

Avaliação da Erodibilidade de um Solo Saprólítico Micáceo com o Emprego da Classificação Geotécnica MCT – Miniatura, Compactado, Tropical: Comparação de Diferentes Propostas de Redução do Tempo de Realização dos Ensaios.

Aloá Dandara de Oliveira de Souza

Universidade Federal do ABC, Santo André, Brasil, aloadandara@aluno.ufabc.edu.br

Cláudia Francisca Escobar de Paiva

Universidade Federal do ABC, Santo André, Brasil, claudia.paiva@ufabc.edu.br

RESUMO: O presente trabalho busca contribuir com a avaliação do comportamento erodível de um solo saprolítico micáceo pertencente à área de risco no Jardim Silvina Audi, localizada no município de São Bernardo do Campo-SP. Para tanto, utilizou-se a metodologia de classificação MCT (Miniatura, Compactado, Tropical) proposta por Nogami e Villibor (1980, 1981), assim como, duas propostas diferentes para a redução do tempo de realização dos ensaios classificatórios MCT (Ensaio de Compactação Mini-MCV e Perda de Massa por Imersão), a saber: Marson (2004), Nogami e Villibor (2009). A classificação MCT obtida para o solo analisado mostrou-se compatível com o seu comportamento erodível, tanto em condições naturais como quando compactado, conforme verificado nos levantamentos de campo realizados na área de estudo. Quanto à classificação da amostra pelas propostas de redução do tempo de realização dos ensaios classificatórios pode-se dizer que, as alterações nos tempos de homogeneização do solo para os ensaios de compactação Mini- MCV e de imersão dos corpos de prova foram compatíveis com resultado final obtido pela proposta original. Assim, pela compatibilidade dos resultados obtidos com a otimização do tempo de realização dos ensaios, espera-se colaborar para a divulgação e o emprego da metodologia MCT como método indicativo da suscetibilidade dos solos tropicais à erosão nos projetos de planejamento urbano-ambiental e na prevenção de desastres naturais.

PALAVRAS-CHAVE: Erodibilidade, Solo Saprólítico Micáceo, Classificação Geotécnica MCT, Tempo de Realização dos Ensaios.

1 INTRODUÇÃO

Dentro do contexto nacional, o estudo dos parâmetros geomecânicos e das características dos solos tropicais relacionados aos impactos ambientais, como por exemplo processos erosivos hídricos, são itens relevantes na aplicação de medidas de prevenção e controle da erosão e processos correlatos.

A aplicação de sistemas classificatórios que fazem uso de uma abordagem predominantemente experimental, mais adequada à realidade tropical e, portanto, às peculiaridades dos solos tropicais, podem

contribuir de forma acentuada para o melhor entendimento comportamental dos solos pertencentes às áreas de risco.

O comportamento geomecânico dos solos tropicais pode ser determinado por sua constituição mineralógica, forma das partículas minerais, evolução geológica e pedológica. Os solos lateríticos grossos são constituídos principalmente de quartzo, laterita e minerais pesados (argilo-minerais); e nos saprolíticos se destaca porcentagens significativas de feldespato e mica, além de estruturas reliquias herdadas da rocha mater. Outro elemento determinante na peculiaridade dos solos

tropicais é a sua fábrica: disposição espacial de seus constituintes, espaços vazios e superfícies descontínuas (NOGAMI e VILLIBOR, 1995).

Sabe-se que, o conjunto das descrições realizadas em cortes e/ou exposições de horizontes e os resultados de ensaios realizados *in situ* e/ou em laboratório, tornam possível elaborar mapas e seções de acordo à gênese e o comportamento geotécnico dos solos tropicais.

Entretanto, é notório no território nacional algumas incoerências com o uso da mecânica dos solos tradicional na previsão do comportamento geomecânico dos solos tropicais. Segundo Nogami e Villibor (1995), tais incoerências devem-se às peculiaridades dos solos e do ambiente tropical e subtropical, destacando-se: a constituição e as propriedades índices destes solos.

As peculiaridades dos solos tropicais (típicos das regiões quentes e úmidas) são principalmente consequência dos processos de intemperismo: físico, químico e biológico.

Considerando que os solos residuais saprolíticos da área de estudo são passíveis de sofrerem processos erosivos hídricos e, por conseguinte, processo de instabilização de massa preocupou-se, em especial neste trabalho, na avaliação da erodibilidade desses materiais em condições compactadas (remoldadas).

Visando a aplicação de métodos de classificação mais adequados às peculiaridades dos solos tropicais, Nogami e Villibor desenvolveram a Metodologia MCT (Miniatura,

Compactado, Tropical) no início dos anos 80.

Entretanto, a classificação MCT possui algumas limitações que têm dificultado sua aceitação ou maior difusão no meio técnico, como: complexidade na determinação de cada coeficiente classificatório, tempo requerido para obtenção dos resultados (cerca de 48 horas) e utilização de uma quantidade significativa de amostras deformadas. Devido ao exposto, o meio técnico-científico procurou desenvolver nos últimos anos pesquisas para o aprimoramento e melhoramento desta técnica.

Desta forma, pesquisas sobre as possíveis variações nos parâmetros classificatórios utilizados na metodologia MCT, em virtude da alteração dos períodos de ensaio (compactação Mini-MCV e Perda de Massa por Imersão), podem contribuir para novas propostas de otimização do tempo de realização dos ensaios e, conseqüentemente, maior aceitação dessa metodologia no meio técnico-profissional.

Entre as propostas de melhorias deste sistema de classificação destacam-se a proposta de Marson (2004) e a de Nogami e Villibor (2009), que reduzem o tempo de ensaio para 6 horas e 24 horas, respectivamente.

Em virtude do exposto, buscou-se através deste trabalho avaliar a repetibilidade da metodologia de classificação MCT com o objetivo de contribuir para uma maior aceitação desta metodologia na previsão do comportamento geomecânico de horizontes tropicais.

(altitudes de até 900m, ou seja, naturalmente frágil) e possui vários registros de escorregamentos principalmente nas estações mais chuvosas.

No município de São Bernardo do Campo - SP podem ser observados três grandes compartimentos geomorfológicos (IPT, 1990): as Colinas de São Paulo, Morraria do Embu (onde se localiza a maioria dos assentamentos sujeitos aos processos geodinâmicos e que ocupam os trechos menos favoráveis deste compartimento) e a Serra do Mar (onde não se registra ocupação significativa).

Geologicamente, identificam-se, principalmente, substratos rochosos pré-cambrianos do embasamento cristalino

2 ÁREA DE ESTUDO

Foram coletadas amostras de solo representativas do horizonte C (Solo saprolítico Micáceo) no assentamento Jardim Silvina Audi, bairro Montanhão, região urbana consolidada no município de São Bernardo do Campo - SP. O local descrito caracteriza-se por assentamentos precários de alta densidade demográfica (Emplasa, 2000-2010), resultado do processo de urbanização e ocupação característico de várias cidades brasileiras.

O assentamento do Jardim Silvina Audi está localizado em uma região de alta declividade

constituídos por xistos, metarenitos, rochas calciossilicáticas, rochas graníticas, gnaisses e migmatitos (IPT, 1999), em geral, estáveis.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente, *in situ* a amostra coletada passou por procedimentos de identificação visual e tátil que foram repetidos em laboratório para confirmação dos resultados. Posteriormente, a amostra foi submetida aos ensaios de caracterização e classificação preconizados pelas Normas Brasileiras da ABNT.

Sequencialmente, visando avaliar a redução do tempo de aplicação da metodologia de classificação MCT, foi realizada a comparação dos resultados obtidos segundo as propostas: Nogami e Villibor (1980, 1981), Nogami e Villibor (2009) e Marson (2004) (Tabela 1).

Desta forma, para a análise estatística e comparativa dos resultados obtidos, foram feitas repetições dos ensaios de compactação Mini-MCV e Perda de Massa por Imersão variando-se os períodos de homogeneização da amostra e imersão dos corpos de prova, no total de 4 repetições ou ciclos por proposta, com 4 corpos de prova ensaiados para cada repetição/ciclo.

Tabela 1. Diferentes Períodos de homogeneização (repouso) da amostra e imersão dos corpos de prova analisados.

Tempo de homogeneização - repouso (h) *	Tempo de Imersão (h) **	Proposta
0	4	Marson, 2004.
12	12	Nogami e Villibor, 2009.
24	20	Nogami e Villibor, 1980 e 1981.

* Ensaio de compactação Mini-MCV.

** Ensaio de Perda de Massa por Imersão.

4 RESULTADOS

Visando, desta forma, caracterizar a amostra coletada sob os diferentes aspectos das classificações convencionais e não convencionais, a Tabela 2 expõe os grupos aos quais a mesma pertence.

Sabe-se que a metodologia MCT leva em conta parâmetros relativos à gênese dos solos como o grau de erosão associado aos mesmos,

possibilitando uma visão global e realística de como os solos tropicais comportam-se sob o ponto de vista da erosão. Desta maneira, a caracterização dos solos tropicais, a partir da Classificação MCT, traz a perspectiva de avaliação do comportamento geomecânico desses solos inerente à sua origem genética.

Tabela 2. Características Geotécnicas da amostra A-01.

Amostra	A-01	
Designação Local	Solo Micáceo Jardim Silvina Audi-SBC-SP Complexo Embu (PCex):	
Origem Geológica	Substratos rochosos constituídos por Xistos e Micaxistos	
Horizonte	C	
Granulometria (% passando)	Nº 4	99,81
	Nº 10	96,86
	Nº 40	87,54
	Nº 200	41,16
Classificações Geotécnicas Convencionais	SUCS: ML HRB: A-4	
Classificação MCT	NS'	

Onde:

ML: Silte de Baixa Plasticidade;

A-4: Solos Siltosos;

NS': Solos de Comportamento Não Laterítico Siltoso.

A seguir, Figuras 2, 3 e 4, apresentam-se os parâmetros classificatórios c' , d' e P_i obtidos para os diferentes tempos de repouso investigados (0h, 12 e 24 horas).

Para a comparação dos valores de c' e das formas das curvas c' x Mini-MCV obtidas em cada período de homogeneização (Tabela 1) determinou-se suas curvas médias (Figura 2), realizando-se o cálculo do valor médio de c' e Mini-MCV para cada um dos pontos com teores de umidade semelhantes dentro destes períodos. Obtendo-se, desta forma, c' médio igual a 0,73; 0,82 e 0,78, característicos de solos não lateríticos, para os períodos de repouso da amostra de 0, 12 e 24 horas, respectivamente.

Pode-se observar que a curva c' x Mini-MCV obtida no período de 12 horas tem um aspecto retilíneo, sendo, por isso, diferente das demais. Entretanto, o valor médio de c' para o Mini-MCV igual a 10 teve um resultado próximo dos demais, apresentando uma variação pouco expressiva (Figura 2).

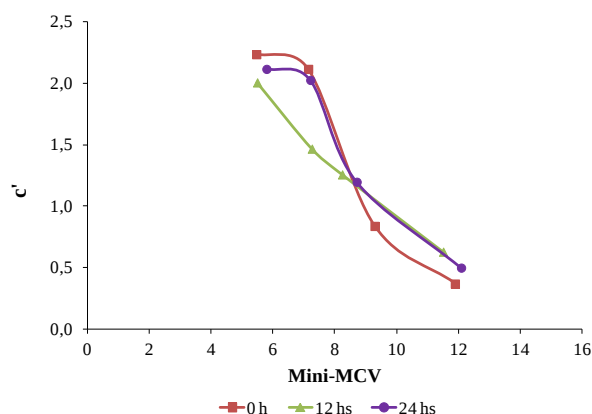


Figura 2. Comparação das Curvas c' x Mini-MCV para a amostra A-01.

Os valores de d' foram obtidos através da determinação do coeficiente angular da curva de compactação de cada período (Figura 3) utilizando a massa específica aparente seca para o número de golpe igual a 12. Sendo, por fim, calculado para cada período o valor de d' médio dos corpos de prova analisados.

Os resultados obtidos para $d' < 5$ são justificados (Figura 3), principalmente, devido às propriedades mineralógicas e texturais deste solo, isto é, forte heterogeneidade e presença acentuada de mica (NOGAMI e VILLIBOR, 1995).

Nota-se ainda que, as curvas médias de compactação para cada uma das condições de homogeneização apresentaram um traçado semelhante entre si, com um pico pouco acentuado (Figura 3).

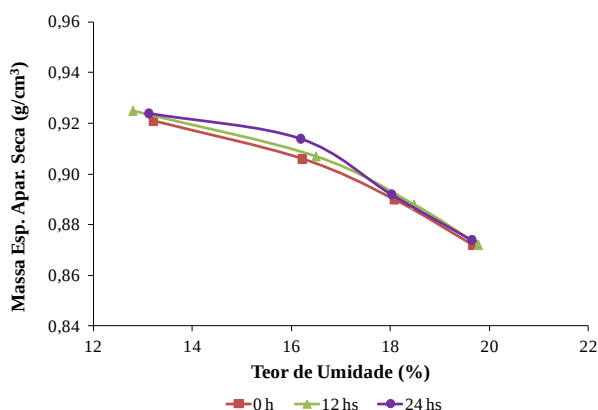


Figura 3. Comparação entre as curvas médias de compactação de cada período de repouso da amostra A-01.

No cálculo dos valores de Perda de Massa por Imersão (P_i), para cada um dos corpos de

prova, adotou-se o fator de correção de valor 1, baseando-se no comportamento do solo durante as primeiras horas de imersão.

Para fins classificatórios, determinou-se o valor de P_i (%) para o valor de Mini-MCV igual a 10 por se tratar de um solo de baixa densidade (NOGAMI e VILLIBOR, 1995; NOGAMI e VILLIBOR, 2009). Os valores médios para Perda de Massa por Imersão obtidos nas três propostas foram superiores a 300 % (445, 439, 465 % para 20, 12 e 0 horas de imersão, respectivamente) devido às peculiaridades do solo, como sua mineralogia de caráter micáceo e sua gênese residual (Figura 4).

Analisando-se a curva média P_i x Mini-MCV nota-se uma maior semelhança entre os períodos de repouso de 12 e 24 horas, porém, para o Mini-MCV=10, utilizado na classificação do solo, os valores apresentam diferenças pouco significativas, principalmente entre as condições de 0 e 24 horas (Figura 4).

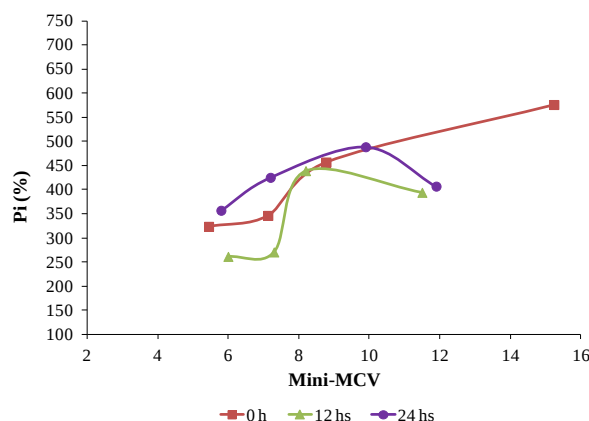


Figura 4. Curva P_i x Mini-MCV da amostra A-01 para as diferentes condições de repouso.

Os valores de e' obtidos indicaram o caráter não laterítico da amostra (NOGAMI e VILLIBOR, 1995). As variações entre os valores obtidos para c' e e' foram pouco significativas, não alterando a classificação MCT final da amostra como pertencente ao grupo NS' (não lateríticos siltosos), Figuras 5 e 6.

Solos pertencentes ao grupo NS' (não lateríticos siltosos) quando compactados, segundo Nogami e Villibor (1995), possuem: baixa capacidade de suporte, baixo módulo de resiliência, elevada erodibilidade e expansibilidade, elevado coeficiente de

absorção e média permeabilidade. Em condições naturais, possuem baixa massa específica aparente seca e, em geral, têm baixa capacidade de suporte e são colapsíveis, possuindo média a elevada erodibilidade, o que pôde ser observado nos levantamentos de campo.

Estas características estão relacionadas com as peculiaridades deste tipo de solo (micáceo siltoso), e explicam, também, o alto grau de erodibilidade observado no ensaio de perda de massa por imersão, para todos os teores de umidade, em especial, os mais secos (Tabela 4).

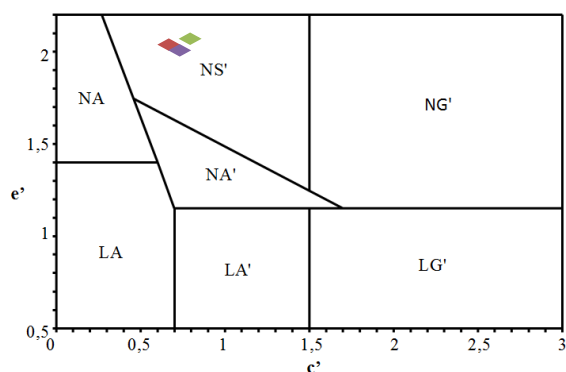


Figura 5. Comparação da Classificação da Amostra A-01 no ábaco MCT para as diferentes condições de repouso (◀) 0h, (◀) 12h e (◀) 24h - valores médios de e' e c' obtidos para 4 repetições realizadas por proposta.

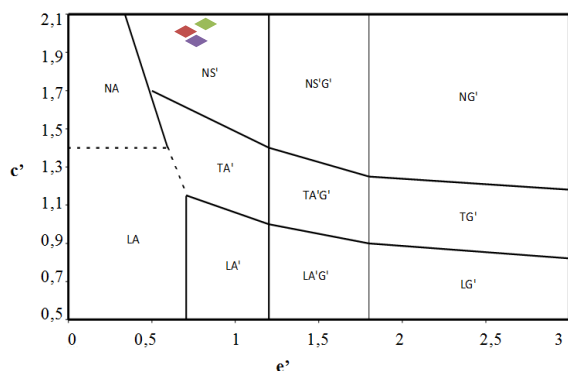


Figura 6. Comparação da Classificação da Amostra A-01 no ábaco MCT-M para as diferentes condições de repouso: (◀) 0h, (◀) 12h e (◀) 24h - valores médios de e' e c' para 4 repetições realizadas por proposta.

Para cada uma das propostas de redução tempo de repouso para a homogeneização da amostra e para a imersão dos corpos de prova, buscou-se analisar a variação dos resultados obtidos em cada uma das repetições, avaliando-se a dispersão para cada um dos parâmetros classificatórios MCT (Tabelas 4 a 6).

Obteve-se um desvio padrão relativo elevado para os parâmetros c' (50,15 %) e d' (43,83 %) (Tabela 4) para a proposta de Nogami e Villibor (1979).

Tabela 4. MCT para o período de 24 horas de repouso (*) e 20 horas de imersão (*) (NOGAMI & VILLIBOR, 1980 e 1981) para a amostra A-01.

Repetição dos Ensaio	c'	d'	Pi (%)	e'
Ciclo I	0,81	6,41	550	2,05
Ciclo II	1,40	6,10	490	2,01
Ciclo III	0,50	4,23	420	2,07
Ciclo IV	0,40	1,41	400	1,95
Média	0,78	4,54	465	2,02
Desvio Padrão Absoluto	0,39	1,99	59,37	0,05
Desvio Padrão Relativo (%)	50,15	43,83	12,77	2,27

(*) períodos exigidos na proposta de Nogami e Villibor (1980, 1981), pela norma DNER-ME 258/1994 e DNER-ME 256/1994.

Tabela 5. MCT para o período de 12 horas de repouso e 12 horas de imersão (NOGAMI & VILLIBOR, 2009) para a amostra A-01.

Repetição dos Ensaio	c'	d'	Pi (%)	e'
Ciclo I	0,70	2,52	420	2,30
Ciclo II	0,90	4,99	290	1,90
Ciclo III	1,04	5,73	510	2,09
Ciclo IV	0,65	5,35	520	2,08
Média	0,82	4,65	435	2,09
Desvio Padrão Absoluto	0,16	1,26	92,33	0,14
Desvio Padrão Relativo (%)	19,04	27,02	21,23	6,77

Tabela 6. MCT para o período de 0 hora de repouso e 4 horas de imersão (MARSON, 2004) para a amostra A-01.

Repetição dos Ensaio	c'	d'	Pi (%)	e'
Ciclo I	0,60	5,15	430	2,02
Ciclo II	0,70	4,87	450	2,05
Ciclo III	0,50	3,89	500	2,16
Ciclo IV	1,10	5,23	400	1,99
Média	0,73	4,79	445,00	2,06
Desvio Padrão Absoluto	0,23	0,53	36,40	0,06
Desvio Padrão Relativo (%)	31,42	11,15	8,18	3,13

Os desvios padrões relativos de Pi foram medianos para as três propostas (12,77 %, 21,23 %, 8,18 %).

21,23% e 8,18 % para 24,12 e 0 horas de imersão), Tabelas 5 e 6.

Com o propósito de analisar a confiabilidade dos resultados obtidos nos ensaios da classificação MCT e de seus índices classificatórios, calculou-se a variação de $\pm 5\%$ em torno da média que corresponde ao valor de 24 horas de repouso (NOGAMI e VILLIBOR, 1980, 1981) para cada parâmetro classificatório MCT (c' , d' e P_i) (Figuras 7 a 10).

Pode-se perceber maior dispersão entre os valores de c' (relacionado à granulometria do solo) para os tempos de repouso de 0 e 24 horas (Figura 7).

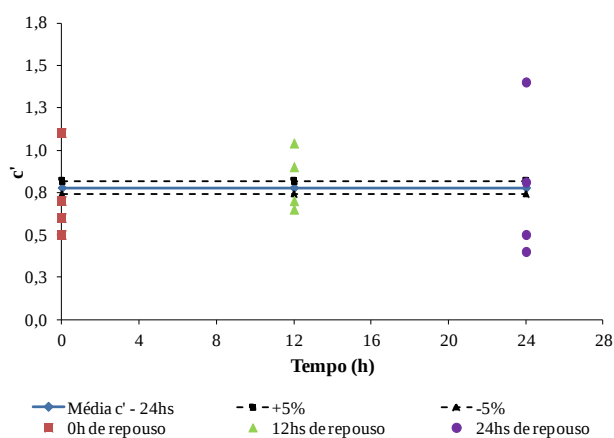


Figura 7. Variação do parâmetro c' para a amostra A-01.

Na figura 8, observa-se que para os tempos de repouso de 12 e 24 horas houve maior dispersão dos resultados de d' .

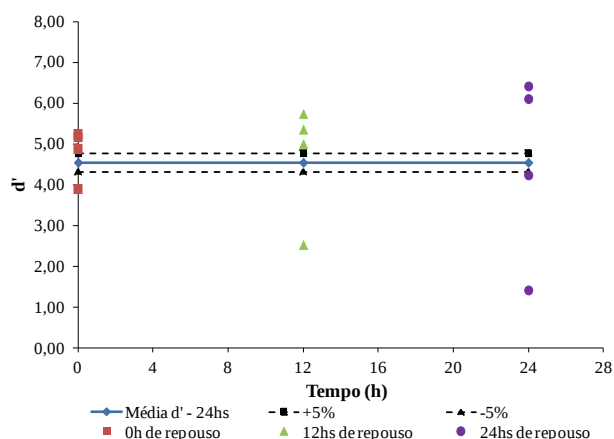


Figura 8. Variação do parâmetro d' para a amostra A-01.

Verifica-se na figura 9 que um dos pontos dos resultados de P_i (%) para 12 horas ficaram consideravelmente distante dos demais.

Os valores de e' obtidos foram notoriamente homogêneos (Figura 10). Este

resultado se deve ao uso da raiz cúbica na equação deste parâmetro como enfatizado por Marson (2004).

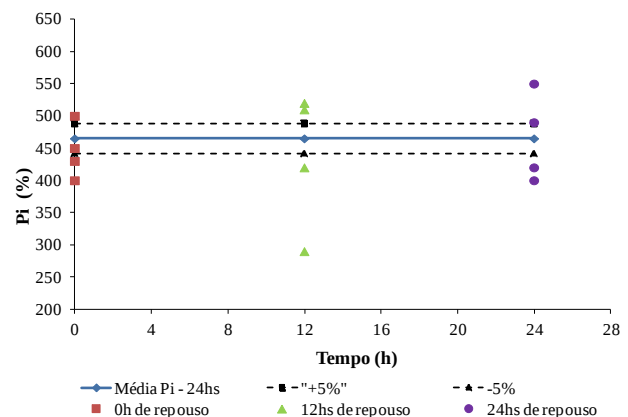


Figura 9. Variação do parâmetro P_i para a amostra A-01.

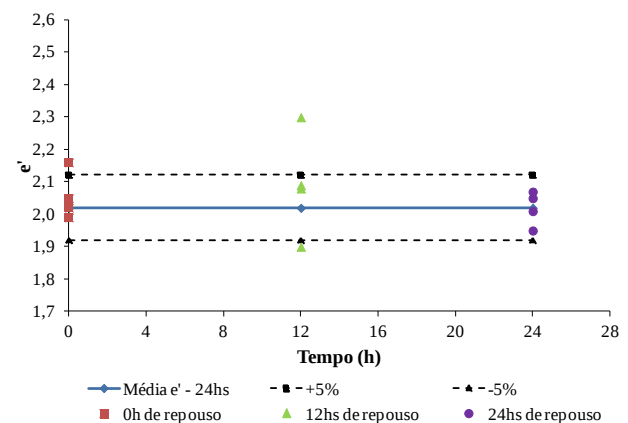


Figura 10. Variação do Parâmetro e' para a amostra A-01.

O grau de repetibilidade dos ensaios de compactação Mini-MCV e Perda de Massa por Imersão mostrou-se satisfatório para fins de classificação do solo e análise de suas características geomecânicas.

Analisando-se os valores médios de c' e e' , juntamente com a representação destes pontos no ábaco classificatório MCT e MCT-M (Figuras 5 e 6), pode-se verificar que o período de repouso durante o procedimento de homogeneização, bem como o tempo de imersão propostos por Nogami e Villibor (1980, 1981), Marson (2004) e Nogami e Villibor (2009) não representam variações expressivas no resultado final da classificação MCT.

Pelo exposto, acredita-se que, a proposta de Marson (2004), que apresenta a maior otimização do tempo de realização dos ensaios,

pode ser adotada sem maiores prejuízos para a classificação MCT da amostra.

Por fim, os resultados alcançados mostraram-se coerentes com as características geotécnicas observadas *in situ* para a amostra coletada.

5 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pela caracterização geotécnica preliminar da amostra pode-se verificar que a amostra analisada possui:

- estrutura que colabora para que a mesma seja mais suscetível à erosão hídrica. Sendo, em geral, muito heterogênea e quando de origem residual, como é o caso da amostra coletada, mantém características estruturais da rocha mãe (estrutura reliquiar) e verdadeiros planos de fraqueza estrutural. Os solos desse grupo apresentam média a baixa permeabilidade e possuem elevada perda de massa por imersão;
- forte presença de mica e quartzo pouco intemperizados, apresentando características típicas das frações silte e areia durante os procedimentos de identificação visual e tátil;
- frações de silte e areia fina predominantes, que denotam um solo de baixa plasticidade e baixa/nenhuma coesão.

As propriedades do solo analisado, verificadas nos ensaios de caracterização e descrição da amostra denotam, portanto, a suscetibilidade deste solo aos processos de erosão hídrica.

Neste trabalho não se obteve resultados significativamente divergentes quanto às características da amostra analisada e as classificações convencionais obtidas.

Por meio da comparação dos gráficos obtidos para cada parâmetro classificatório da metodologia MCT (NOGAMI e VILLIBOR, 1980, 1981) e, através da análise estatística da dispersão destes valores, foi possível verificar o grau de repetibilidade desta metodologia para cada uma das propostas de redução de tempo dos ensaios classificatórios MCT analisadas: Marson (2004) e Nogami e Villibor (2009).

Os valores médios obtidos para o parâmetro c' (próximos a 1) para as três condições de repouso analisadas confirmam o caráter siltoso da amostra coletada.

As curvas de compactação apresentaram picos pouco acentuados, evidenciando tratar-se de um solo siltoso micáceo e/ou caolinítico. Esta forma de curva de compactação também está presente nas areias pouco ou não coesivas.

No ensaio de Perda de Massa por Imersão foi notória a instabilidade do solo, isto é, em condições remoldadas - após compactação. Para os 3 períodos de imersão analisados obteve-se valores de P_i (%) superior a 300 %. Este resultado pode ser explicado devido às características texturais e mineralógicas do solo.

O desvio relativo obtido para o parâmetro c' foi, em geral, maior em relação aos desvios relativos dos demais índices classificatórios (d' e P_i). Porém, este resultado não foi significativo e, portanto, não alterou a classificação MCT final do solo, ou seja, não laterítico siltoso-NS'.

O parâmetro classificatório e' apresentou o menor desvio padrão relativo para todas as propostas de redução de tempo analisadas, mesmo considerando as dispersões obtidas para os parâmetros d' e P_i .

Assim, pode-se perceber que, a redução dos tempos de repouso, após a homogeneização da amostra, e de imersão dos copos de prova não afetou a classificação final da amostra, ou seja, não alterou as previsões sobre o seu comportamento geomecânico.

Desta forma, a adoção da proposta de Marson (2004) de 0 horas de repouso após homogeneização e 4 horas de imersão da amostra mostrou-se mais vantajosa, visto que os resultados obtidos foram compatíveis com as demais propostas aqui apresentadas e, em alguns casos, menos dispersivos do que a proposta de Nogami e Villibor (2009). Vale ressaltar ainda que, pela proposta de Marson (2004), com apenas 8 horas de ensaio foi possível finalizar a classificação MCT da amostra coletada, isto é, homogeneizar e compactar os 5 corpos de prova do ensaio Mini-MCV.

Entretanto, para validar os resultados aqui apresentados, recomenda-se avaliar a repetibilidade da metodologia de classificação MCT para a proposta de redução de tempo de Marson (2004) com um maior número de amostras e para diferentes tipologias de solos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Federal do ABC - UFABC pelo apoio logístico nos trabalhos de campo.

REFERÊNCIAS

- Departamento Nacional de Estradas de Rodagem: *DNER-ME 256: Solos compactados em equipamento miniatura - determinação da perda de massa por imersão*, 1994.
- Departamento Nacional de Estradas de Rodagem: *DNER-ME 258: Solos compactados em equipamento miniatura - Mini-MCV*, 1994.
- Instituto de Pesquisas Tecnológicas- IPT (1990). Disponível em: < <http://www.ipt.br/>>. Acesso em: 13 nov. 2013.
- Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano SA – Emplasa. Disponível em:<<http://www.emplasa.sp.gov.br> >. Acessado em: 20 nov. 2013.
- Marson, M. (2004) *Análise crítica da classificação MCT para solos tropicais*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Infra-Estrutura Aeronáutica) - Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2004. 216 p.
- Nogami, J. S. e Villibor, D. F. (1980) Caracterização e Classificação Gerais de Solos para Pavimentação: Limitação do Método Tradicional, Apresentação de uma Nova Sistemática. In: *REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO*, 15., 1980, Rio de Janeiro. Anais...Rio de Janeiro:1981. p. 30-41.
- Nogami, J. S. e Villibor, D. F. (1981) Uma Nova Classificação de Solos para Finalidades Rodoviárias. In: *Simpósio Brasileiro sobre Solos Tropicais em Engenharia*,15., 1981, Rio de Janeiro. Anais...Rio de Janeiro:1981.
- Nogami, J. S. e Villibor, D. F. (1995) *Pavimentação de Baixo Custo com Solos Lateríticos*. São Paulo/SP: Ed. Villibor, 1995. 240 p.
- Nogami, J. S. e Villibor, D. F. (2009) *Pavimentos econômicos: tecnologia do uso dos solos finos lateríticos*. São Paulo: Arte & Ciência, 2009. 291 p.