

# Retroanálise do Coeficiente de Adensamento de Argila Mole Aluvionar Quaternária Baseada em Piezometria

Víctor Enrique León Bueno de Camargo

Bureau de Projetos e Consultoria Ltda., São Paulo, Brasil, [bureau@bureauprojetos.com.br](mailto:bureau@bureauprojetos.com.br)

Makoto Namba

Bureau de Projetos e Consultoria Ltda., São Paulo, Brasil, [bureau@bureauprojetos.com.br](mailto:bureau@bureauprojetos.com.br)

Luiz Eulálio Moraes Terra

Embú S.A. Engenharia e Comércio, São Paulo, Brasil, [lterra@embusa.com.br](mailto:lterra@embusa.com.br)

Arsenio Negro Jr.

Bureau de Projetos e Consultoria Ltda., São Paulo, Brasil, [bureau@bureauprojetos.com.br](mailto:bureau@bureauprojetos.com.br)

**RESUMO:** São apresentados os resultados de retroanálise do coeficiente de adensamento primário de um solo mole do Quaternário da Cidade de São Paulo. A retroanálise baseou-se em resultados de instrumentação (medidores de nível d'água, piezometria elétrica, medidores de recalque) instalada na fundação de um aterro experimental executado no Aterro de Resíduos Inertes da Construção Civil, em Perus, na Cidade de São Paulo. Foram retroanalizados dados de piezometria e de leituras de recalque. Os resultados de retroanálise foram comparados com resultados de ensaios de campo executados no mesmo local e com valores de literatura existente para solos moles de mesma origem e processo de formação, tendo sido observada discrepância entre os valores retroanalizados a partir das pressões neutras e aqueles retroanalizados a partir da medição de recalques. Devido ao efeito da compressão secundária, ficou ressaltada a importância de piezometria neste tipo de análise.

**PALAVRAS-CHAVE:** Solos Moles, Coeficiente de Adensamento, Retroanálise.

## 1 INTRODUÇÃO

Os aluviões Quaternários da Região Metropolitana de São Paulo são depósitos que cobrem os sedimentos Terciários e os solos de alteração do Embasamento Cristalino. São depósitos irregulares, cuja formação ocorreu em regime fluvial, tanto em áreas de inundação, onde ocorrem solos de granulometria mais fina e uniforme, quanto em áreas de antiga meandragem e em áreas de topografia mais acidentada, como nos bairros localizados ao pé da Serra da Cantareira, nos quais as maiores energias de deposição deram origem a solos de maior heterogeneidade, de argilas pouco arenosas a areias pouco argilosas (Massad et al., 1992).

Com o crescente uso e ocupação do solo na Região Metropolitana de São Paulo, as propriedades de engenharia destes aluviões têm sido objeto de diversos estudos ao longo das

últimas décadas. De grande importância nos projetos de engenharia é o conhecimento do coeficiente de adensamento ( $c_v$  e  $c_h$ ), utilizado na previsão dos tempos de espera de aterros de pré-carga e na determinação de velocidades de alteamento seguras em aterros de maior porte, como o Aterro de Resíduos Inertes da Construção Civil em Perus (ARICC Perus).

O ARICC Perus foi executado sobre uma camada de 8,0 m de solo mole Quaternário depositado em um vale encaixado, em região de topografia acidentada, no Bairro de Perus, Zona Norte da Cidade de São Paulo.

A observação e análise das leituras da instrumentação instalada no ARICC Perus apresentou um panorama diferente do imaginado durante a elaboração do projeto. As dissipações das pressões neutras na fundação ocorreram com velocidades muito maiores do que as que haviam sido determinadas durante a etapa de projeto, com base nos valores do

coeficiente de adensamento da fundação calculados a partir de ensaios da dissipação do excesso de pressões neutras medidas em piezocone, cujos resultados foram compatíveis com os valores existentes em bibliografia para solos de mesma origem e processo de formação (Ferreira et al., 1989).

As discrepâncias observadas motivaram complementação e a reinstalação da instrumentação, com a adoção de cuidados especiais, além da execução de um aterro experimental ao redor dos instrumentos. Estas medidas confirmaram os resultados originais da instrumentação, e serviram de base para retroanálises do  $c_v$  do solo mole da fundação. Foram observadas diferenças não só entre o valor retroanalisado a partir da piezometria instalada e o valor estimado nos ensaios CPTu (compatível com os dados de bibliografia), como também entre os valores retroanalisados a partir da piezometria e através do Método de Asaoka (Asaoka, 1978), aplicado às medidas de recalque da fundação.

Discute-se adiante as causas das discrepâncias observadas, cujas origens residem não só em certas peculiaridades do solo mole local como também no próprio modelo conceitual normalmente utilizado na obtenção do  $c_v$  durante a etapa de projeto, que pressupõe desenvolvimento em separado do adensamento primário e secundário.

## 2 DESCRIÇÃO DO ATERRO DE INERTES

O Aterro de Resíduos Inertes da Construção Civil em Perus (ARICC Perus) está localizado no bairro de Perus, na Zona Norte da Cidade de São Paulo, região de topografia acidentada, nas imediações da Serra da Cantareira, e recebe resíduos inertes da indústria da construção civil da Região Metropolitana de São Paulo.

O ARICC Perus está sendo alteado em um vale onde ocorre solo mole aluvionar Quaternário com profundidade de até 8,0 m. A geometria dos taludes do ARICC e a velocidade de seu alteamento foi condicionada pela presença deste solo mole na sua fundação.

O aterro foi projetado com três platôs, nas cotas 780,0 m, 795,0 m e 815,0 m. O platô da

cota 780,0 m possui taludes com 10,0 m de altura e inclinação de 1V:2,5H cada, intercalados por bermas de 3,0 m de largura. A altura final do aterro será da ordem de 19,0 m, o que ocorrerá quando seu alteamento atingir a cota 780,0 m. A Figura 1 apresenta planta e perfil do ARICC Perus.

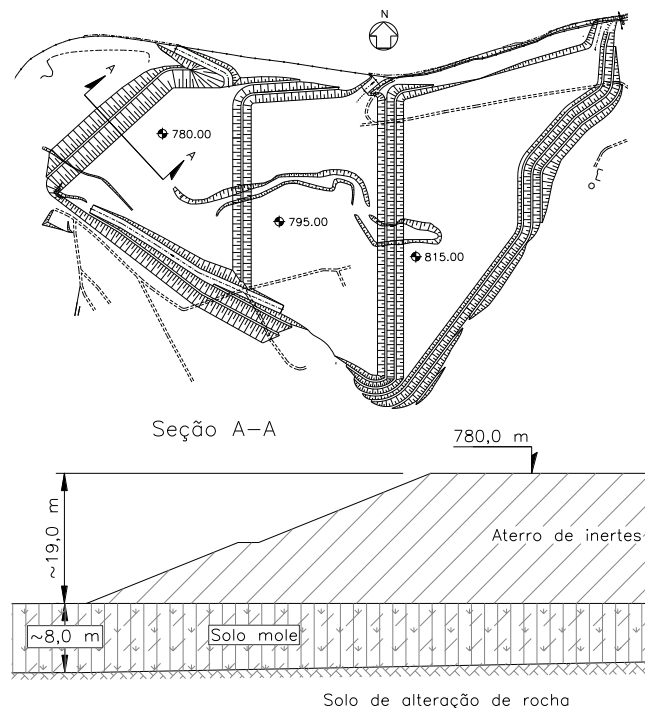


Figura 1. Planta e perfil do ARICC Perus.

Em função do solo mole na sua fundação, o ARICC Perus vem sendo carregado com velocidade de alteamento controlada.

O coeficiente de segurança de cada etapa de alteamento foi determinado através de análises de estabilidade (utilizando o método de Spencer) que incorporaram os excessos de pressão neutra provocados pelo carregamento do aterro ao longo do tempo. Estes, por sua vez, foram determinados através da consideração de drenagem parcial na fundação do aterro, a partir da teoria do adensamento unidimensional de Terzaghi aplicado a um modelo numérico da fundação em elementos finitos (Britto e Gunn, 1987). A velocidade de alteamento foi então determinada de modo a garantir que a estabilidade do aterro fosse atestada por coeficiente de segurança igual ou superior a 1,3 durante toda sua execução.

## 3 INVESTIGAÇÕES GEOTÉCNICAS

Para a elaboração das análises, durante o projeto foram executadas sondagens à

percussão (SPT) e ensaios de cravação de piezocone (CPTu), durante os quais foram executados ensaios de dissipação do excesso de pressão neutra lida no sensor do cone.

As sondagens à percussão identificaram uma camada de aluvião Quaternário com espessura máxima da ordem de 8,0 m, composta de argilas siltosas de coloração preta a cinza escura, de consistência muito mole. As sondagens a percussão também indicaram a presença de camadas de areia fofa de dimensões decimétricas no aluvião. Sotoposto ao aluvião as sondagens encontraram alteração de rocha.

A estratigrafia apresentada pelas sondagens SPT foi confirmada pelos resultados dos ensaios CPTu. Devido à sua maior precisão, no entanto, os ensaios CPTu detectaram a presença de uma quantidade maior de lentes de areia, de dimensões centimétricas a decimétricas. A Figura 2 apresenta o boletim de um dos três ensaios CPTu executados no local do ARICC Perus. Como não se sabia se tais lentes de areia eram ou não oclusas, por ocasião do projeto decidiu-se, a favor da segurança, não levá-las em conta na previsão do comportamento do solo mole da fundação.

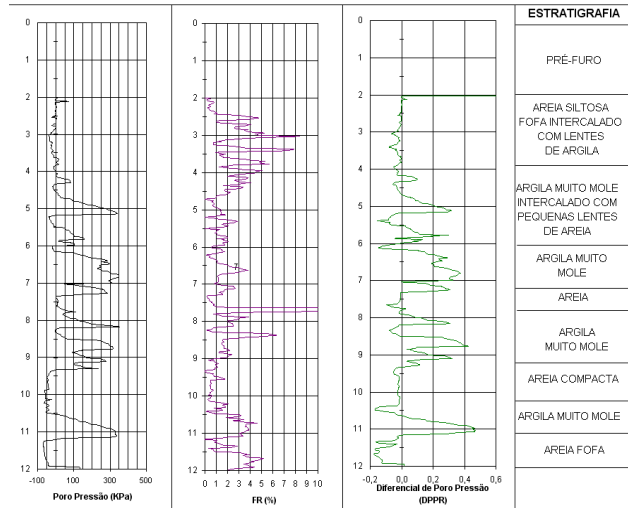


Figura 2. Boletim do CPTu 101.

Foram também executados ensaios de dissipação do excesso de pressões provocadas pela cravação dos CPTu's. A Tabela 1 apresenta os coeficientes de adensamento horizontais resultantes ( $c_h$ ), bem como os coeficientes de adensamento vertical ( $c_v$ ) calculados considerando relação entre as permeabilidades horizontal e vertical igual a 1,5 (Lacerda et al., 1977 e Ladd, 1991).

Tabela 1. Resultados dos ensaios de dissipação de pressões neutras medidos nos CPTu's.

Ensaio	Prof. (m)	Ch (cm <sup>2</sup> /s)	Cv (cm <sup>2</sup> /s)
CPTu-101	5,13	2,0.10 <sup>-2</sup>	1,3.10 <sup>-2</sup>
	7,03	1,5.10 <sup>-2</sup>	1,0.10 <sup>-2</sup>
CPTu-102	4,12	2,5.10 <sup>-2</sup>	1,7.10 <sup>-2</sup>
	6,86	1,5.10 <sup>-2</sup>	1,0.10 <sup>-2</sup>
CPTu-103	5,53	7,0.10 <sup>-2</sup>	4,7.10 <sup>-2</sup>
	8,50	4,0.10 <sup>-2</sup>	2,7.10 <sup>-2</sup>
Média geométrica		1,8.10 <sup>-2</sup>	1,2.10 <sup>-2</sup>

Foi obtido um valor médio do coeficiente de adensamento vertical igual a 1,2.10<sup>-2</sup> cm<sup>2</sup>/s. Este resultado é coerente com os valores existentes em bibliografia para solos de mesma origem e processo de formação. A partir da retroanálise de aterros instrumentados na Linha Leste-Oeste do Metrô de São Paulo, Ferreira et al. (1989) obtiveram valores de  $c_v$  variando entre 3.10<sup>-3</sup> cm<sup>2</sup>/s e 1,3.10<sup>-2</sup> cm<sup>2</sup>/s para argilas moles de coloração preta a cinza escura. A Figura 3 apresenta a distribuição de frequências acumuladas de  $c_v$  para os aluviões dispostos ao longo da Linha Leste-Oeste do Metrô de São Paulo, determinada a partir de ensaios de laboratório e de retroanálise de dados de campo.

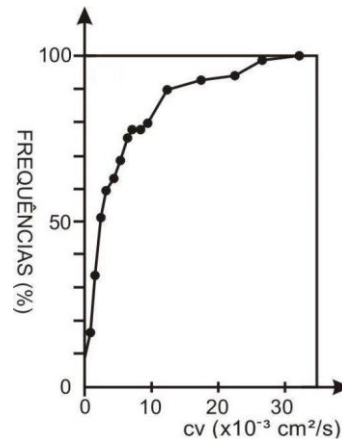


Figura 3. Distribuição de frequências acumuladas do Cv dos aluviões Quaternários da Linha Leste-Oeste do Metrô de São Paulo (Ferreira et al., 1989).

#### 4 DESEMPENHO DA OBRA

A estabilidade dos taludes do ARICC Perus depende diretamente do excesso de pressões neutras dissipado ao longo do tempo. Portanto, durante a execução do ARICC, as pressões neutras na fundação e os recalques do aterro vêm sendo monitorados através de instrumentação, composta por piezômetros elétricos de corda vibrante, indicador de nível

d'água e medidores de recalque magnéticos.

As primeiras leituras da instrumentação instalada na fundação do ARICC foram executadas com periodicidade média quinzenal. Mesmo com o alteamento do aterro já em curso, estas leituras não apresentaram excesso de pressões neutras, com cotas piezométricas lidas nos piezômetros de corda vibrante muito próximas às cotas do nível d'água lidas no indicador de nível d'água (Figura 4).

Os baixos valores de excesso de pressões neutras em contraste com os valores antecipados pelo projeto levaram a complementação da monitoração com novos piezômetros elétricos. Além disso decidiu-se pela realização de um aterro experimental, disposto ao redor dos instrumentos.

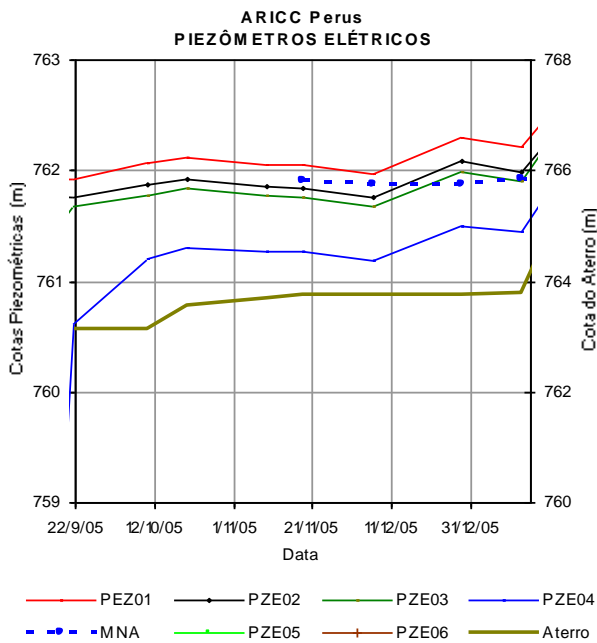


Figura 4. Leituras de piezometria na fundação do ARICC Perus, antes da execução do aterro experimental.

A Figura 5 apresenta a instrumentação instalada no aterro experimental.

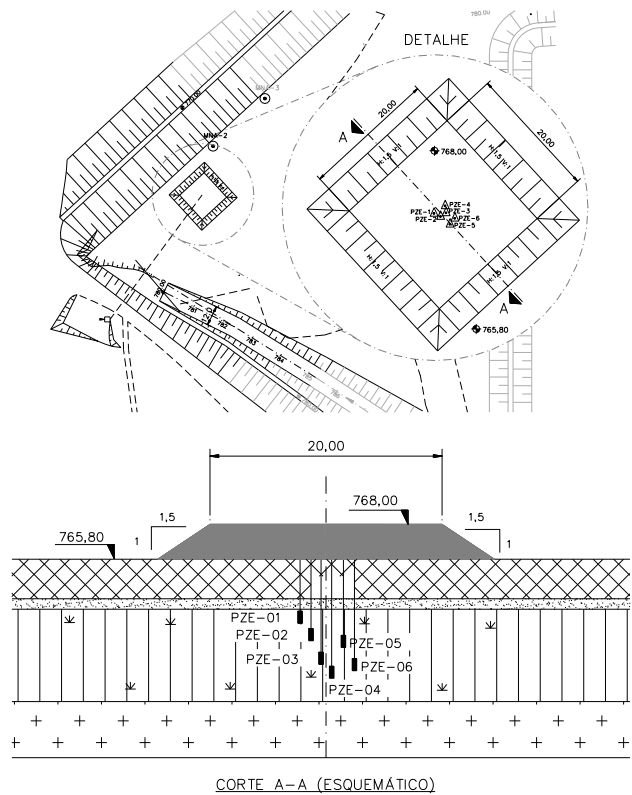


Figura 5. Instrumentação instalada no Aterro Experimental do ARICC Perus.

## 6 ATERRO EXPERIMENTAL

O aterro experimental foi executado em menos de 2 dias, com altura média de 2 m e dimensões na base de 29 m x 29 m, ao redor do local onde estão instalados os piezômetros PZE-01 a PZE-06. Previamente à execução do aterro experimental foram instalados “dataloggers” nos piezômetros PZE-02 e PZE-05, programados para aquisição de leituras a cada 30 minutos (leituras disponíveis apenas para o PZE-05).

Além das leituras do piezômetro PZE-05 registradas pelo ‘datalogger’, durante o alteamento do aterro experimental foram registradas pela equipe de obra a cota do aterro e as leituras dos demais piezômetros.

O resultado deste estudo acabou por validar as leituras de piezometria obtidas no início do programa de monitoramento, confirmando baixas sobre pressões neutras.

Analisando as novas leituras de piezometria, registradas durante o alteamento do aterro experimental (Figura 6), constatou-se que as dissipações ocorreram de forma muito mais

rápida do que o calculado a partir dos coeficientes de adensamento vertical adotados em projeto.

Foram então elaboradas retroanálises do coeficiente de adensamento vertical a partir das leituras de piezometria, através de um modelo de diferenças finitas, de forma que pudessem ser incorporadas as leituras dos piezômetros instalados em diferentes cotas da camada de aluvião.

A primeira retroanálise foi elaborada considerando os 8,0m de aluvião como um solo homogêneo, com drenagem pelo topo e pela base ( $H_d=4,0m$ ). O resultado desta análise é apresentado na Figura 7.

O  $c_v$  “global” da camada de solo mole assim obtido corresponderia a um “ $c_v$  equivalente” do pacote aluvionar composto por solos finos e lentes de areia. Obteve-se um valor de  $2,0\text{ cm}^2/s$ , quase 200 vezes maior do que o  $c_v$  adotado em projeto, com base nos resultados dos CPTu’s e de bibliografia (Ferreira et al., 1989).

Nova retroanálise com as mesmas leituras foi feita utilizando o método de Orleach (1983), e forneceu o mesmo valor de  $c_v$  obtido no ajuste com o modelo de diferenças finitas (Figura 8).

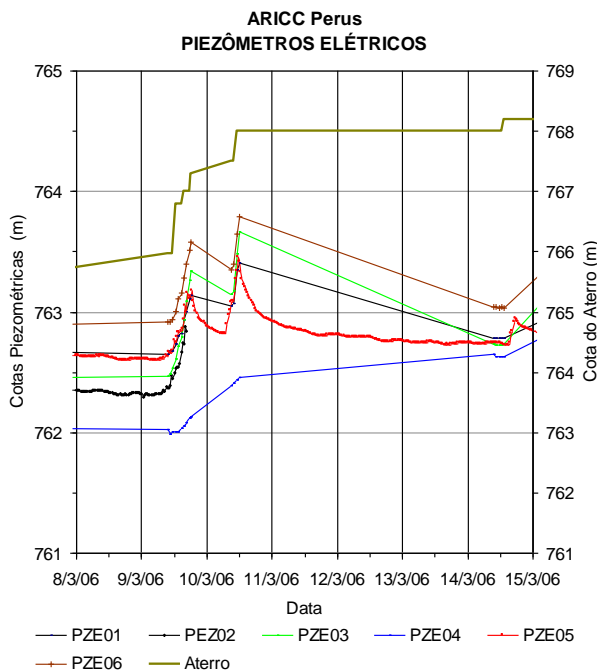


Figura 6. Piezometria na fundação do ARICC, registrada durante o alteamento do aterro experimental.

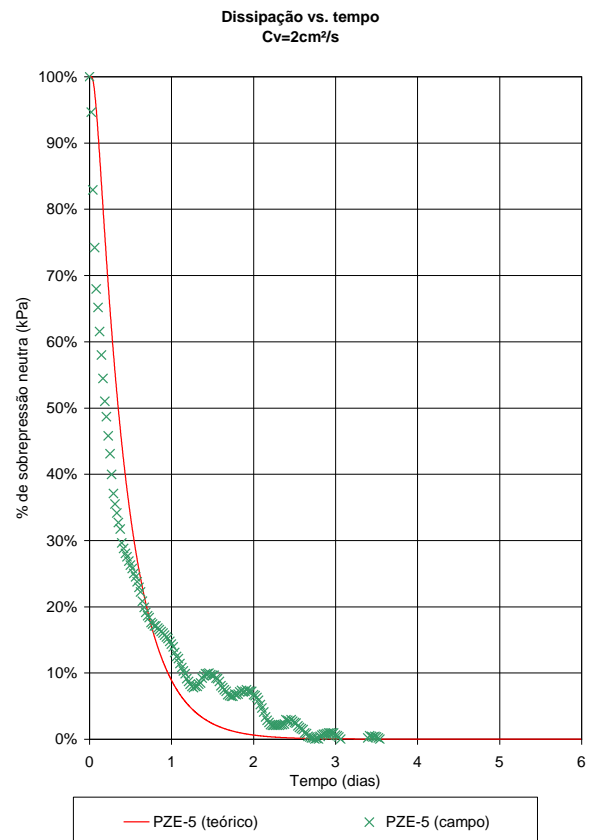


Figura 7. Retroanálise da dissipação de pressões neutras lida no PZE-05, para  $H_d=4,0m$ .  $c_v = 2\text{ cm}^2/s$ .

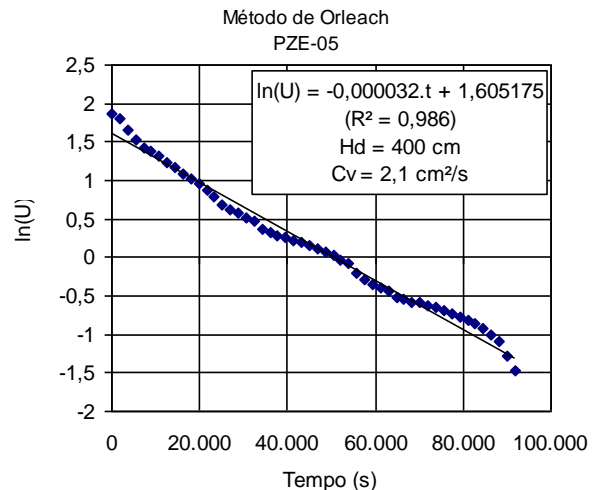


Figura 8. Método de Orleach (1983) aplicado às pressões neutras observadas no PZE-05, considerando fundação homogênea.  $c_v = 2,1\text{ cm}^2/s$ .

O valor elevado de  $c_v$  obtido na retroanálise com o aterro experimental sugere que as lentes de areia da camada de aluvião não são oclusas, e sim drenantes. Uma segunda retroanálise foi então elaborada, levando em conta as lentes de areia detectadas durante a cravação do CPTu. O espaçamento entre camadas drenantes foi

adotado como sendo igual à distância média entre as lentes de areia detectadas nos CPTu's ( $e=1,65\text{m}$ ,  $H_d=0,82\text{m}$ ). Em contraste com a retroanálise anterior, no modelo com lentes de areia ( $H_d$  menor) o resultado da retroanálise se aproxima do  $c_v$  real da argila siltosa, e não do  $c_v$  "equivalente" do pacote aluvionares.

O resultado é apresentado na Figura 9. O  $c_v$  da camada argilosa assim obtido foi igual a  $0,025\text{ cm}^2/\text{s}$ . Comparando as Figuras 7 e 9, observa-se que o ajuste é melhor no caso da segunda retroanálise (modelo com  $H_d=0,82\text{m}$ ). O mesmo valor é obtido ao se aplicar no método de Orleach a mesma distância de drenagem. O valor de  $c_v$  assim obtido é apenas duas vezes maior do que o valor adotado em projeto.

As medidas de recalque da fundação (Figura 10) também foram retroanalizadas, através do método de Asaoka (1978). Como não foi possível dispor de medidas de recalque em intervalos de tempo regulares como pede o método, as leituras foram ajustadas por uma curva, apresentada na Figura 10. Foi utilizado um intervalo regular de tempo de 30 dias na aplicação do método de Asaoka, cujo resultado é apresentado na Figura 11.

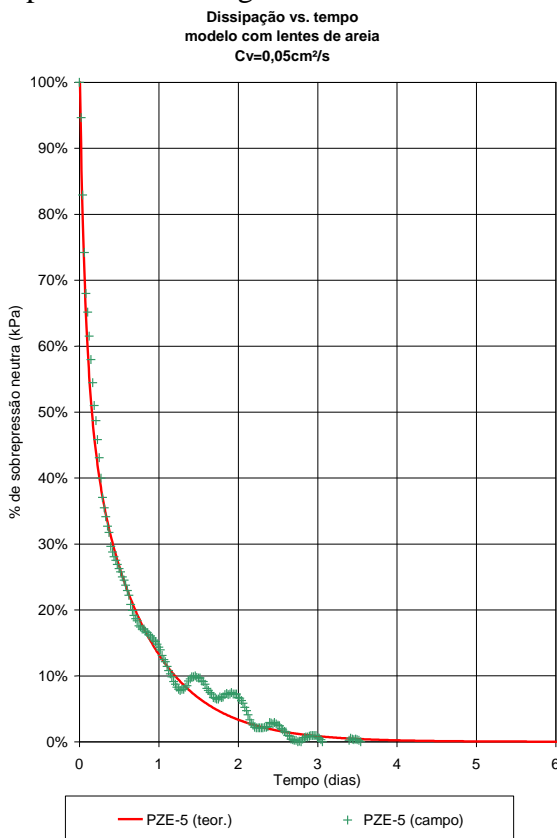


Figura 9. Retroanálise da dissipação de pressões neutras

lida no PZE-05, para  $H_d=0,82\text{m}$ .  $c_v = 0,025\text{ cm}^2/\text{s}$ .

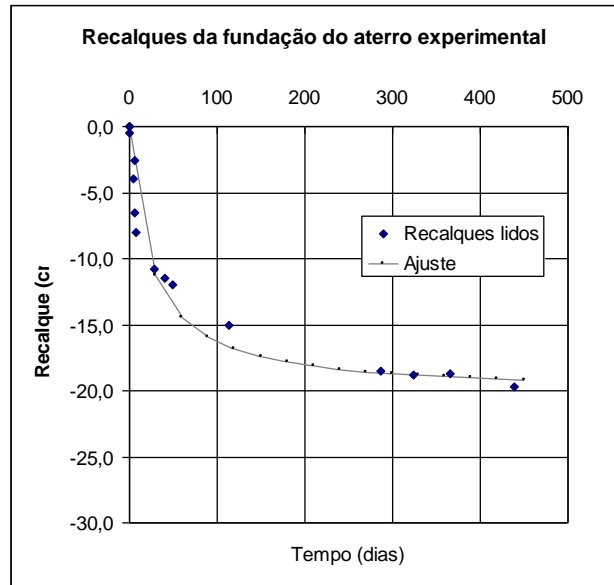


Figura 10. Recalques medidos durante e após o alteamento do aterro experimental.

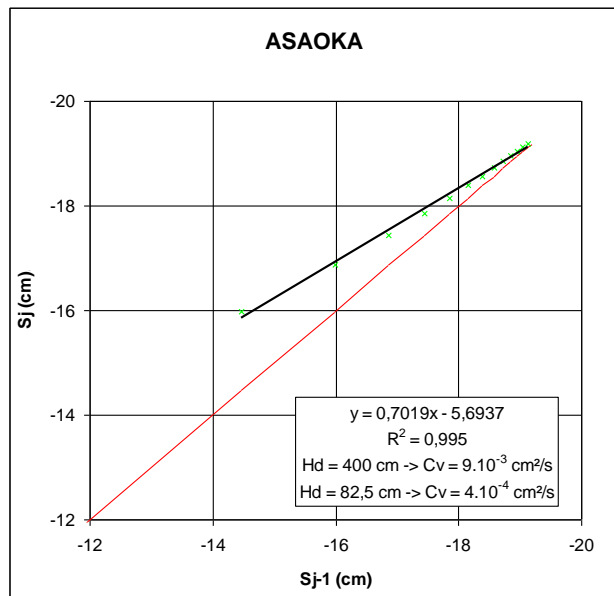


Figura 11. Aplicação do método de Asaoka aos recalques medidos na fundação do aterro experimental.

Foi obtido um  $c_v$  igual a  $9.10^{-3}\text{ cm}^2/\text{s}$ , ao se considerar o aluvião como uma camada homogênea de  $8,0\text{ m}$  de espessura. Ao se considerar o aluvião com lentes de material drenante a cada  $1,65\text{m}$ , o valor obtido de  $c_v$  foi ainda menor, igual a  $4.10^{-4}\text{ cm}^2/\text{s}$ .

## 7 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

É curioso notar que o valor de  $c_v$  pelo método de Asaoka, admitindo fundação homogênea, é

coerente com os valores obtidos a partir dos ensaios CPTu e com os valores encontrados em bibliografia (Ferreira et al., Op. cit.), mas é cerca de 200 vezes menor do que o valor obtido a partir da retroanálise da piezometria calculada com a mesma distância de drenagem.

Mesmo levando em conta as lentes drenantes e a altura de drenagem menor, o  $c_v$  obtido a partir das leituras de recalque é ainda cerca de 60 vezes inferior ao valor obtido a partir da retroanálise da piezometria.

A Tabela 2 resume os resultados obtidos.

Tabela 2. Valores de  $c_v$  obtidos através da retroanálise de pressões neutras, bibliografia, dissipação medida em CPTu's e retroanálise de recalques.

Origem	$C_v$ (cm <sup>2</sup> /s)
Piezometria (considerando as lentes de areia)	$2,5 \cdot 10^{-2}$
Piezometria (considerando fundação homogênea)	$2,0 \cdot 10^0$
Recalques (considerando as lentes de areia)	$4,0 \cdot 10^{-4}$
Recalques (considerando fundação homogênea)	$9,0 \cdot 10^{-3}$
Dissipação nos CPTu's	$1,2 \cdot 10^{-2}$
Bibliografia (média dos valores determinados por Ferreira et al. para argilas moles, pretas a cinza escuras, da Cidade de São Paulo)	$6,0 \cdot 10^{-3}$

Admitindo que as leituras de piezometria reproduzam condição mais realista de dissipação de pressões neutras na fundação do aterro, são discutidas as possíveis origens das discrepâncias notadas nos valores resultantes da observação dos recalques e dos ensaios de dissipação das pressões neutras medidas nos CPTu's.

Apesar dos valores do coeficiente de adensamento medidos a partir dos CPTu's serem determinados em condições de amolgamento, com o solo ao redor do cone sendo pré-adensado durante o ensaio (Baligh e Levadoux, 1980), não foi aplicada nenhuma correção neste sentido ao valor determinado pelos CPTu's. Observa-se que, no caso em estudo, a aplicação deste tipo de correção levaria a valores de  $c_v$  ainda menores, aumentando ainda mais o desvio entre o resultado do ensaio e o desempenho observado em campo.

Os ensaios de dissipação de pressões neutras obtidos nos CPTu's possuem escala reduzida,

não abrangendo toda a camada de aluvião. A influência pronunciada do efeito de escala nos problemas de adensamento é bem conhecida (Almeida et al., 2005), e é amplificada no caso de camadas heterogêneas de solo mole, intercaladas por lentes não oclusas de areia, como no caso da fundação do ARICC Perus.

O efeito de escala parece ser uma explicação plausível para o fato da diferença entre o  $c_v$  dado pelos CPTu's e pela piezometria considerando fundação homogênea ( $H_d=400\text{cm}$ ) é da ordem de 200 vezes, enquanto que considerando a presença de lentes de areia ( $H_d=82,5\text{cm}$ ) a razão é reduzida para apenas 2 vezes.

As diferenças entre  $c_v$ 's obtidos pelas retroanálises da piezometria e dos recalques (método de Asaoka) pode ser explicada pela ocorrência simultânea de adensamentos primário e secundário nos recalques lidos (Pinto, 2001). Este efeito parece ter sido agravado pela baixa relação entre a tensão efetiva final (após a execução do aterro experimental) e a tensão efetiva inicial (antes da execução do aterro experimental), fator que aumenta a influência da compressão secundária nos recalques medidos (Schmidt, 1992). No caso do aterro experimental executado no ARICC Perus, esta relação foi da ordem de 1,5.

Acredita-se que os valores mais baixos citados por Ferreira et al. (Op. cit.) podem ser atribuídos ao uso do método de Asaoka para recalques primários e secundários ocorrendo simultaneamente nos aterros da Linha Leste-Oeste sobre solos moles.

## 7 CONCLUSÕES

A análise da instrumentação do aterro experimental executado no ARICC Perus permitiu a observação de alguns fatos que influenciam o comportamento de aterros sobre solos moles, já relatados por diversos autores.

Ficou ilustrada a importância do registro de pressões neutras, através da instalação e leitura de instrumentação conveniente para este fim, nos problemas de aterros sobre solos moles executados com velocidades de alteamento controladas. Foi realçada a importância da execução de investigações geotécnicas outras

além do SPT. Estes fatores foram traduzidos, no caso em questão, numa maior velocidade de alteamento do aterro, e em ganhos econômicos para o empreendimento.

Em razão da influência do efeito de escala nos problemas de adensamento (Almeida et al., Op. cit.), o coeficiente de adensamento adotado em projeto, calculado a partir da dissipação do excesso das pressões neutras gerado pela cravação dos piezocones, não foi capaz de representar corretamente o comportamento do conjunto aterro/fundação. Apesar do resultado do ensaio ter sido confirmado pela piezometria quando a retroanálise destas leituras levou em conta a presença de lentes de areia na camada de solo mole, o comportamento real médio (ou global) da fundação não pôde ser previsto por este tipo de ensaio, já que não se sabia se as lentes de areia intercaladas no solo mole eram drenantes ou não. No entanto, esta indefinição pôde ser esclarecida através da análise da instrumentação instalada.

Foi discutida a influência da compressão secundária nas determinações do coeficiente de adensamento primário obtidas pelo método de Asaoka, conforme descrito por Pinto (2001). O efeito do adensamento secundário parece ter sido agravado pela baixa relação entre as tensões efetivas depois e antes do carregamento, fenômeno observado por Schmidt (1992).

Estes mesmos fatores (influência do adensamento secundário nos valores de  $c_v$  obtidos pelo método de Asaoka, intensificada pela baixa relação entre tensões efetivas antes e depois do carregamento do solo mole) podem ter conduzido a valores baixos de  $c_v$  reportados por Ferreira et al. (Op. cit.).

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos Profs. Carlos de Souza Pinto e Márcio de Souza Almeida, pelas importantes informações que foram fornecidas durante a elaboração deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

- Almeida, M.S.S., Marques, M.E.S., Lacerda, W.A., Futai, M.M. (2005). *Investigações de Campo e Laboratório na Argila de Sarapuí*. Solos e Rochas, Vol. 28, No 1., ABMS.
- Asaoka, A. (1978). *Observational Procedures of Settlement Prediction*. Soils and Foundations, Vol. 18, N. 4, Dec. 1978.
- Baligh, M.M. e Levadoux, J.N. (1980). *Pore Pressure Dissipation After Cone Penetration*. Research Report r80-11, Dept. of Civil Eng., MIT.
- Britto, A. E Gunn, M.J. (1987). *Critical State Soil Mechanics via Finite Element*. Ellis Horwood, Chichester, 488 p.
- Ferreira, A.A., Soares, E., Navarro, R. (1989). *Consolidation Characteristics of Alluvial Soils in the City of Sao Paulo*. XII International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering. Volume Especial da ABMS, Rio de Janeiro.
- Lacerda, W.A., Coutinho, R.Q., Costa Filho, L.M., Duarte, A.E.R. (1977). *Consolidation Characteristics of Rio de Janeiro Soft Clay*. Int. Symposium on Soft Clay, Bangkok, p. 231-243, 1977.
- Ladd, C.C.. (1991) *Stability Evaluation During Stage Construction*. ASCE, Journal of Geotechnical Engineering. v. 117, n. 4, p. 540-615.
- Massad, F., Pinto, C.S., Nader, J.J. (1992). *Resistencia e Deformabilidade*. In *Solos da Cidade de São Paulo*. ABMS, 1992.
- Orleach, P. (1983). *Techniques to Evaluate the Field Performance of Vertical Drains*. Tese MSc, MIT, Cambridge, Massachusetts.
- Pinto, C.S. (2005). *Considerações sobre o Método de Asaoka*. Solos e Rochas, v. 24:I, p. 95-100.
- Schmidt, C.A.B. (1992). *Uma Análise de Recalques pelo Método de Asaoka Modificado com Enfoque Probabilístico*. Tese de Mestrado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 88 p.