

Estabilização de Solo Mole por Mistura de Cimento em Área da Barra da Tijuca, RJ – Estudo de Caso

Hugo Ferreira França

Geoconsult Consultoria de Solos e Fundações, Vitória/ES, Brasil, hugo@geoconsult.com.br

Uberescilas Fernandes Polido

Geoconsult Consultoria de Solos e Fundações, Vitória/ES, Brasil, uberescilas@geoconsult.com.br

Tayro Zonta Nascimento

Geoconsult Consultoria de Solos e Fundações, Vitória/ES, Brasil, tayro@geoconsult.com.br

Silvia G. F. Polido Lemos

Geoconsult Consultoria de Solos e Fundações, Vitória/ES, Brasil, silvia.polido@geoconsult.com.br

RESUMO: A execução de aterros para a urbanização de uma área localizada na Barra da Tijuca, com camadas de solos muito moles de até 9 m de espessura, apresentou desafios como a execução de arruamentos nas proximidades de uma edificação já executada. Para assegurar a estabilidade das fundações de divisa, optou-se pelo tratamento do solo mole superficial por meio da técnica de estabilização de massa com mistura mecânica de cimento. A área total de tratamento era composta por aproximadamente 4.000 m², com um volume tratado de cerca de 20.000 m³. Eram previstos aterros de até 3,0 m de altura, com uma sobrecarga adicional de 1,5 m. A solução consistiu na adição do cimento em pó ao solo mole pelo revolvimento mecânico do material submerso, mas ao longo da execução foram observados indícios que apontavam para uma mistura de solo muito heterogênea, com grumos ou blocos com grande concentração de cimento junto ao solo mole, amolgado, visualmente sem aglomerante. Para a avaliação do procedimento executivo da obra e da mistura final, foram realizados ensaios em diferentes estágios ao longo do período de execução da obra, possibilitando adequar a técnica ao solo local e reduzir a heterogeneidade da mistura final, mas que ainda assim se apresentava muito heterogênea. O resultado final foi avaliado com a execução de ensaios diversos, tanto de campo (SPT, CPT, CPTu, Poços de Inspeção) como de laboratório (Ensaio de caracterização, compressão simples e palheta) e pelo monitoramento do aterro por placas de recalque, o que permitiu o acompanhamento das deformações até praticamente a sua estabilização completa. Independente da heterogeneidade observada, os resultados do monitoramento foram considerados satisfatórios, chegando a superar as previsões de projeto no que tange a magnitude e ao período de estabilização dos recalques.

PALAVRAS-CHAVE: Solo-Mole, Mistura Solo Cimento, Dry-Mix, Aterros, Estabilização de Massa

1 INTRODUÇÃO

Em uma gleba de grande extensão com espessas camadas de solos moles, localizada no Centro Metropolitano na Barra da Tijuca, Rio de Janeiro, eram previstos aterros de até 3,0 m de altura nas proximidades de uma edificação estaqueada. Como forma de garantir a estabilidade da linha de estacas já executadas, foi

adotada como solução para a faixa de terreno de divisa a técnica de tratamento do solo mole por meio de estabilização de massa pela mistura mecânica de aglomerantes em pó ao solo mole local.

Por opção do empreendedor, a área a ser tratada se estendeu além da interface com a edificação para toda a faixa do arruamento, perfazendo uma área total de tratamento de

aproximadamente 4.000 m² e volume tratado de cerca de 20.000 m³.

A tecnologia, denominada em inglês “Mass Stabilization” ou “Dry Shallow Mixing”, é relativamente nova, com os primeiros registros de sua utilização datando dos anos 90, quando foi desenvolvida como um método adequado e economicamente viável para a estabilização de turfás ou solos orgânicos muito moles, e que se tornou muito difundida nos países nórdicos (Massarsch e Topolnicki, 2005). No Brasil, a técnica vem sendo utilizada a cerca de 10 anos, como uma alternativa à troca de solo de fundação (Andrade et al., 2010b), com a denominação comercial de “Sistema STABTEC®”.

O processo executivo consiste na mistura mecânica de um aglomerante em pó em solos muito moles submersos. Os equipamentos disponíveis no Brasil possuem a limitação de profundidade máxima de 6,0 m. Sobre o material recém tratado, é indicada a execução imediata de um aterro de conquista/confinamento de forma a possibilitar o avanço do equipamento de execução sobre o material tratado (Andrade et al., 2010b). A técnica possui a grande vantagem de geração mínima de resíduos, reduzindo consideravelmente o volume de transporte de materiais e a necessidade de um “bota-fora”, em especial quando comparado à técnicas usuais como substituição de solos moles. A técnica apresenta alta produtividade (em torno de 200 a 300 m³/jornada de trabalho), tornando a solução atraente sob diferentes perspectivas, apesar de ainda apresentar custos comparativamente elevados. Os aglomerantes utilizados correspondem a parcela significativa do custo total (Sha'abani e Kalantari, 2012), sendo usual a utilização de materiais alternativos, como escória de alto forno, cinzas volantes ou gesso em uma mistura de dois ou mais destes componentes aos aglomerantes típicos cimento portland ou cal. Dosagens usuais variam da ordem de 100 a 250 kg/m³.

A escolha da solução compreendeu a realização de ensaios preliminares de caracterização do solo mole local e de resistência com diferentes dosagens. Para a avaliação do executado foram realizados ensaios adicionais *in situ* e de laboratório que compreenderam sondagens do tipo SPT, escavação de poços de investigação com análise tátil-visual do

material, execução de ensaios de Cone (CPT) e de Piezocone (CPTu), ensaios de Penetrômetro Dinâmico Manual (PDM), retirada de blocos de amostras indeformadas, ensaios de laboratório de Caracterização (umidade, limites de liquidez e plasticidade, granulometria e teor de matéria orgânica), de Compressão Simples e de Palheta. O aterro foi ainda monitorado com placas de recalque, permitindo o acompanhamento das deformações verticais.

2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A área tratada totalizava cerca de 4.000 m² e era composta por um perfil de solo muito heterogêneo, com a presença de camadas de solos moles a extremamente moles com espessuras variando entre 2,0 e 9,0 m. A cota do terreno natural variava entre +1,00 a +2,50 m ao longo do trecho a ser tratado, sendo encontrado um aterro de conquista extremamente variável, heterogêneo tanto em sua espessura, com variação de zero a mais de 2,0 m, como em sua composição, em trechos específicos composto por entulho de obra e/ou rachão. Devido a limitações técnicas e executivas, o aterro teve que ser totalmente removido para a realização do tratamento. Ao início do tratamento o terreno havia sido nivelado na cota +1,00 ± 0,25m.

A área a ser tratada estava localizada entre dois aterros antigos já consolidados, que delimitavam o trecho a ser tratado e funcionavam como “diques” em todo o seu entorno. No início das obras, devido a um período prolongado de chuvas, o nível d'água (NA) local se encontrava empoleirado, em uma cota aproximada de +1,90 ± 0,10 m, portanto acima da cota do terreno natural em trechos específicos. Para o início do tratamento parte desta água foi bombeada e o NA local rebaixado para a cota +1,00 m.

O perfil do terreno era predominantemente composto por 3 (três) camadas de solos moles distintos, compreendendo em uma camada superficial de material turfoso, originalmente superficial até uma profundidade máxima de 3,0 m. Este material se encontrava sobrejacente a uma camada de argila orgânica de transição, com espessura entre 2,0 e 4,0 m, que por sua vez era seguida por uma camada final de argila marinha,

com muitas conchas. Abaixo das camadas de solo mole eram encontradas camadas arenosas, com o impenetrável a percussão variando entre 9 e 20 m de profundidade. A resistência ao cisalhamento não drenada das camadas de solos moles variava entre 4 e 12 kPa, conforme resultados de ensaios realizados em solos de características similares, em diferentes áreas da gleba.

Na Figura 1 é apresentado um perfil típico da região, com base em duas diferentes sondagens realizadas anteriormente ao início do tratamento, enquanto que na Tabela 1 podem ser observadas as características detalhadas dos solos moles da região, com em ensaios realizados na área, e corroborado por Baroni (2010).

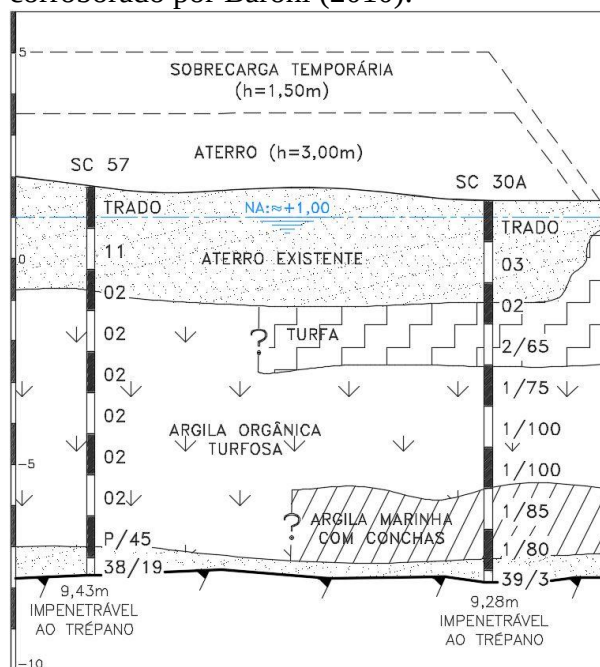


Figura 1: Perfil típico do terreno original.

Tabela 1: Parâmetros estimados para solos moles da região do Centro metropolitano, Barra da Tijuca/RJ.

Tipo de Material	Prof. (m)	γ_{nat} (kN/m ³)	W _n (%)	W _L (%)	W _P (%)	e	Su (kPa)	MO (%)
Turfa, Cor Preta	0,0 a 3,0	10,5	310 a 780	150 a 650	60 a 370	6,0 a 14,0	3,0	≥ 50,0
Argila Orgânica, Cor Marrom	1,0 a 5,0	10,5 a 11,5	180 a 400	110 a 360	30 a 150	3,0 a 9,0	4,0 a 6,0	≤ 25,0

Tipo de Material	Prof. (m)	γ_{nat} (kN/m ³)	W _n (%)	W _L (%)	W _P (%)	e	Su (kPa)	MO (%)
Argila Marinha, Cor Cinza	2,0 a 9,0	12	80 a 200	60 a 220	40 a 120	2,0 a 5,5	8,0 a 12,0	5 a 10

3 ATERRO E SOLUÇÃO GEOTÉCNICA

O projeto de urbanização da área consistia na execução de aterros de altura de até 3,0 m. Devido ao perfil geotécnico complexo e a presença de estacas de divisa de um empreendimento vizinho, a solução geotécnica apresentada pela consultoria e aceita pelo empreendedor consistiu na utilização da mistura de cimento a seco para a estabilização do terreno.

Para avaliar a viabilidade da mistura de cimento ao solo muito mole, ensaios preliminares foram realizados pela empresa executora. Estes ensaios compreendiam a caracterização do solo (análise granulométrica, massa específica real dos grãos, limites de liquidez e plasticidade, umidade e massa específica da amostra) e 27 (vinte e sete) ensaios de compressão simples em misturas de solo/cimento em laboratório de dosagens variáveis. Foram realizados ainda “ensaios de lata”, que consistiam na mistura manual do solo natural em uma “lata” com uma quantidade pré-determinada de cimento, de forma a avaliar a eficácia de sua reação com o solo mole. Na Tabela 2 são apresentados os principais resultados obtidos nos ensaios de caracterização.

Tabela 2: Parâmetros obtidos com o solo coletado pelo Executor.

Tipo de Material	γ_n (kN/m ³)	W _n (%)	W _L (%)	W _P (%)	e
Turfa	10,52	431,8	514,5	372,8	7,87
Argila orgânica	10,72	383,3	609	309,4	8,47
Argila marinha	13,11	152,5	207,2	75,1	3,86
	13,2	169,7	53,1	116,6	3,23

Devido ao curto prazo para análises prévias e avaliação de dosagens com aglomerantes alternativos, foram realizados unicamente ensaios utilizando cimento portland de alta resistência inicial (ARI) com dosagem de 80 e 100 kg/m³. As misturas de laboratório foram

ensaidas a 3 e 14 dias. Na Tabela 3 são apresentados os resultados obtidos nos ensaios de compressão simples realizados pelo executor. Além das misturas realizadas em laboratório foi também ensaiado o material obtido nos “ensaios de lata”.

Tabela 3: Resultados de Misturas de Laboratório

Amostra	Tipo de Material	Dosagem Cimento (kg/m ³)	Idade (dias)	Su (kPa)
1	Turfa	80	3	14
			14	34
		100	3	24
			14	39
2	Argila Mole	80	3	57
			14	66
		100	3	67
			14	81
3	Argila Marinha	80	3	120
			14	159
		100	3	314
			14	420
“Lata”	Argila Marinha	80	15	202
		100	15	319
		150	15	646

Por decisão de projeto, para a execução da obra foi adotado um consumo mínimo de 150 kg/m³ de cimento portland de alta resistência inicial (ARI) para o tratamento do solo mole local.

A metodologia executiva iniciada na obra consistiu na subdivisão da área total de tratamento em “células” menores, que eram então revolvidas mecanicamente pelo equipamento de mistura. A quebra do material a ser tratado era realizada simultaneamente à injeção de cimento em pó, na concentração pré estabelecida. Finalizada a mistura era colocado imediatamente um geotextil tecido e cerca de 1,0 m de aterro arenoso para o pré-carregamento da massa de solo tratada. Como haviam limitações para profundidade máxima de tratamento, em 6,0 m, ocorreriam trechos específicos onde camadas de solo mole natural permaneceriam sob o solo tratado. Além do aterro de projeto eram previstas sobrecargas temporárias variáveis, de até 1,5 m de altura para aceleração de recalques.

Na Figura 2 é apresentando o equipamento de execução, em um trecho próximo à divisa com a edificação estacada, com o aterro de confinamento já executado.

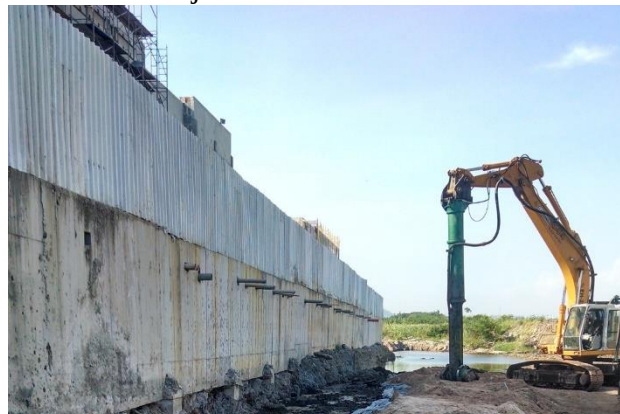


Figura 2: Foto do Equipamento de execução, em trecho tratado com o aterro de pré-carregamento já executado

Nesta primeira etapa da obra, foi realizada a escavação de diversos poços de visita para avaliação do solo tratado, até uma profundidade máxima da ordem de 3,0 m. A avaliação tátil-visual do solo escavado indicou uma mistura muito heterogênea, com a presença de blocos de cimento de dimensão considerável (Figura 3), lado a lado a solo mole amolgado ou blocos de material orgânico sem a presença de cimento (Figura 4).



Figura 3: Bloco com grande concentração de cimento obtido em escavação de poço de visita.



Figura 4: Blocos de materiais orgânicos sem a presença de cimento.

Devido a grande heterogeneidade observada, o processo executivo foi gradualmente alterado e ajustado às condições geotécnicas locais, com a adaptação de um ciclo inicial completo de revolvimento do material mole com a injeção unicamente de ar comprimido. Um novo ciclo de mistura, era então iniciado com a injeção de cimento em pó durante os movimentos ascendentes, para após a finalização da injeção na dosagem estabelecida em projeto ser iniciada uma etapa de revolvimento final, de forma a se obter uma mistura solo-cimento mais homogênea, em concordância com recomendações de Massarsch e Topolnick (2005) e EuroSoilStabil (2002).

4 INVESTIGAÇÃO REALIZADA PARA AVALIAÇÃO DO EXECUTADO

Para a avaliação do tratamento, foi indicada a realização de uma bateria de ensaios in situ, em uma tentativa de avaliar o executado e quantificar a heterogeneidade observada nos poços de visita iniciais.

4.1 Poços de Visita

Foram escavados poços de visita em posições específicas ao longo da área tratada. Conforme já relatado, os primeiros poços escavados apresentaram um material predominantemente não tratado e de baixa resistência, sendo observados aleatoriamente grumos com grande concentração de cimento. Com a modificação do procedimento executivo o material ainda permanecia visualmente heterogêneo, apesar de ser observada uma redução na quantidade de grumos de cimento encontrados.

Adicionalmente, foi observada uma tendência a uma pior “qualidade” do solo tratado nas proximidades de interfaces entre células, com material visualmente de pior resistência, caracterizando uma possível deficiência executiva. Novo ajuste no procedimento executivo, desta vez relacionado à ordem de revolvimento/ injeção de cimento em cada célula, minimizou os problemas observados.

4.2 Penetrômetros Dinâmicos Manuais (PDM)

Foi realizada uma bateria de ensaios com PDM (penetrômetro dinâmico manual), composto por

uma haste de 22,2 mm de diâmetro, de ponta cônica, cravada por meio de golpes de um peso de 10 kg, caindo de uma altura de 23 cm, conforme modelo apresentado por Polido e Castelo (1997).

Foram executados cerca de 170 ensaios, que apontaram para uma grande heterogeneidade no solo tratado, com aproximadamente 40% dos ensaios apresentando resultados baixos, considerados insatisfatórios. Estes resultados apontam para um tratamento heterogêneo e deficiente do solo, entretanto sua grande maioria (~70%) ocorreu em interfaces de células localizadas na primeira metade do trecho tratado, executadas enquanto o processo executivo ainda não havia sido devidamente discutido e ajustado.

4.2.1 Sondagens tipo SPT

Foram executadas 07 (sete) sondagens à percussão do tipo SPT. As sondagens foram executadas por penetração contínua, com a execução de dois ensaios de SPT por metro de perfuração, de forma a se obter um perfil da variação do solo de forma mais rigorosa. Na Figura 5 são apresentados os resultados de algumas sondagens executadas. A idade das células testadas variavam entre 35 a 80 dias.

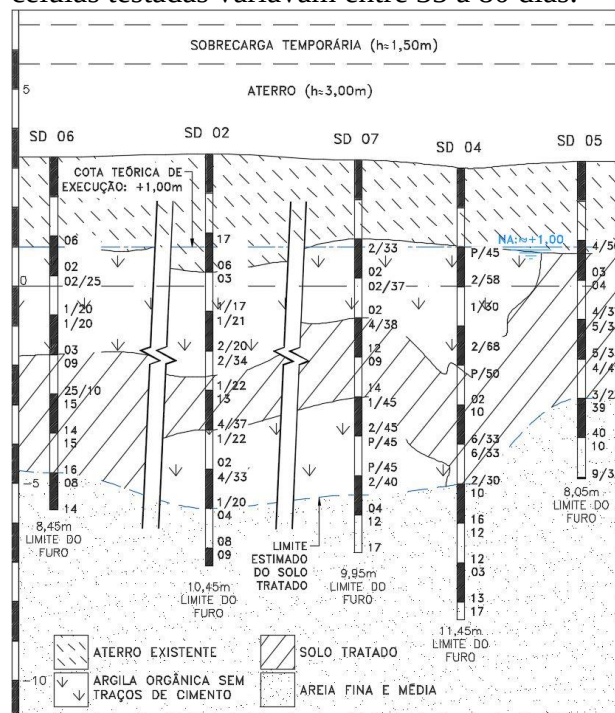


Figura 5: Perfil do solo tratado, com base em sondagens tipo SPT.

Para a análise dos resultados destas sondagens, foram estabelecidos como

insatisfatórios resultados de N_{spt} inferiores a 2, ou seja, que seriam similares ou inferiores ao solo original. Com base neste critério, 06 (seis) das sondagens executadas apresentaram ao menos uma faixa com resultados insatisfatórios, e somente uma das sondagens realizadas apresentou resultados plenamente satisfatórios, superiores a 4 golpes ao longo de todo o perfil sondado.

Dos 68 ensaios pontuais do tipo SPT realizados nesta campanha de sondagens, cerca de 60% apresentaram resultados insatisfatórios, inferiores a 2 golpes. Os 40% restantes, (com N_{spt} maior ou igual a 3 golpes) apresentaram resultado médio de N_{spt} de 9 golpes, podendo ser apontado considerável aumento de resistência devido ao tratamento.

4.3 Ensaios de Cone

Foram executados 03 ensaios de cone na área de tratamento, o primeiro deles, realizado com medida de poro-pressão (CPTu01), foi realizado em solo natural, em uma área ainda não tratada.

Adicionalmente, foram executados 02 (dois) outros ensaios de cone elétrico (CPT02 e CPT03), sem medida de poro-pressão, em células já tratadas, com idade de aproximadamente 15 dias.

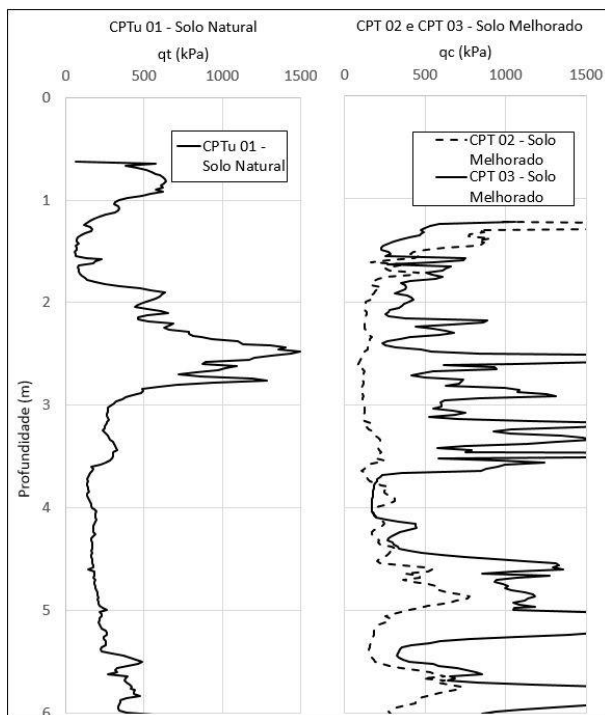


Figura 6: Resultados dos ensaios de CPTu 01, realizado no solo natural, e CPT 02 e 03, realizados no solo melhorado, pós tratamento.

Apesar de apresentar um perfil de solo diferente da área das células tratadas, o resultado de q_t atingido pelo CPTu01 serve para indicar o comportamento do solo natural "virgem". Com esta base para comparação, os valores de q_c obtidos para o CPT02 não indicaram aumentos de resistência significativos em uma comparação direta com os resultados do CPTu01.

O CPT03 por sua vez, indica um aumento nos valores de q_c para as camadas superficiais, apresentando entretanto grande dispersão nos resultados com uma faixa de cerca de 1,0 m de espessura a 4,0 de profundidade onde não são observados ganhos consideráveis de resistência. Ambos os ensaios de CPT estavam localizados em trechos centrais de células e distavam um do outro em cerca de 3,0 m.

4.4 Coleta de Blocos Indeformados e Ensaios de Laboratório

Foi realizada ainda a retirada de 3 blocos de amostras indeformadas no interior de células tratadas, em profundidades da ordem de 2,0 a 3,0m, em trechos que visualmente apresentavam tratamento satisfatório.

Em laboratório foram realizados 06 (seis) ensaios de compressão simples em amostras obtidas nos blocos B01 e B03. Foram ainda realizados 3 ensaios de palheta de laboratório na amostra do bloco B03. Na Tabela 4 são apresentados os resultados obtidos nestes ensaios de laboratório.

Tabela 4: Resultados obtidos para o material tratado.

Ident.	γ_n (kN/m ³)	W _n (%)	W _L (%)	W _P (%)	e	Su (kPa)
B01.CS01	12,4	136,0	158,0	64,0	4,13	25,5
B01.CS02	13,4	145,0	160,0	65,0	3,92	28,5
B01.CS03	-	-	154,0	62,0	-	19,6
B03.CS01	13,4	89,0	97,0	47,0	2,81	34,7
B03.CS02	13,4	92,0	101,0	55,0	2,89	36,2
B03.CS03	14,3	90,0	102,0	51,0	2,59	23,1
B03.VL01	-	138,0	97,0	47,0	-	53,8

Os valores obtidos para o peso específico das amostras não corresponderiam aos das camadas superficiais localizadas na profundidade em que os blocos foram retirados, se aproximando mais

de uma média entre os três diferentes horizontes de solo mole, indicando algum grau de mistura entre eles devido ao processo executivo utilizado.

Em relação à resistência não drenada, os valores obtidos apresentaram variação elevada quando comparados os dois tipos de ensaios realizados (compressão simples e palheta). Mesmo para o caso dos corpos de prova ensaiados à compressão simples, os valores apresentaram dispersão elevada, entre 19,60 e 36,20 kPa, com uma variação em relação à média entre -20% e +50%. Caso sejam comparados os resultados dos diferentes ensaios são observadas variações máximas da ordem de duas vezes. Os blocos ensaiados possuíam idades entre 24 e 40 dias.

5 CONTROLE DE RECALQUES

Após o lançamento da camada de aterro de pré-carregamento com aproximadamente 1,0 m de espessura, foram instaladas placas de recalques, para acompanhamento das deformações verticais devido ao aterro e sobrecarga, executado em três etapas. Na Figura 7 são apresentadas as deformações medidas em 06 (seis) das placas de recalque instaladas na região tratada. Neste mesmo gráfico pode ser observada a gradual elevação dos aterros.

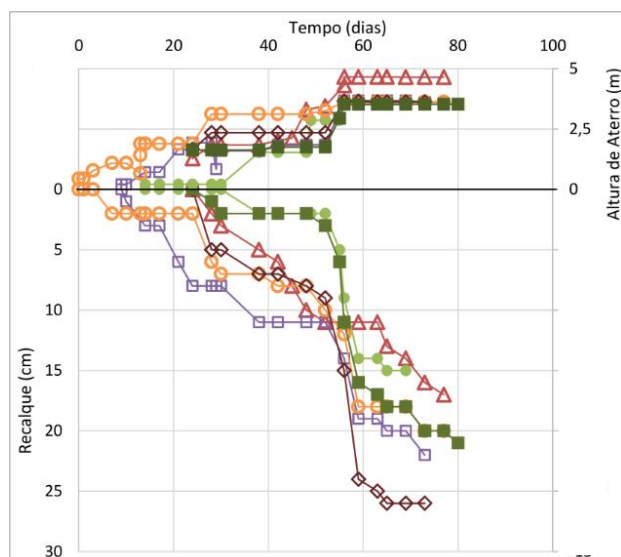


Figura 7: Leituras do conjunto placas de recalque instaladas na área de tratamento, em comparação à elevação do aterro na área.

O o recalque máximo medido, da ordem de 30cm para uma altura máxima de aterro da ordem de 4,5 m, é significativamente inferior ao esperado, da ordem de 1,50 m. Os recalques mais significativos medidos ocorriam logo após o alteamento de cada etapa do aterro, se estabilizando em um prazo relativamente curto.

Nascimento (2016) relata que recalques significativos foram observados em amostras de laboratório com o pré carregamento de amostras estabilizadas com a mistura de cimento portland (relatando deformações de aproximadamente 20% da dimensão total das amostras). Como a instalação das placas de recalque ocorreu após a execução do aterro de pré-carregamento e em geral alguns dias após sua estabilização, estes recalques previstos e significativos, não foram registrados no controle de recalques realizado com as placas.

As observações de campo corroboram com a de Nascimento (2016), tendo sido observadas em diversas das células executadas recalques significativos no período de até 24h após o lançamento do aterro de pré-carregamento, gerando trincas expressivas nos limites das células recém tratadas.

Após a finalização dos aterros e das obras de urbanização da área, foram instalados marcos de recalque superficial, que não apresentaram leituras significativas em um período de monitoramento da ordem de 6 meses.

6 CONCLUSÃO

Comum a todos os ensaios realizados, uma grande dispersão nos resultados pôde ser observada no material tratado, condizente com a grande heterogeneidade observada nos poços de investigação realizados.

Independente da heterogeneidade observada, os valores de recalques foram muito inferiores aos estimados, tanto para as previsões iniciais realizadas para o solo tratado como para aqueles previstos para o solo original e do ponto de vista do aterro executado, a solução utilizada foi um sucesso.

Enquanto para a mistura em campo foram obtidos resultados médios de ordem inferior a 30kPa para uma dosagem de cimento de 150 kg/m³, os resultados de laboratório indicavam

valores muito superiores mesmo para uma dosagem de cimento de somente 80 kg/m³, atingindo resistência mínima aos 14 dias variando entre 30 e 150 kPa.

Considerando que os diferentes horizontes de solos moles tiveram um elevado grau de mistura durante o tratamento, os resultados de resistência obtidos em campo foram muito inferiores à média dos resultados obtidos em laboratório, inferiores à sugestão de EuroSoilStab (2002) ou observados em Andrade et al. (2010a).

Os recalques medidos se processaram de forma extremamente rápida quando comparado com o estimado para solos desta natureza, da ordem de anos. É razoável supor que boa parte dos recalques sofridos pelo solo tratado, ocorreram com a execução do aterro de conquista/confinamento. Assim, a execução de um aterro de conquista/confinamento imediatamente após a finalização do tratamento é de vital importância para o sucesso e obtenção de bons resultados no processo de estabilização de solos tratados por mistura de massa com cimento.

Os custos com o aglomerante compreenderam entre 60 e 70% do custo total da solução utilizada. Sendo assim, é muito importante que misturas alternativas com outros aglomerantes sejam avaliadas, objetivando minimizar custos totais dessa técnica de estabilização de solos moles.

SIMBOLOGIA

Ident.: Identificação da amostra;
Prof.: Profundidade típica do material analisado;
W_n: Umidade natural;
W_L: Umidade limite de liquidez;
W_p: Umidade limite de plasticidade;
e: Índice de vazios;
Su: Resistência não drenada;
MO: Matéria orgânica;
 γ_{nat} : Peso específico aparente do solo natural;
 γ_t : Peso específico aparente do solo tratado.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer a empresa Carvalho Hosken S/A na pessoa de seus

engenheiros Rodrigo Reis, Luiz João e Bruno Sostag, pela cessão do material e pela realização de todo o acompanhamento e realização do controle durante a execução das obras.

REFERÊNCIAS

- Andrade, G.G., Dias, D.R., e Lopes, A.N. (2010a) *Uma comparação campo x laboratório do tratamento de solos moles através do sistema STABTEC – Dry-Mix*, COBRAMSEG, 2010, Gramado/RS, Brasil.
- Andrade, G.G., Lopes, A.N., Antunes R.P. e Dias, D.R. (2010b) *Experiências Brasileiras com estabilização de solos moles saturados através de sistema Dry-Mix – STABTEC*, COBRAMSEG, 2010, Gramado/RS, Brasil.
- Baroni, M. (2010), *Investigação geotécnica em argilas orgânicas muito compressíveis em depósitos da Barra da Tijuca*, Dissertação de Mestrado, COPPE, Rio de Janeiro, 2010.
- Eurosoilstab (2002), *Development of Design and Construction Methods to Stabilize Soft Organic Soils: Design Guide for soft soil stabilization*. CT97-0351, European Commission, Industrial and Materials Technologies Program (Rite-EuRam III), Bryssel, 2002.
- Massarsch, K. R., Topolnicki, M. (2005), *Regional Report: European Practice of Soil Mixing Technology*. Proceeding of the International Conference on Deep Mixing – Best Practice and Recent Advances, Stockholm, 2005.
- Nascimento, T.Z. (2016), *Comportamento em laboratório e em campo de uma argila muito mole estabilizada com cimento*. Dissertação de Mestrado UFRJ/COPPE, Rio de Janeiro/RJ, Brasil, 2016.
- Polido, U. F., Castello, R.R.(1997), *Investigação Geotécnica*, Apostila, Centro Tecnológico da UFES, 1997.
- Sha'abani, M., Klantari, B.(2012), *Mass Stabilizations Technique for Peat Soil – A Review*, ARPN Journal of Science and Technology, Vol.2, NO.5, June 2012, p. 512 - 516.