

Análise de Recalques de um Cais de Atracação em Angra dos Reis

Ana Luiza Rossini Valente de Oliveira

Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro, Brasil, analu_04@poli.ufrj.br

Alessandra Conde de Freitas

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, alessandracfreitas@poli.ufrj.br

Bernadete Ragoni Danziger

Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, bernadeterd@hotmail.com

RESUMO: Na execução de um cais de atracação em Angra dos Reis, Rio de Janeiro, cuja fundação foi assente em terreno predominantemente arenoso, os recalques foram medidos até o final da obra. Com base nos ensaios SPT (Standard Penetration Test) realizados, e em correlações da resistência à penetração desse ensaio com q_c (resistência de ponta do cone) e E_z (módulo de elasticidade), os autores estimaram valores de recalque, ao final da construção. Essas estimativas foram realizadas através de dois métodos semi-empíricos para fundações superficiais: Schmertmann et al. (1978) e Barata (1984). Como a instrumentação ocorreu ao longo de todo o comprimento do cais, foi possível fazer duas análises. A primeira análise consistiu na comparação dos recalques estimados (com base em duas sondagens distintas) com os medidos, considerando que a estrutura se comporta como rígida. As estimativas de recalque, nesta primeira abordagem, basearam-se nos dois métodos citados anteriormente (Schmertmann et al., 1978, e Barata, 1984). Na segunda análise, os recalques instrumentados (em diferentes pontos ao longo da face de maior comprimento do cais) foram comparados às estimativas de recalque em cada um desses pontos. Neste cenário, admite-se que a estrutura comporte-se como flexível. As estimativas de recalque, nesta segunda abordagem, basearam-se em dois métodos: Barata (1986), conforme sugestão de fatores de forma por Schleicher (1926) e Caquot-Kerisel (1949), e Aoki e Lopes (1975).

PALAVRAS-CHAVE: estimativa de recalque, módulo de elasticidade, instrumentação.

1 INTRODUÇÃO

Muitas vezes os recalques de fundações em areias não trazem maiores preocupações aos projetistas, já que os recalques que ocorrem após a obra finalizada são de magnitude muito reduzida se comparados aos recalques que ocorrem durante a execução. Apesar da construção apresentada neste trabalho ter sido assente em um depósito predominantemente arenoso, os recalques instrumentados foram significativos devido às elevadas cargas de peso próprio e equipamentos utilizados durante a construção, bem como à baixa compacidade do

solo natural.

A obra em apreço trata da construção de um cais de atracação cujas dimensões em planta apresentam 6,3 m de largura e 35 m de comprimento (Figura 1). Durante sua execução, foram instalados 5 pinos de instrumentação de recalque ao longo do comprimento da estrutura.

Por meio de duas sondagens à percussão realizadas em campo, identificou-se um terreno cujo material comporta-se como de compressibilidade rápida.

Neste trabalho foram feitas estimativas de recalque com base em diversas metodologias e os resultados foram comparados aos recalques

obtidos por instrumentação. Observou-se uma boa concordância entre os resultados.



Figura 1. Vista aérea do cais de atracação (adaptado de Oliveira, 2015).

2 DESCRIÇÃO DA OBRA

Para a construção do cais de atracação (conforme Dolfim Engenharia, 1988), houve uma escavação de 8,5 m de profundidade, desde a cota de +1,5m até a cota de -7 m. Na cota de -7 m foi executado um berço de regularização, sobre o qual foram assentes os pré-moldados de concreto que compõem a estrutura. Como esses pré-moldados são vazados, tanto esses vazios quanto o espaço entre o talude escavado e os pré-moldados foram preenchidos com brita. Nas etapas finais foram executadas vigas de coroamento no contorno do cais, pavimentação da plataforma de acesso ao atracadouro, e fixação de defensas e cabeças de atracação.

A Figura 2 apresenta um perfil do cais sendo construído de acordo com a metodologia executiva adotada.

Oliveira (2015) descreve em maiores detalhes cada uma das etapas de construção desta obra.

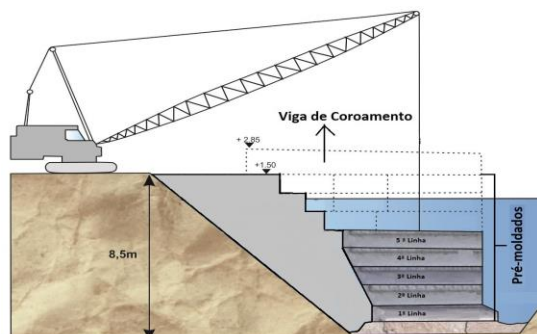


Figura 2. Seção representativa com blocos assentes até a 5ª linha.

3 PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Este estudo baseia-se em duas sondagens à percussão associadas a ensaios SPT realizadas na obra, a partir da cota de -7 m com o terreno de assentamento da estrutura já escavado. A locação exata das sondagens não é conhecida, embora tenham sido realizadas próximas à área estudada.

Os perfis obtidos são apresentados na Figura 3, nos quais constam a estratigrafia do terreno e o N_{spt} de cada metro ensaiado. Em cada ensaio foram identificadas duas camadas distintas.

Na sondagem SP-01 há uma primeira camada de 14 m de espessura de areia siltosa e silto argilosa, seguida de 6 m de uma camada de silte arenoso, ambas pouco a medianamente compactas. Já na sondagem SP-02, a primeira camada, de 9 m, é de areia siltosa com matéria orgânica pouco a medianamente compacta, enquanto que a segunda camada, de 11 m, é composta de silte arenoso medianamente compacto a compacto.

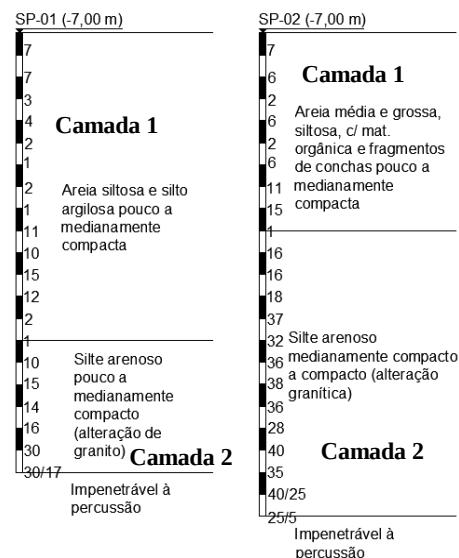


Figura 3. Perfis estratigráficos: SP-01 e SP-02.

4 MEDIÇÃO DOS RECALQUES

Para fins de controle dos recalques decorrentes da construção da estrutura, uma instrumentação foi feita através de pinos instalados nos pré-moldados de concreto. A Figura 4 mostra o posicionamento desses pinos, em planta, ao

longo do comprimento do cais.

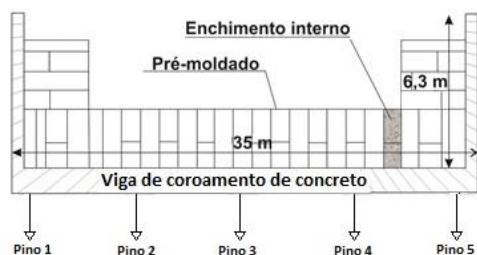


Figura 4. Posicionamento dos pinos no cais de atracação.

A Tabela 1 apresenta os valores de recalques medidos em cada um dos pinos ao final da obra.

Tabela 1. Recalques finais em cada pino.

Pinos	1	2	3	4	5
Recalques (m)	0,130	0,142	0,156	0,103	0,096

Observa-se que o pino central 3 registrou o maior valor de recalque (15,6 cm), e o pino da extremidade direita 5, o menor valor (9,6 cm). Todos esses dados da instrumentação foram reunidos e organizados a partir de relatório da Dolfim Engenharia (1988). Ainda a partir dos dados compilados e tratados, foi possível traçar curvas de recalques instrumentados em cada pino versus o tempo de duração da obra, conforme Figura 5. Constata-se nesta figura que o comportamento das curvas segue o mesmo padrão para cada um dos pinos de medição.

Na Figura 5, cada data se refere a uma etapa da obra. No dia 16/09/1989: construção até a 2ª linha de pré-moldados; em 13/10/1989: construção até a 7ª linha de pré-moldados; em 30/11/1989: construção até as vigas de coroamento; 14/06/1990: final da construção.

5 ESTIMATIVAS DE RECALQUE CONSIDERANDO A FUNDAÇÃO RÍGIDA

5.1 Método de Schmertmann et al. (1978)

Este método foi desenvolvido para possibilitar a estimativa de recalques de fundações superficiais assentes em depósito arenoso. A seguinte expressão para estimativa de recalques foi proposta por Schmertmann (1970):

$$r = C_1 \cdot C_2 \cdot \Delta p \cdot \sum_0^{2B} \left(\frac{I_{zp}}{E_s} \cdot \Delta z \right) \quad (1)$$

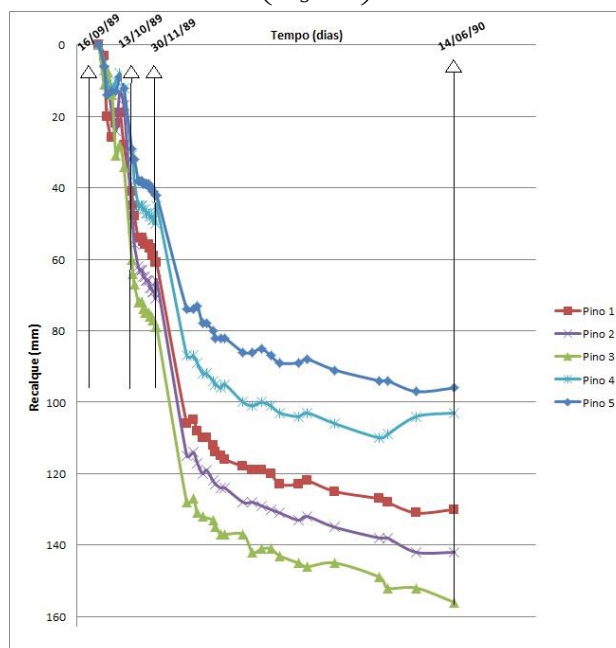


Figura 5. Curvas de recalques (instrumentados) versus tempo.

$$C_1 = 1 - 0,5 \cdot \frac{p_0}{\Delta p} \quad (2)$$

$$C_2 = 1 + 0,2 \cdot \log \left(\frac{t}{t_0} \right) \quad (3)$$

Onde C_1 é o fator de forma devido ao efeito de embutimento da fundação; C_2 é o fator de forma que leva em consideração o efeito do tempo (“creep”); I_{zp} é o fator de influência para cada uma das subcamadas de espessura Δz , a qual não deve ser maior que $B/2$ (sendo B a menor dimensão da fundação); E_s é o módulo de elasticidade de cada subcamada, sendo para fundações longas, $E_s = 3,5 \cdot q_c$ (Schmertmann et al., 1978); Δp é a tensão líquida atuante na profundidade de assentamento da fundação.

A sobrecarga atuante é função do peso dos blocos pré-moldados de concreto, cujos espaços vazios foram preenchidos com brita, que compõem a estrutura, somado ao peso das vigas de coroamento (Figura 4) e à pavimentação. A tensão atuante final da construção sobre a base da fundação (área de 35 x 6,3 m) é de 242,4 kN/m². A tensão vertical efetiva geostática no

nível da base da fundação (p_0) foi estimada em 76,5 kN/m². Portanto, a tensão líquida (Δp) é 242,4 – 76,5 = 165,9 kN/m², já que houve uma escavação do solo superficial para a implantação da obra na cota de projeto.

Nas equações (2), p_0 é a tensão vertical efetiva do solo no nível da base da fundação. Na equação (3), t é o tempo no qual se pretende medir o recalque e t_0 é o tempo de referência (igual a 0,1 ano). Como neste estudo o objetivo é analisar apenas o recalque imediato após finalizada a construção, $C_2 = 1$.

Schmertmann et al. (1978) introduziram uma expressão para determinar o fator de influência máximo:

$$I_{zp} = 0,5 + 0,1 \cdot \sqrt{\frac{\Delta p}{\sigma'_{vp}}} \quad (4)$$

Onde σ'_{vp} é a tensão vertical efetiva a $B/2$ abaixo da base da fundação para fundações quadradas, e B abaixo da fundação para fundações longas (adotado neste trabalho).

Através da distribuição dos valores de I_{zp} ao longo da profundidade do bulbo de tensões verticais (19,5 m), foi calculada a seguinte parcela da equação (1) baseada em cada uma das sondagens:

$$\sum_0^{19,5m} \left(\frac{I_{zp}}{E_s} \cdot \Delta z \right) \quad (5)$$

Desta maneira, o recalque da fundação do cais de atracação estimado por este método semi-empírico foi de: $r_h = 0,172$ m com base na sondagem SP-01 e $r_h = 0,099$ m com base na sondagem SP-02. Maiores detalhes podem ser obtidos em Oliveira (2015).

5.2 Método de Barata (1984)

Segundo Barata (1984 e 1986), seu método pode ser aplicado para previsão de recalque de fundações superficiais assentes em terrenos de compressibilidade rápida, como é o caso da areia siltosa e do silte arenoso do caso em estudo. Barata (1962, 1966 e 1967) propõe a

seguinte expressão:

$$r_h = \lambda \cdot c_\Delta \cdot p \cdot \frac{B}{E_z} (1 - \nu^2) \quad (6)$$

Onde r_h é o recalque estimado da fundação na profundidade de assentamento h ; λ é o coeficiente que considera o efeito da profundidade da fundação, chamado de coeficiente de Mindlin; c_Δ é o fator de forma da fundação, que leva em consideração a relação L/B (razão da maior dimensão pela menor dimensão da fundação); p é a tensão líquida uniformemente distribuída (equivale ao Δp da equação (1)); B é a menor dimensão da fundação ou seu diâmetro; E_z e ν são respectivamente o módulo de elasticidade e o coeficiente de Poisson do terreno.

Barata (1962) admite a relação da equação (7) entre o módulo de elasticidade e a resistência de ponta do cone. Na ausência do ensaio de cone, dispõem-se da correlação da equação (8):

$$E_z = a \cdot q_C \quad (7)$$

$$q_C = K N_{SPT} \quad (8)$$

Onde a é o coeficiente de Buisman e K é o fator que correlaciona os ensaios de cone e SPT, sugerido por Danziger e Velloso (1986 e 1995), os quais são dependentes do tipo de solo. A Tabela 2 apresenta estes valores para cada camada definida em cada uma das duas sondagens, tal como exemplifica a Figura 3.

Tabela 2. Valores de a e K para cada camada.

Camada	a	K (kN/m ²)
1 da SP-01 e SP-02	1,20	530
2 da SP-01 e SP-02	1,15	480

Vale destacar que o E_z é estimado ao longo de todo o bulbo de tensões verticais no centro da área carregada. O bulbo de tensões verticais atinge profundidade máxima de $\alpha \cdot B$, onde α é função da relação L/B , de acordo com Barata (1984). Na estrutura em apreço, $L/B = 35/6,3 = 5,6$. O valor α encontrado é 4,7, por meio de interpolação entre valores sugeridos por Barata (1984), para $L/B = 5$ ($\alpha = 4,25$) e $L/B = 10$ ($\alpha =$

5,25). O módulo de elasticidade adotado é aquele correspondente ao meio do bulbo de tensões verticais. Para a sondagem SP-01, foi obtido para o módulo de elasticidade o valor de $E_z = 8727 \text{ kN/m}^2$, enquanto que para a SP-02, o valor de $E_z = 13194 \text{ kN/m}^2$.

Os demais valores adotados na estimativa de recalque foram: $\lambda = 0,8$; $c_\Delta = 1,8$; $p = 165,9 \text{ kN/m}^2$; $D = 6,3 \text{ m}$ e $\nu = 0,3$.

Sendo assim, os recalques estimados foram: $r_h = 0,157 \text{ cm}$ com base na sondagem SP-01 e $r_h = 0,104 \text{ cm}$ com base na sondagem SP-02.

Informações mais detalhadas acerca das estimativas apresentadas nos itens 5.1 e 5.2 deste trabalho podem ser encontradas em Oliveira (2015).

5.3 Comparação das estimativas de recalques pelos dois métodos com os medidos por instrumentação

Na Tabela 3 são apresentados os valores de recalque médio pelos 2 métodos de previsão para as duas sondagens disponíveis, bem como a faixa de valores medidos nos pinos de maior recalque (Pino 3) e de menor recalque (Pino 5).

Tabela 3. Recalques obtidos (m).

	Barata (1984)	Schmertmann (1978)	Instrumentação
SP-01	0,157	0,172	-
SP-02	0,104	0,099	-
Pino 3	-	-	0,156
Pino 5	-	-	0,096

Por meio da Figura 6 é possível notar que os recalques previstos estão dentro da faixa de recalques instrumentados ao final da obra.

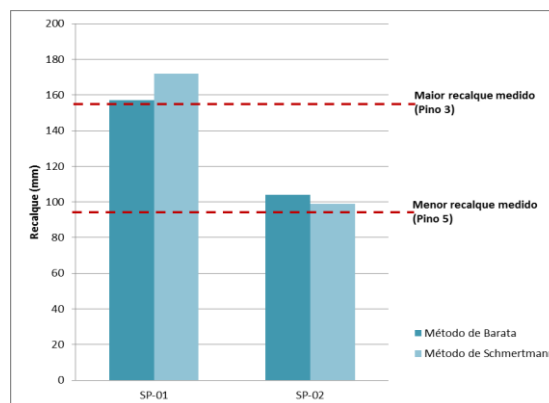


Figura 6. Faixa de recalques obtidos considerando a estrutura rígida.

6 ESTIMATIVAS DE RECALQUE CONSIDERANDO A FLEXIBILIDADE DA FUNDAÇÃO

6.1 Método de Barata (1986)

Barata (1986) diferencia os recalques médios estimados no item 5.2, para fundação rígida, dos recalques de uma fundação flexível. Para uma fundação flexível, são sugeridos fatores de forma (c_Δ) distintos para cada ponto analisado, conforme Schleicher (1926) e Caquot-Kerisel (1949), citados por Barata (1986).

Os pontos analisados são os mesmos dos instrumentados, conforme Figura 4. Para obtenção de c_Δ , tanto na parte central do cais (Pino 3) quanto nas extremidades (Pinos 1 e 5), foi necessária uma interpolação, visto que os autores citados não fornecem valor de c_Δ para $L/B = 5,6$. Além disso, a proposta de Schleicher (1926) não prevê uma estimativa para pontos intermediários entre o centro e a extremidade da estrutura (tais como se posicionam os Pinos 2 e 4). Os valores de fatores de forma para estes pontos foram obtidos pela média entre os valores de c_Δ do centro e da extremidade mais próxima.

Os fatores de forma calculados de acordo com a interpolação realizada, de forma simplificada, foram: $c_\Delta = 1,08$ (Pinos 1 e 5); $c_\Delta = 1,40$ (Pinos 2 e 4); $c_\Delta = 1,72$ (Pino 3).

Pode-se observar que posições simétricas apresentam iguais valores de fatores de forma (Pinos 2 e 4, 1 e 5). Portanto, o que pode diferenciar a previsão de recalques final em cada uma dessas posições é o módulo de

elasticidade do terreno na vertical de cada pino, uma vez que a natureza não apresenta simetria na estratigrafia e características de compressibilidade das camadas.

Considerando-se os fatores de forma definidos anteriormente, e as demais variáveis da equação 6, definidas no item 5.2, foram estimados os valores de recalques indicados na Tabela 4.

Todavia, como os recalques previstos na Tabela 4 consideram o mesmo perfil do subsolo ao longo de toda a extensão do cais, a diferença entre os recalques extremos se deve apenas à flexibilidade da fundação, variando na faixa de 9,7cm a 15,4 cm, para o perfil da SP-01 e na faixa de 6,4cm a 10,2cm para o perfil da sondagem SP-02. Na previsão de recalques pela SP-01 a variação entre o centro e o bordo é de 5,7cm enquanto pela SP-02 a diferença entre o centro e o bordo é de 3,8cm. Os recalques medidos indicam, de um dos lados - do Pino 3 ao Pino 5 - uma diferença de 6cm, e do outro lado - do Pino 1 ao Pino 3, 2,6 cm. A maior variabilidade nos recalques medidos ilustra que o perfil geotécnico não é uniforme.

Optou-se por realizar a estimativa de recalques pelo método de Aoki-Lopes (1975) pela sua capacidade de previsão com perfis que variam em trechos da fundação.

Tabela 4. Recalques estimados para cada ponto correspondente a um pino de instrumentação (metros).

Pinos	1	2	3	4	5
SP-01	0,097	0,125	0,154	0,125	0,097
SP-02	0,064	0,083	0,102	0,083	0,064

6.2 Método de Aoki e Lopes (1975)

Este método estima tensões e recalques no interior do maciço de solo (admitido como homogêneo, isotrópico, linear-elástico, semi-infinito) através de um processo numérico. Este método se aplica a qualquer tipo de carregamento, mas no caso em estudo, é admitido um carregamento uniformemente distribuído ao longo da base da fundação.

Entretanto, para casos de solo estratificado, tal como neste estudo, Aoki e Lopes (1975) sugerem a adoção do procedimento de

Steinbrenner (1934).

Neste método, a superfície carregada é discretizada, de forma que todo o conjunto de cargas pontuais discretizadas em áreas reduzidas contribua no valor total do recalque em um dado ponto em estudo através da superposição dos efeitos.

Sendo assim, os dados de entrada deste programa são: a estratigrafia do solo, a geometria da área carregada e o valor do carregamento, bem como a locação dos pontos onde se deseja fazer a previsão dos recalques. Foram selecionados, para a estimativa de recalques, exatamente os pontos locados junto aos pinos de recalques.

A Tabela 5 apresenta três diferentes estimativas considerando diferentes estratigrafias: a primeira análise foi com base apenas no ensaio da SP-01 para todos os pontos onde se previu os recalques; a segunda análise baseada apenas no ensaio SP-2 para todos os pontos. Na terceira estimativa foram utilizadas as duas sondagens, com o seguinte procedimento: os recalques nas verticais dos pontos correspondentes aos Pinos 1 e 2 foram estimados com base na sondagem SP-01, enquanto que para os Pinos 4 e 5, a previsão foi feita a partir da sondagem SP-02. Para o Pino 3, do centro, se considerou um recalque médio entre os recalques calculados com os dois perfis, ou seja, um perfil médio combinado dos perfis anteriores.

Tabela 5. Recalques estimados para cada ponto correspondente a um pino de instrumentação (metros).

Pinos	1	2	3	4	5
SP-01	0,133	0,178	0,189	0,178	0,133
SP-02	0,092	0,118	0,125	0,118	0,092
SP-01 e 02	0,133	0,178	0,157	0,118	0,092

Vale ressaltar que, ao se introduzir os dados de entrada referentes ao solo, para o coeficiente de Poisson ν de cada camada foi adotado o mesmo valor que nos itens 5.2 e 6.1 deste trabalho, referentes ao Método de Barata (1984 e 1986). Com relação ao módulo de elasticidade E_z , foram utilizadas as correlações (7) e (8).

Cabe notar também que a diferença entre recalques do centro e do bordo determinados

pelo método de Aoki e Velloso (1975) entre os Pinos 3 e 5, da SP-01, 6,6 cm, e entre os Pinos 1 e 3 da SP-02, 3,3 cm, são muito próximos aos valores medidos entre estes mesmos pinos, respectivamente iguais a 6 cm e 2,6 cm. A extensão da faixa entre a diferença dos medidos ($6 - 2,6 = 3,4$ cm) é praticamente igual à extensão da faixa dos recalques calculados por Aoki e Lopes (1975) ($6,6 - 3,3 = 3,3$ cm). Em relação ao recalque no pino central 3, o recalque medido (15,6 cm) é também praticamente igual ao calculado pela média do recalque no Pino 3 para as duas sondagens (15,7 cm).

7 ANÁLISE COMPARATIVA

A fim de se ter uma melhor visualização de todas as estimativas de recalques considerando a flexibilidade da estrutura, é apresentada a figura 7 a seguir.

As estimativas pelos métodos tratados nos itens 5 e 6 deste artigo podem ser comparadas com as medidas de recalques realizadas durante a obra. Pela Figura 7, pode-se concluir que as previsões de recalque que mais se aproximam da instrumentação em campo foram as do Método de Barata (1986) com base no ensaio da sondagem SP-01, e o Método de Aoki e Lopes (1975), combinando as informações dos ensaios SP-01 para os Pinos 1 e 2, SP-01 e SP-02 para o Pino 3 e SP-02 para os Pinos 4 e 5.

As diferenças encontradas entre as estimativas e as medidas de instrumentação para esses dois métodos (Barata, 1986 e Aoki e Lopes, 1975) são relativamente pequenas.

O eixo vertical do gráfico da Figura 7 corresponde ao recalque em metros. Todos os valores encontrados apresentados nas Tabelas 1, 6 e 7 são também apresentados neste gráfico.

A curva tracejada em vermelho representa as leituras da instrumentação; a região representada pelas retas tracejadas em azul indicam a faixa compreendida entre o menor e o maior recalque instrumentado.

Através da estimativa encontrada pelo Método de Aoki e Lopes (1975) contemplando ambas as sondagens, é possível notar que: as estimativas de recalques no limite inferior se aproximam da instrumentação nos Pinos 4 e 5

(lado direito da estrutura), enquanto que os recalques estimados no limite superior se aproximam do recalque medido no Pino 1 (extremidade esquerda).

Finalmente, com o intuito de se ter uma ideia sobre os recalques diferenciais que seriam previstos no cais de atracação, a Figura 8 apresenta o recalque máximo previsto em cada análise dos itens 4.1 e 4.2, e seus respectivos recalques diferenciais máximos ao longo da estrutura. A reta inclinada nesta figura representa uma situação limite para quando o recalque diferencial máximo é de valor igual ao recalque máximo.

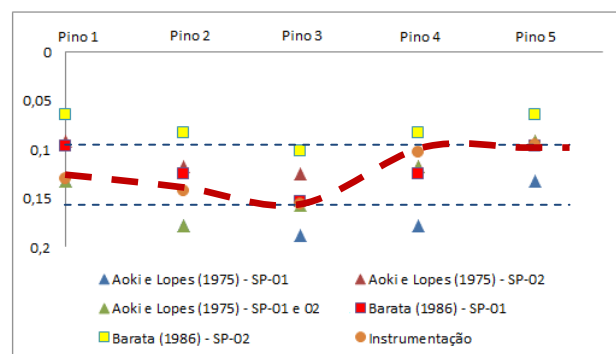


Figura 7. Recalques estimados, considerando fundação flexível, e os medidos pela instrumentação (em metros).

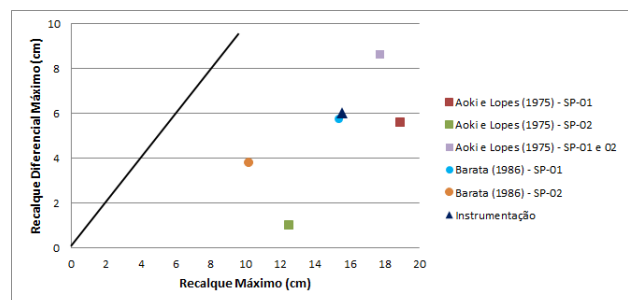


Figura 8. Diferença máxima de recalque versus recalque máximo (adaptado de Bjerrum, 1963).

Verifica-se que o recalque diferencial é de cerca da metade do recalque máximo. Resultado semelhante a este já tinha sido observado anteriormente por Terzaghi e Peck (1967) em fundações diretas assentes em areias, como é o caso de obra aqui estudado. Pode-se concluir, portanto, que os recalques diferenciais, bem como os distorcionais não geraram risco à integridade da estrutura. Isso pode ser confirmado por não ter sido observada qualquer

tipo de trinca, decorrente de um mau comportamento da fundação.

8 CONCLUSÕES

O trabalho apresenta o estudo da documentação do caso de obra com leitura de recalques elevados durante a construção de um cais de atracação assente em solo arenoso de baixa a média compacidade.

Os recalques médios foram previstos para uma fundação rígida com valores que se aproximaram dos valores medidos.

A consideração da fundação flexível permitiu avaliar os recalques ao longo do perfil longitudinal da obra.

O método de Barata (1986) e o método de Aoki-Lopes (1975) forneceram valores calculados muito próximos dos resultados medidos ao longo de um trecho razoável da extensão da obra, no caso de se considerar apenas um perfil do subsolo.

O método de Aoki-Lopes (1975) é capaz de considerar, simultaneamente, as várias sondagens da obra. Neste caso em estudo, em que a localização das sondagens não era conhecida, foi possível fazer hipóteses sobre a localização dos furos através dos resultados medidos e calculados dos recalques.

Observou-se, ainda, que semelhantemente ao preconizado por Terzaghi e Peck (1967), os recalques diferenciais foram da ordem da metade dos recalques totais máximos.

Apesar dos valores elevados de recalques medidos, a distorção máxima medida foi da ordem de 5,7 cm numa extensão de 17,5 m, ou seja, de 1/307. Tal distorção está no limite aceitável. De fato, não houve, no decorrer dos mais de 30 anos após o final da obra, qualquer ocorrência de registro de mau comportamento da estrutura do cais.

REFERÊNCIAS

- Aoki, N., Lopes, F. R. (1975). Estimating stresses and settlements due to deep foundations by the theory of elasticity, Proceedings, 5th Pan American CSMFE, Buenos Aires, v. 1, pp. 377-386.
- Barata, F.E. (1962). *Tentativa de Racionalização do Problema de Taxa Admissível de Fundações Diretas*. Tese de Livre Docência, Escola Nacional de Engenharia da Universidade do Brasil, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- Barata, F.E. (1966). *Ensaio de Placa para Fixação de Taxa Admissível de Fundações Diretas*. 3º Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações, Belo Horizonte, MG, Brasil.
- Barata, F.E. (1967). *Contribution to Better Application and More Correct Analysis of Bearing Plate Tests*. 3º Pan American Conference on S. Mech. And Found. Engineering, Caracas, Venezuela.
- Barata, F.E. (1984). *Propriedades Mecânicas dos Solos: Uma Introdução ao Projeto de Fundações*, *Livros Técnicos e Científicos*, 1ª ed., Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- Barata, F.E. (1986). *Recalque de Edifícios sobre Fundações Diretas em Terrenos de Compressibilidade Rápida e com a Consideração da Rigidez da Estrutura*, Tese de Concurso para Professor Titular, Departamento de Construção Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Caquot, A. & Kerisel, J. (1956). *Traité de mécanique des sols*, Gauthier-Villars, Paris, 1949.
- Danziger, B.R. (1986). *Correlações entre SPT e os Resultados dos Ensaio de Penetração Contínua*. 8º Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações, Vol.2, p. 103-113, Porto Alegre, RS, Brasil.
- Danziger, B.R. e Velloso, D. A. (1995). *Correlations between the CPT and the SPT for some Brazilian Soils*. International Symposium on Cone Penetration Testing, Vol. 1, p. 155-160, Lempok.
- Dolfin Engenharia (1988). *Estrutura de atracação e Pátio de Manobras em Ponta Fina – Planejamento Executivo*.
- Oliveira, A.L.R.V. (2015). *Análise dos Recalques e da Estabilidade Global de uma Estrutura de Atracação em Angra dos Reis*, Projeto de Graduação, Departamento de Construção Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Schleicher, F. (1926a). *Kreisplatten auf elastischer unterlage*.
- Schleicher, F. (1926b). *Zur theorie des Baugrundes*, *Der Bauingenieur*, Nº 48, 49, 1916.
- Schmertmann, J.H., Hartman, J.P., Brown, P.R. (1978). Improved Strain Influence Factor Diagrams, *Journal of Geotechnical Engineering Division*, ASCE, Vol. 104, Nº GT8, p. 1131-1135.
- Schmertmann, J.H., Hartman, J.P., Brown, P.R. (1978). Improved Strain Influence Factor Diagrams, *Journal of Geotechnical Engineering Division*, ASCE, Vol. 104, Nº GT8, p. 1131-1135.
- Steinbrenner, W. (1934). *Tafeln zur Setzungsberechnung*. Die Strasse, v.1, p.121.
- Terzaghi, K. & Peck, R. (1967). *Soil Mechanics in Engineering Practice*. Second Edition, Wiley.