

# Parâmetros geotécnicos obtidos para Argilas Aluvionares Quaternárias Moles encontradas no Trecho Sul do Rodoanel Mário Covas por meio de estações de ensaios localizadas na planície fluvial do Rio Embú-Mirim.

Geraldo Vanzolini Moretti

Moretti Engenharia Consultiva, São Paulo, Brasil, E-mail: [geraldo@morettiengenharia.com.br](mailto:geraldo@morettiengenharia.com.br)

Gerson Rodrigues de Castro

Desenvolvimento Rodoviário S.A (DERSA), São Paulo, Brasil, E-mail: [grcastro@dersa.sp.gov.br](mailto:grcastro@dersa.sp.gov.br)

Atilio Oliveira Moretti

Moretti Engenharia Consultiva, São Paulo, Brasil, E-mail: [atilio@morettiengenharia.com.br](mailto:atilio@morettiengenharia.com.br)

João Alexandre Paschoalin Filho

Moretti Engenharia Consultiva, São Paulo, e-mail: [joao@morettiengenharia.com.br](mailto:joao@morettiengenharia.com.br).

Ricardo Jose Mirisola Rodrigues

Moretti Engenharia Consultiva, São Paulo, Brasil, E-mail: [ricardo@morettiengenharia.com.br](mailto:ricardo@morettiengenharia.com.br)

**RESUMO:** O Rodoanel Mario Covas consiste em um empreendimento que possui como principal objetivo a melhoria do tráfego na Região Metropolitana de São Paulo. Na sua concepção, o Rodoanel, quando finalizado, além de tornar o trânsito urbano mais ágil mediante o desvio do tráfego de passagem, deixará a cidade menos impedida para o transporte de passageiros, tanto coletivo, quanto e individual. O Trecho Sul do Rodoanel Mario Covas envolveu uma construção de 61,4 km de extensão. Seu traçado inicia-se no trevo da rodovia Régis Bittencourt – no entroncamento com o trecho Oeste – interligando as rodovias Anchieta e Imigrantes, além do prolongamento da Avenida Papa João XXIII. Em razão da grande extensão do trecho sul do Rodoanel Mário Covas, o mesmo apresenta grande complexidade no que diz respeito geologia local, pois ao longo de toda sua extensão a obra atravessa diversas unidades litoestratigráficas da Região Metropolitana de São Paulo: Complexo Embu, Sedimentos Aluviais do Quaternário, Sedimentos Cenozóicos do *Rift* Continental do Sudeste do Brasil e Suítes Graníticas Indiferenciadas. Neste trabalho serão apresentados parâmetros geotécnicos determinados por meio de ensaios laboratoriais e de campo realizados em 5 estações localizadas no trecho Sul do Rodoanel Mário Covas. As estações foram estabelecidas com base na geologia local e distribuídas em diferentes locais ao longo de todo o trecho nos quais se verificou a existência de argilas orgânicas muito moles. O local onde foram executados os ensaios situa-se entre a Rodovia Régis Bittencourt (final do trecho Oeste do Rodoanel) e a estrada Sadamu Inoue (antiga estrada de Parelheiros) pertencente à planície fluvial do Rio Embú-Mirim. Foram realizados, além das sondagens SPT, ensaio de piezocone (*CPTU*), *Vane Test* e coletas de amostras *Shelby* para as quais foram realizados ensaios de compressão edométrica e caracterização completa (Limites de Atterberg, peso específico e umidade natural). São também apresentadas neste trabalho correlações matemáticas determinadas a partir de parâmetros geotécnicos gerados por meio de ensaios laboratoriais conduzidos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Rodoanel, Argilas Aluvionares Moles, Parâmetros Geotécnicos.

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Bacia Sedimentar de São Paulo

A cidade de São Paulo está localizada sobre uma bacia sedimentar e está sobreposta a rochas pré-cambrianas constituídas de granitos, gnaisses, micaxistos, quartzitos e calcáreos. Esta bacia sedimentar possui forma elíptica, com seu eixo maior, de 60 a 70km de comprimento, estendendo-se de Este a Oeste e o seu eixo menor, de 40km, na direção Sul.

A Bacia de São Paulo do ponto de vista geomorfológico está localizada no Planalto Paulistano, compreendendo uma área de cerca de 5.000km<sup>2</sup>. Esta apresenta relevo suave, com morros e espigões relativamente baixos, com a drenagem fluindo para os Rios Tietê, Pinheiros, Tamanduateí e seus respectivos afluentes. As planícies aluviais, representadas principalmente pelas planícies de inundação dos rios Tietê e Pinheiros, constituem os terraços baixos sujeitos a inundação.

O relevo topográfico dentro da Bacia é relativamente suave, com montes de topos arredondados ou tabulares, em contraste com as montanhas circundantes, que atingem 100 a 300m acima do ponto mais elevado da cidade, que se localiza na cota 831m; o ponto mais baixo da bacia se encontra na confluência dos rios Tietê e Pinheiros, cota 718m. Acompanhando a Rua Cerro Corá, Avenida Heitor Penteado, Avenida Paulista e Avenida Jabaquara encontra-se um alongado divisor de águas que domina este espigão central de cotas variando entre 810 e 830m.

Os sedimentos continentais terciários da Bacia de São Paulo apresentam área de distribuição muito irregular, com pouco mais de 1000km<sup>2</sup>. A borda norte é retilínea, controlada pelas zonas de cisalhamento Taxaguara-Jaguari, enquanto que ao sul os contatos com o embasamento cristalino são irregulares. Os sedimentos ocorrem entre Arujá e Embu-Guaçu, em uma extensão de 75km, e entre Santana e Santo André, com cerca de 25km, respectivamente os eixos maior e menor da bacia. Ocorrem ainda ramificações para o leste, passando por Mogi das Cruzes, Biritiba Mirim e alcançando os arredores de Salesópolis e, para o

sul, até Engenheiro Marsilac. Riccomini & Coimbra (1992).

Em épocas geológicas mais recentes, os rios que cortam a bacia e seus afluentes foram responsáveis pela deposição de sedimentos de areias e argilas orgânicas moles ao longo de suas planícies de inundação, dando origem aos solos aluvionares.

Além dos solos aluvionares, podem ser encontrados na bacia sedimentar de São Paulo solos coluvionares. Estes são formados pelo deslocamento de partículas devido à ação da gravidade, fato este que causa heterogeneidade no tamanho dos grãos. Tais solos também tendem a apresentar instabilidade, sendo propensos a deslizamentos.

A área geográfica da bacia compreende terrenos dotados de rochas cristalinas do embasamento do período pré-cambriano no embasamento, sedimentos do período terciário da bacia de São Paulo, além de coberturas colúvio-aluviais do período quaternárias. As rochas do período pré-cambriano incluem ampla variedade de granitos, gnaisses, xistos, anfibólitos, milonitos e rochas metassedimentares predominantemente pelito-psamíticas e, mais localmente, pséfiticas e carbonáticas Coutinho (1980) *apud* Riccomini & Coimbra (1992).

Uma outra característica dos solos da bacia de São Paulo consiste na sua grande heterogeneidade também no que se refere ao pré-adensamento, que para sua maior parte não guarda relação com o peso de solo correspondente ao nível final de sedimentação da bacia, cota 830m. Este fato deve ser atribuído a processos de ressecamento, cimentação e lixiviação, entre outros. Somente as argilas duras cinza esverdeadas que ocorrem sempre abaixo do nível atual de drenagem, cota 715m, apresentam uma tensão de pré-adensamento que pode ser relacionada com o nível de preenchimento da bacia.

Depósitos quaternários são encontrados nas planícies fluviais junto aos rios e córregos que cortam a bacia. Ao longo dos rios Tietê, Pinheiros e Tamanduateí, o nível das planícies se situa entre as cotas 723 a 720m. Consistem em camadas irregulares de argilas orgânicas moles, pretas ou marrons e de areias finas, argilosas,

fofas. Os depósitos aluvionares do rio Tietê contém geralmente níveis de cascalhos. Massad (1980).

## 1.2 Rodoanel Mario Covas

O Rodoanel Mario Covas consiste em um empreendimento que possui como principal objetivo a melhoria do tráfego na Região Metropolitana de São Paulo.

Após sua conclusão o Rodoanel contornará a Região Metropolitana de São Paulo com distância entre 20 e 40 km do centro urbano do município. A sua extensão total será de aproximadamente 170 km, interligando os 10 grandes eixos rodoviários de acesso à metrópole.

Os trechos que deverão compor o Rodoanel Mario Covas são os seguintes:

- a) Trecho Oeste – Extensão 32km: O trecho Oeste beneficia diretamente os municípios de Taboão da Serra, Embu, Cotia, Osasco, Carapicuíba, Barueri e Santana do Parnaíba. Agiliza o transporte de cargas que vêm da região Sul do país com destino à São Paulo e do Centro-Oeste para o porto de Santos.
- b) Trecho Sul – Extensão 57km: O trecho Sul chegará até o sistema Anchieta-Imigrantes, facilitando o transporte e o escoamento de cargas para o porto de Santos e atravessando regiões de mananciais das represas Billings e Guarapiranga.
- c) Trecho Leste – Extensão 43,5km: O trecho Leste interligará as rodovias SP66, Ayrton Senna e Presidente Dutra. Beneficiará os municípios de Mauá, Ribeirão Pires, Suzano, Poá, Itaquaquecetuba e Arujá.
- d) Trecho Norte – Extensão 44km: O trecho interligará o Aeroporto Internacional de Guarulhos com a Rodovia Fernão Dias na zona Norte da capital.

## 1.3 Trecho Sul do Rodoanel Mário Covas

Como o objeto de estudo desta pesquisa situou-se no lote 5 do Trecho Sul do Rodoanel, serão apresentados a seguir alguns comentários acerca desta região.

O Trecho Sul do Rodoanel Mario Covas envolve uma construção de 61,4 km de

extensão. Seu traçado inicia-se no trevo da rodovia Régis Bittencourt – no entroncamento com o trecho Oeste – interligando as rodovias Anchieta e Imigrantes, além do prolongamento da Avenida Papa João XXIII.

A construção do trecho Sul, com 57 km de extensão e mais 4,4 km de interligação com a Av. Papa João XXIII, foi iniciada em 28 de maio de 2007 e representa investimentos da ordem de R\$ 3,6 bilhões, incluindo a construção da rodovia, desapropriações, reassentamentos e compensações ambientais. Com a conclusão do trecho Sul em abril de 2010 estima-se uma redução de cerca de 43% no movimento de caminhões na Marginal do Rio Pinheiros e de 37% na avenida dos Bandeirantes. A obra foi dividida em 5 lotes:

**Lote 01:** Localização: Municípios de São Bernardo do Campo, Santo André, Ribeirão Pires e Mauá. Extensão: 12,5 km;

**Lote 02:** Localização: Município de São Bernardo do Campo (região da Via Anchieta). Extensão: 6,9 km;

**Lote 03:** Localização: Municípios de São Bernardo do Campo (região da Rodovia dos Imigrantes) e São Paulo. Extensão: 5,8 km;

**Lote 04:** Localização: Município de São Paulo (Subprefeituras de Parelheiros e Capela do Socorro). Extensão: 17,6 km;

**Lote 05:** Localização: Municípios de Embu e Itapeverica da Serra. Extensão: 18,6 km.

Sua principal atuação será a ligação do Brasil Central ao Porto de Santos, que constituirá um importante elo econômico para a incorporação do Porto de Santos ao sistema de logística de transportes de todo o Estado de São Paulo e do Brasil.

No trecho em que o traçado acompanha a planície do rio Embu-Mirim as pistas foram divididas, objetivando a criação de dois parques, para assegurar a preservação dessas áreas. Logo após cruza a represa de Guarapiranga no seu ponto mais estreito, com uma travessia de apenas 90 metros, sem se aproximar do Parque do Embu-Guaçu, localizado mais ao sul e a 12 quilômetros da captação de água da SABESP. Passa pelo reservatório da Billings, através de duas pontes: uma no braço do Bororé e outra no corpo principal.

Para não induzir a ocupação nas zonas de

mananciais, o Trecho Sul estende-se por 38 quilômetros sem nenhum acesso às avenidas da região, passando por Itapecerica da Serra e Parelheiros, até chegar à rodovia dos Imigrantes. Após o cruzamento com a Via Anchieta, prossegue em direção a Mauá, margeando o braço do Rio Grande, funcionando como uma barreira à ocupação desordenada e previne a degradação do manancial que abastece a região do ABCD.

#### 1.4 Aspectos Geológicos Gerais Trecho Sul

Em razão da grande extensão do trecho sul do Rodoanel Mário Covas, o mesmo apresenta grande complexidade no que diz respeito geologia do local, pois ao longo de toda sua extensão a obra atravessa diversas unidades litoestratigráficas da Região Metropolitana de São Paulo: Complexo Embu, Sedimentos Aluviais do Quaternário, Sedimentos Cenozóicos do *Rift* Continental do Sudeste do Brasil e Suítes Graníticas Indiferenciadas.

Apesar de apresentar geologia variada verifica-se no lote 5 predominância da unidade correspondente aos Sedimentos Aluviais do Quaternário. Os Aluviões Quaternários são depósitos que cobrem os solos terciários, nas várzeas dos rios e córregos que cortam a bacia. Consistem de camadas irregulares de argilas orgânicas moles e de areias finas argilosas, com cores variando entre preto, cinza escuro ou amarelo, e também marrom, vermelho ou cinza-escureado, indicando diferentes constituições mineralógicas.

A sua formação ocorreu em regime fluvial, através de dois processos fisicamente próximos, mas que dão origem a solos bem diferentes, quais sejam a meandragem e a inundação.

Esses solos aluvionares, em geral, possuem espessuras médias da ordem de 1,0m a 5,0m, dependendo da localização e das características geotécnicas do bolsão de solo mole. Sobre essas camadas aluvionares, identifica-se a presença de aterros lançados provenientes de movimentos de terra antigos executados no local, elevando, desta forma, a espessura de solos inconsistentes na superfície do terreno.

Abaixo dos depósitos aluvionares observam-se os solos de alteração de rocha, formados por

areias muito siltosas pouco argilosas, de consistência média a rija, de cor cinza e amarela e cor marrom e roxo variegado até o final da avenida.

#### 1.5 Objetivo do Trabalho

Este trabalho possui por objetivo apresentar e discutir os resultados de investigações geotécnicas realizadas em estações de ensaios localizadas no lote 5 do Trecho Sul do Rodoanel Mário Covas, de forma a contribuir com o meio técnico na ampliação do conhecimento acerca do comportamento dos depósitos aluvionares moles lá existentes, bem como fornecer parâmetros para fins de projeto preliminar.

## 2 ESTAÇÕES DE ENSAIO

As cinco estações de ensaios utilizadas foram estabelecidas com base na geologia local e distribuídas em diferentes locais ao longo de todo o trecho nos quais se verificou a existência de argilas orgânicas muito moles aluvionares.

O local onde foram executados os ensaios situa-se entre a Rodovia Régis Bittencourt (final do trecho Oeste do Rodoanel) e a estrada Sadamu Inoue (antiga estrada de Parelheiros) pertencente à planície fluvial do Rio Embú-Mirim.

Foram realizados, além das sondagens SPT (ABNT:NBR 6484/2001), ensaio de piezocone (ABNT:NBR 12069/1991), *Vane Test* (ABNT: NBR3122/1989) e coletas de amostras *Shelby* para as quais foram realizados ensaios de compressão edométrica e caracterização completa (Limites de Atterberg, peso específico e umidade natural)

## 3 PARÂMETROS GEOTECNICOS OBTIDOS

### 3.1 Ensaio laboratoriais

A seguir são apresentados parâmetros geotécnicos obtidos por meio dos ensaios laboratoriais conduzidos utilizando-se amostras *Shelby* coletadas nas estações em estudo. Para a obtenção dos parâmetros a seguir foram conduzidos os seguintes ensaios laboratoriais:

Limite de Liquidez (ABNT: NBR6459/1984), Limite de Plasticidade (ABNT:NBR 7180/1984) e compressão edométrica.

Tabela 7. Parâmetros de simples caracterização geotécnica.

Sond.	Prof. (m)	LL (%)	IP (%)	h (%)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )
SH512	4,8-5,4	53,6	26,1	60,2	16,2
SH512	7,0-7,5	55	24,6	58,5	16,5
SH512	10-10,5	64,3	34	66,7	15,8
SH557	2,3-3,0	127,8	68,9	111,1	13,9
SH557	4,5-5,0	63,1	32,7	89,6	14,5
SH569	3,0-3,5	73,5	38,5	50,6	16,6
SH569	6,0-6,5	92,3	51,7	77,1	15,1
SH589	2,0-2,5	61,3	29,4	92,6	14,3
SH589	5,0-5,5	66,1	32,9	57,8	15,8
SH635	4,0-4,5	75,8	30,7	90,4	14,5
SH635	6,0-6,5	40,2	19,1	32,4	18,6

Tabela 8. Parâmetros de compressibilidade obtidos por ensaios de compressão edométrica.

Sond.	Prof. (m)	$\sigma'_a$ (kPa)	Cc/(1+eo)	Cv (x10 <sup>-4</sup> cm <sup>2</sup> /s)
SH512	4,8-5,4	66	0,5	93,01
SH512	7,0-7,5	78	0,63	85,83
SH512	10-10,5	89	0,65	92,79
SH557	2,3-3,0	66	0,98	2,85
SH557	4,5-5,0	26	0,64	4,57
SH569	3,0-3,5	78	0,4	8,12
SH569	6,0-6,5	50	1,05	3,11
SH589	2,0-2,5	35	0,76	1,45
SH589	5,0-5,5	57	0,73	5,03
SH635	4,0-4,5	63	0,58	2,21
SH635	6,0-6,5	36	0,27	3,78

A Figura 1 apresenta uma correlação matemática obtida entre o Índice de Plasticidade e o Limite de Liquidez obtida por meio dos parâmetros determinados.

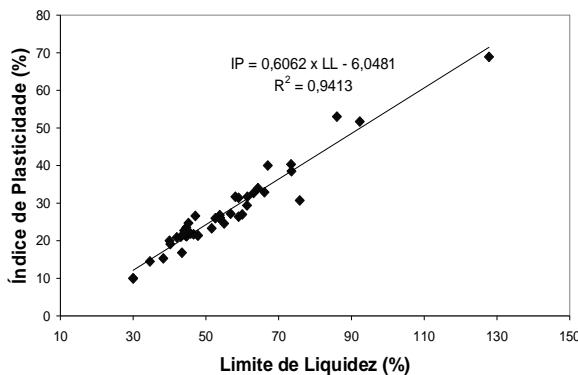


Figura 1. Correlação entre os valores de Índice de Plasticidade e Limite de Liquidez obtidos.

Observando-se a Figura 1 apresentada pode-se notar que a correlação matemática entre os valores de Índice de Plasticidade e Limite de Liquidez obtidos nos ensaios laboratoriais apresentou valor de  $R^2$  equivalente 0,94. A Figura 2 a seguir apresenta uma correlação matemática obtida entre e os valores de Coeficiente de Compressibilidade e Limite de Liquidez determinados. É apresentada também na mesma figura a correlação proposta por Terzaghi & Peck (1978).

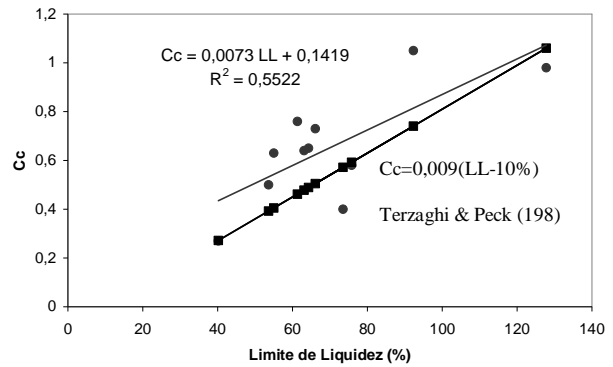


Figura 2. Correlação entre os valores de Índice de Plasticidade e Limite de Liquidez obtidos.

A correlação obtida entre os pontos de  $C_c$  e LL determinados por meio dos ensaios laboratoriais apresentou valor de  $R^2$  equivalente 0,55. Nota-se também que os pontos obtidos situaram-se acima da reta representativa da correlação proposta por Terzaghi e Peck (1948).

A Figura 3 apresenta correlação matemática obtida entre os valores de Tensão de Pré-Adensamento ( $\sigma'_a$ ) e Índice de Plasticidade (IP) obtidos para o local.

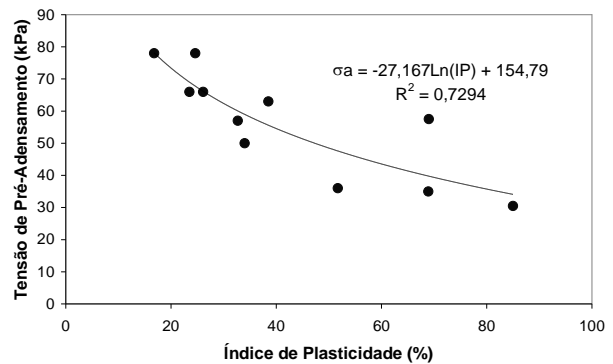


Figura 3. Tensão de pré-adensamento em função do Índice de Plasticidade.

De acordo com a Figura 3 percebe-se que a Tensão de Pré-Adensamento e o Índice de Plasticidade obtidos para o local podem ser correlacionados por meio de uma equação logarítmica. O valor  $R^2$  foi de 0,73 aproximadamente, o que indica baixa dispersão dos parâmetros obtidos. A Figura 4 apresenta a localização dos valores de IP e LL obtidos nas estações de ensaio na Carta de Plasticidade de Casagrande.

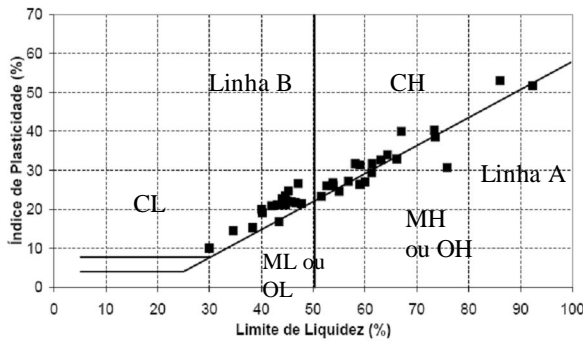


Figura 4. Localização dos valores de IP e LL obtidos nas estações de ensaio na Carta de Plasticidade de Casagrande.

A Figura 5 a seguir apresenta a variação dos valores de  $Cc/(1+e_0)$  versus umidade natural obtidos nas estações de ensaio e posteriormente plotados no gráfico apresentado em Lambe & Whitman (1979).

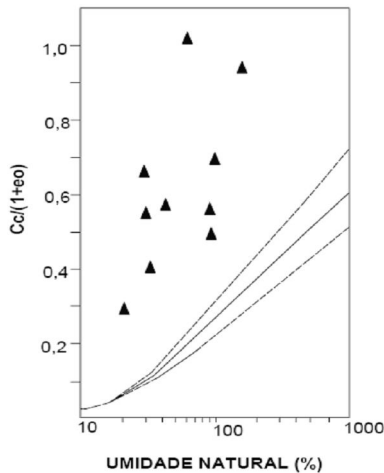


Figura 5. Variação de  $Cc/(1+e_0)$  obtidos por meio das estações de ensaio versus umidade natural.

### 3.2 Ensaios de campo

Na figura a seguir é apresentada a faixa de

variação dos valores de Razão de Sobre-Adensamento obtidos por meio de ensaios de CPTU. Para tal, foi utilizada a correlação matemática (1) apresentada em Schnaid (2000) proposta por Chen & Maine (1996). Esta é baseada em mais de 1200 resultados de piezocone sendo aplicada na determinação da tensão de pré-adensamento, ou diretamente da razão de sobre-adensamento OCR.

$$OCR = 0,305 \left( \frac{qt - \sigma'_{vo}}{\sigma'_{vo}} \right) \quad (1)$$

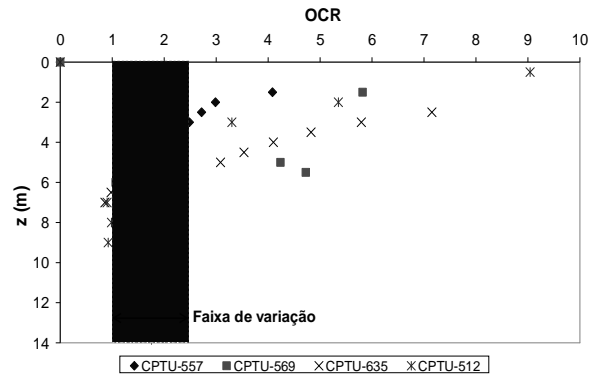


Figura 6. Valores de Razão de Sobre-Adensamento (OCR) obtidos por meio de ensaios de CPTU.

Observando-se a Figura 6 pode-se notar que a Razão de Sobre-Adensamento obtida por meio de ensaios de CPTU situaram-se em uma faixa compreendida entre 1 e 2,5. A Figura 7 apresenta valores de resistência não drenada indeformada ( $SU_{ind}$ ) obtidas por meio de ensaios de palheta (Vane Test).

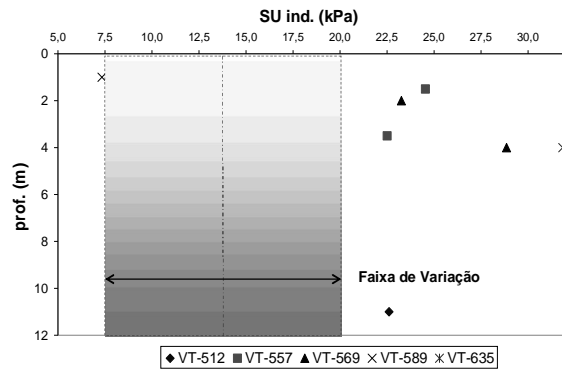


Figura 7. Valores de Resistência Não-Drenada no estado indeformado obtidos por meio de ensaios de palheta.

De acordo com a Figura 7 pode-se notar que os valores de resistência não drenada obtidos situam-se em um intervalo compreendido entre

7,5 e 20kPa com valor médio de 13,8kPa.

Na Figura 8 são apresentados os valores de SU obtidos por meio de ensaios de palheta para condição amolgada ( $SU_{amolg}$ ).

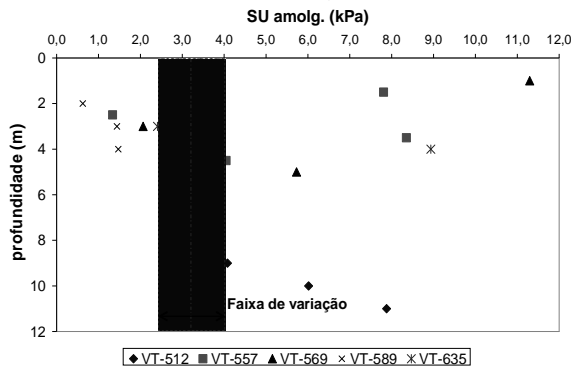


Figura 8. Valores de Resistência Não-Drenada no estado amolgado obtidos por meio de ensaios de palheta.

Observando a Figura 8 pode-se notar que os valores de resistência não drenada obtidos situam-se em um intervalo compreendido entre 2,5 e 4,0kPa com valor médio de 5,25kPa.

Tendo como base os valores de  $SU_{ind}$  e  $SU_{amolg}$  apresentados nas Figuras 7 e 8 respectivamente pôde-se calcular os valores referentes a Sensibilidade do solo prospectado no local das estações, tal qual se observa na Figura 9 seguinte.

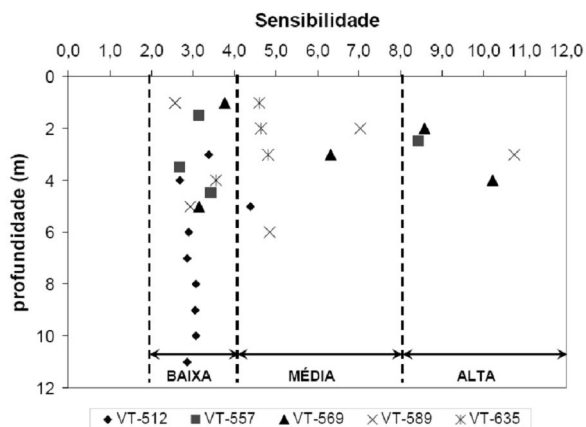


Figura 9. Variação dos valores de Sensibilidade obtidos por meio de ensaios de palheta.

De acordo com o gráfico apresentado na Figura 9 pode-se classificar a argila estudada como sendo de baixa a média sensibilidade, uma vez que a maioria dos valores de S variaram entre 2,5 e 4, e poucos valores de S superaram o valor 8.

#### 4 CONCLUSÃO

A seguir na Tabela 9 é apresentado um resumo dos parâmetros obtidos por esta pesquisa por meio dos ensaios de campo e laboratório conduzidos nas estações de ensaios estudadas.

Tabela 9. Resumo dos parâmetros obtidos nestas pesquisa

Parâm.	Unid.	Valor Médio	Faixa de Variação	% de variação
$\gamma$	kN/m <sup>3</sup>	15,5	14,5 a 16,5	13,8
LL	%	62,5	50 a 70	40
LP	%	30	25 a 35	40
IP	%	35	30 a 40	33,3
$\sigma'_a$	kPa	65	50 a 80	60
Cc/(1+eo)	----	0,65	0,5 a 0,8	60
OCR	----	1,75	1 a 2,5	150
$SU_{ind}$	kPa	13,7	10 a 17,5	75
$SU_{amolg}$	kPa	3,25	2,5 a 4	60
S	----	3,25	2,5 a 4	60

Ressalta-se que os valores apresentados na Tabela 9 ficaram situados entre parâmetros outrora já publicados por diversos autores. O Quadro 1 apresenta os autores os quais os parâmetros obtidos mais se aproximaram.

Quadro 1. Comparação entre os valores obtidos e os consultados na bibliografia estudada.

Param.	Variação Obtida	Valor Consultado	Referência
LL (%)	50 a 70	30 a 105	Massad <i>et al</i> (1992)
		30 a 120	Penna (1978)
IP (%)	30 a 40	84 a 96	Araújo (1995)
		40 a 80	Soares (1997)
$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	14,5 a 16,5	13 a 18	Massad <i>et al</i> (1992)
		12	Araújo (1995)
		16	Teixeira (1994)
		13,5 a 16,3	Soares (1997)
Cc/(1+eo)	0,5 a 0,8	0,4 a 1,2	Teixeira (1994)
$\sigma'_a$ (kPa)	50 a 80	40 a 350	Massad <i>et al</i> (1992)
		26 a 35	Araújo (1995)

Deve-se salientar que os parâmetros

apresentados são meramente orientativos, devendo estes ser confirmados por meio de realização de campanha de investigação geotécnica nos trechos de interesse.

Entretanto, caso haja em primeira análise, a adoção de quaisquer dos parâmetros relacionados na Tabela 9, ou de qualquer correlação matemática apresentada, deverá ser efetuada uma análise considerando-se a variação observada entre os valores máximos e mínimos obtidos, a fim de se escolher os fatores de segurança mais adequados a serem utilizados, bem como a magnitude dos parâmetros adotados

## 5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem as seguintes entidades pela colaboração nesta pesquisa: Moretti Engenharia Consultiva/SP e Empresa de Desenvolvimento Rodoviário de São Paulo S.A (DERSA).

## 6 REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR-6459/1984. Solo-Determinação do Limite de Liquidez*. Rio de Janeiro, 1984. 6p.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR-7180/1984. Solo- Determinação do Limite de Plasticidade*. Rio de Janeiro, 1984. 3p.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR-6484/2001. Solo- Sondagem de Simples Reconhecimento com SPT-Método de Ensaio.*. Rio de Janeiro, 2001. 17p.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR-12069/1991. Solo- Ensaio de penetração cone in situ (CPT)*. Rio de Janeiro, 1991. 11p.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR-3122/1989. Solo- Ensaio de palheta in situ – método de ensaio*. Rio de Janeiro, 1989. 11p.
- Araújo, J.P. (1995). *Comportamento normalizado e a resistência não drenada de argila aluvial do alto Tietê*. 100p. Dissertação (Mestrado em Geotecnia). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1995.
- Lambe, T.W., Whitman, R.V., (1979). *Soil Mechanics*. SI Version. John Wiley and Sons, New York, 553p.
- Massad, F.; Sousa Pinto, C., Nader, J.J. (1992). *Solos da cidade de São Paulo: Resistência e Deformabilidade*. Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica-Núcleo Regional São Paulo.. p.141 a 179.
- Massad, F. (1980). *Mesa Redonda: Aspectos Geológicos e Geotécnicos da Bacia Sedimentar de São Paulo: Associação Brasileira de Geologia*. p 53 a 95.
- Penna, A.S.D. (1978). Comportamento de solos argilosos da cidade de São Paulo. In: Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, 7. Rio de Janeiro. Anais...Rio de Janeiro: ABMS. p.261-274.
- Riccomini, C.& Coimbra, A.M.(1992). *Solos da cidade de São Paulo: Geologia da Bacia Sedimentar*. Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica-Núcleo Regional São Paulo. p.37-94.
- Schnaid, F. (2000). *Ensaio de campo e suas aplicações à engenharia de fundações*: Ed. Oficina de Textos. São Paulo.188p.
- Soares, J. M. D. (1997). *Estudo do comportamento geotécnico do depósito de argila mole da grande Porto Alegre*. 332p. Tese (Doutorado em Geotecnia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul., 1997.
- Terzaghi, K; Peck, R.B. (1948). *Soil Mechanics in Engineering Practice*. Ed John Wiley and Sons. New York.
- Teixeira, A.H. (1994). Fundações rasas na Baixada Santista. Solos do Litoral de São Paulo. ABMS/NRSP, p 137-154.