A Figura 3 mostra a curva real em vermelho e a curva extrapolada em azul. Nota-se que ambas se sobrepõem nos pontos anteriores à extrapolação, indicando um comportamento semelhante.

Na figura 3 observa-se que o gráfico extrapolado se torna praticamente vertical, aproximando-se de uma assíntota no eixo x no ponto equivalente a 1971 kN para a PCE01-90 (a) e 2600 kN para a PCE02-90 (b), em que corresponde à carga de ruptura.

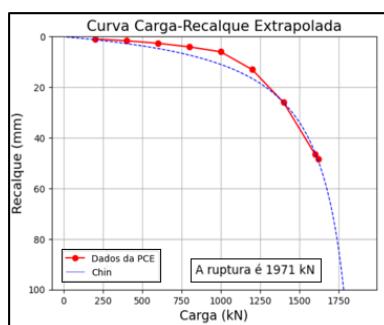


(a)

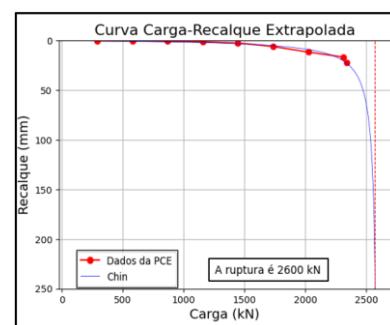


(b)

Figura 2. (a) Gráfico da linha de tendência da PCE01-90 (b) Gráfico da linha de tendência da PCE02-90 (fonte: Autores, 2025).



(a)



(b)

Figura 3. (a) Gráfico da curva extrapolada da PCE01-90 (b) Gráfico da curva extrapolada da PCE02-90 (fonte: Autores, 2025).

Na Tabela 2 são apresentados os resultados de carga de ruptura (Qrup) da PCE-01 e da PCE-02, que foram obtidos aplicando-se o método de Chin (1971) conforme descrito anteriormente.

Tabela 2. Resultado da PCE-01 e PCE-02.

Curva	Qrup (kN)	Qu (kN)
PCE01-50	1949,32	1800
PCE01-60	1739,13	1800
PCE01-70	1584,79	1800
PCE01-80	1683,50	1800
PCE01-90	1798,56	1800
PCE02-50	1934,24	2601
PCE02-60	1937,98	2601
PCE02-70	2061,86	2601
PCE02-80	2512,56	2601
PCE02-90	2597,40	2601

Com o intuito de analisar os dados e compará-los com os valores reais das provas de carga estática, calculou-se a razão entre a carga de ruptura e a carga última da PCE-01 e da PCE-02, disponível na Tabela 3.

Analizando os resultados das duas provas de carga, nota-se que elas apresentam comportamentos distintos. A PCE-01 inicia com uma razão superior a 1,0 no carregamento correspondente à 50% da carga última, superestimando a capacidade de carga. Para os demais percentuais (60% à 90%), a razão é inferior a 1,0, tendo o valor mínimo, 0,88, para 70%. Já a PCE-02 apresenta razão inferior a 1,0 entre todos os percentuais, mas com comportamento crescente, até atingir razão de 0,99 no carregamento de 90%.

Os resultados obtidos nas PCE-01 e PCE-02 evidenciam uma tendência de subestimativa da carga de ruptura pelo método de Chin (1970) para níveis inferiores a 90% da carga última e resultado muito assertivo para quando o carregamento da PCE atinge 90% da carga última.



Tabela 3. Resultados das razões entre cargas da PCE-01e da PCE-02.

Curva	Qrup/Qu
PCE01-50	1,08
PCE01-60	0,97
PCE01-70	0,88
PCE01-80	0,94
PCE01-90	0,99
PCE02-50	0,74
PCE02-60	0,74
PCE02-70	0,79
PCE02-80	0,97
PCE02-90	0,99

4.2 Interpretação e Análise dos Resultados de Outros Autores

Diel, Pacheco e Floriano (2023) e Souza e Pacheco (2024) utilizaram as mesmas PCEs, aplicando a mesma suposição de interrupção precoce dos ensaios. Com base nessas condições, os autores calcularam a relação entre a carga de ruptura determinada por extração, utilizando os métodos de Van der Veen (1953) e de Décourt (1996), respectivamente, e compararam com a carga última real dos ensaios. A Tabela 4 apresenta os valores das cargas máximas hipotéticas dos ensaios (Q_{hip}) (apresentados nas Tabela 1), as cargas de ruptura física (Q_{rig}) obtidas pelo método de Décourt (1996) e os valores das cargas de ruptura pelo método de Van der Veen (1953) (Q_{vv}), disponibilizados pelos autores. Afim de facilitar a comparação entre os métodos, inseriu-se na tabela mencionada os resultados de carga de ruptura obtidos neste estudo através do método de Chin (1971), agora denominadas de ‘ Q_{chin} ’. Ressalta-se que a Qu para a PCE-01 é de 1800 kN e para a PCE-02 é de 2601 kN.

Tabela 4. Comparação dos diferentes métodos para PCE-01 e PCE-02.

Curva	Q_{hip} (kN)	Q_{rig} (kN)	Q_{vv} (kN)	Q_{chin} (kN)
PCE01-50	900	1763,38	1150	1949,32
PCE01-60	1080	1662,65	1150	1739,13
PCE01-70	1260	1460,87	1300	1584,79
PCE01-80	1440	1690,75	1500	1683,50
PCE01-90	1620	1971,87	1650	1798,56
PCE02-50	1300,5	1906,99	1450	1934,24
PCE02-60	1560,6	1970,92	1600	1937,98
PCE02-70	1820,7	2034,75	1850	2061,86
PCE02-80	2080,8	2509,32	2150	2512,56
PCE02-90	2340,9	2746,24	2400	2597,40

Por conseguinte, a Tabela 5 presenta o comparativo das razões obtidas entre as cargas encontradas pelos três métodos analisados e a carga última das PCE.

Souza e Pacheco (2024) perceberam que em todas as curvas hipotéticas, com exceção da PCE01-90, as cargas de ruptura física obtidas através do método de Décourt (1996) (Q_{rig}) estão mais próximas da carga última (Qu) do que as cargas de ruptura obtidas através do método de Van der Veen (1953) (Q_{vv}). Os autores também haviam destacado que nos resultados da PCE-01 não há correlação entre o ponto de interrupção do ensaio e o aumento da carga de ruptura física (Q_{rig}), enquanto pelo método de Van der Veen (1953) é nítida esta relação.

Ao comparar os valores obtidos pelos métodos de Chin (1971) e Van der Veen (1953), verificou-se que os desvios percentuais médios calculados entre as cargas de ruptura estimadas pelos métodos e os valores de referência foram menores no método de Chin para todas as curvas analisadas. Os desvios percentuais foram calculados considerando a diferença relativa entre os valores estimados e a carga de ruptura observada experimentalmente.

Em comparação com o método de Décourt (1996), os desvios obtidos pelo método de Chin (1971) foram, em geral, bastante semelhantes, com exceção das curvas PCE01-50, PCE01-90 e PCE02-90. Nas curvas PCE01-90 e PCE02-90, o método de Décourt (1996) superestimou a carga de ruptura, enquanto o método de



Chin (1971) apresentou desvios que indicam uma subestimação dessa carga. Já na curva PCE01-50, observou-se o comportamento inverso: o método de Chin (1971) superestimou a carga de ruptura, ao passo que o método de Décourt (1996) a subestimou.

Pode-se dizer que o método de Chin (1971) apresentou um melhor resultado geral para a PCE-01, uma vez que obteve um desvio padrão médio de 7% em relação à Q_u , contra 12% e 10% para os métodos de Van der Veen (1953) e de Décourt (1996), respectivamente. Na PCE-02, o método de Chin (1971) obteve desvio padrão médio de 12%, enquanto o método de Van der Veen (1953) e o método de Décourt (1996) obtiveram um desvio padrão médio de 15% e 14%, respectivamente. Esse resultado se opõe ao encontrado por Kurt (2008), segundo o qual o método de Chin (1971) foi considerado mais conservador e menos preciso que os métodos de Van der Veen (1953) e Decourt (1996).

Conforme exposto, o maior desvio observado pelo método de Van der Veen (1953), atingindo 15%. Em comparação, o pior resultado para o método da Décourt (1996) foi equivalente a 14% e para o do método de Chin (1971) foi 12%. Todos os piores desempenhos foram registrados na curva PCE02-50.

É importante destacar que o estudo de Oliveira (2013) revelou uma semelhança significativa entre os resultados dos métodos de Chin (1971) e de Décourt (1996), com ambos apresentando valores de carga de ruptura superiores aos obtidos pelo método de Van der Veen (1953). De maneira semelhante, os resultados deste estudo corroboram essa observação.

Tabela 5. Comparação entre as razões obtidas pelos diferentes métodos para PCE-01 e PCE-02.

Curva	Q_{rig}/Q_u	Q_{vv}/Q_u	Q_{chin}/Q_u
PCE01-50	0,98	0,64	1,08
PCE01-60	0,92	0,64	0,97
PCE01-70	0,81	0,72	0,88
PCE01-80	0,94	0,83	0,94
PCE01-90	1,10	0,92	0,99
PCE02-50	0,73	0,56	0,74
PCE02-60	0,76	0,62	0,74
PCE02-70	0,78	0,71	0,79
PCE02-80	0,96	0,83	0,97
PCE02-90	1,06	0,92	0,99

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A prova de carga é amplamente reconhecida como uma das metodologias mais confiáveis para a determinação da carga última. Durante a fase de projeto, a realização desse ensaio permite a adoção de fatores de segurança reduzidos no dimensionamento de estacas, em conformidade com as orientações da NBR 6122 (ABNT, 2022). Ainda que a interpretação dos dados gerados pela PCE possa, em alguns casos, não ser plenamente satisfatória, particularmente em situações em que a ruptura não é claramente identificada, os resultados obtidos tendem a favorecer a segurança, reduzindo riscos de falhas ao longo da vida útil do elemento.

Os métodos de Décourt (1996) e de Chin (1971) demonstraram um desempenho superior ao do método de Van der Veen (1953). Ao comparar os métodos de Chin (1971) e de Décourt (1996), ambos apresentaram desempenhos semelhantes; no entanto, o método de Chin (1971) se destacou ligeiramente, pois, além de apresentar um desvio padrão inferior em ambos os ensaios, obteve também maior precisão na determinação das cargas de ruptura da PCE-01 e da PCE-02, em grande parte a favor da segurança por subestimar a carga de ruptura.

Mesmo com algumas pequenas exceções nas curvas analisadas pelo presente trabalho, a tendência geral sugere que tanto o método de Décourt (1996) quanto o de Chin (1971) produzem resultados confiáveis em relação à definição das cargas de ruptura.

Contudo, é fundamental apontar a simplicidade da aplicação do método de Chin (1971) em relação aos demais. Quando combinado com um rigoroso controle da precisão decimal, esse método garante resultados com uma margem de erro aceitável, configurando-se como uma alternativa prática e eficiente.



AGRADECIMENTOS

Agradecemos a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6122: *Projeto e execução de fundações*. 3 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2022. 108 p.
- _____ NBR 16903: Solo - Prova de carga estática em fundação profunda. 1 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2020. 11 p.
- BESSA, Ana Karina Santiago; MONTEIRO, Fernando Feitosa; AGUIAR, Marcos Fábio Porto de; MELO MONTEIRO, Tiago; OLIVEIRA, Francisco Heber Lacerda de. *Análise de Métodos de Interpretação de Curva Carga × Recalque de Provas de Carga Estática em Fundações Profundas no Nordeste do Brasil*. In: XVIII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica – COBRAMSEG 2016, Belo Horizonte, MG, Brasil, 2016.
- CHIN, F.K. *Discussion of Pile Test. Arkansas River Project*. Journal for Soil Mechanics and Foundation Engineering, ASCE, 1971, vol. 97, SM 6, pp. 930-932
- CINTRA, J. C. A.; AOKI, N.; TSUHA, C. de H. C.; GIACHETI, H. L. *Fundações: ensaios estáticos e dinâmicos*. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. 144 p.
- DÉCOURT, L. (1996). *A Ruptura de Fundações Avaliada com Base no Conceito de Rigidez*. SEFE III, São Paulo, vol. 1.
- DIEL, T. S.; PACHECO, L. M.; FLORIANO, C. de F. *Avaliação do método de Van der Veen na extrapolação da curva carga-recalque de prova de carga estática*. In: SIMPÓSIO DE PRÁTICAS DE ENGENHARIA GEOTÉCNICA DA REGIÃO SUL – GEOSUL, 13., 2023, Ponta Grossa. Anais [...]. Ponta Grossa, 2023.
- FELLENIUS, B. H. *Basics of Foundation Design*. Calgary: Electronic Edition, 2006. 275 p.
- KURT, A. Análise matemática e paramétrica dos métodos de interpretação da curva carga-recalque de estacas. In: CONGRESSO NACIONAL DE GEOTECNIA – CNG, 11., 2008, Portugal. Anais [...]. Portugal, 2008.
- MONTEIRO, F. F.; CARVALHO, L. M. C.; MATOS, Y. M. P.; AGUIAR, M. F. P.; OLIVEIRA, F. H. L. *Análise da eficiência de métodos de extrapolação de prova de carga em solo arenoso de Fortaleza*. In: ENCONTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA, 16., 2016, Fortaleza. Anais [...]. Fortaleza: Universidade de Fortaleza, 2016.
- OLIVEIRA, P. E. S. (2013). *Análise de provas de carga e confiabilidade para edifício comercial na Região Metropolitana do Recife*. Recife, 2013. 160p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco
- SOUZA, L. H. J.; PACHECO, L. M. *Extrapolação da curva carga-recalque de PCE em estaca hélice contínua pelo método da rigidez*. In: SEMINÁRIO DE ENGENHARIA GEOTÉCNICA DO RIO GRANDE DO SUL – GEORS, 12., 2024, Rio Grande. Anais [...]. Rio Grande, 2024.
- VAN DER VEEN, C. *The bearing capacity of a pile*. In: PROCEEDINGS OF THE THIRD INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOIL MECHANICS AND FOUNDATION ENGINEERING, 3., 1953, Zurich. Anais [...]. Zurich, 1953. v. II.