

589
0/
03
/99



Associação Brasileira de Mecânica dos Solos
e Engenharia Geotécnica

XI CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA GEOTÉCNICA



Centro de Convenções Ulysses Guimarães
Brasília, 5 a 10 de Novembro de 1998

Volume 1

1008106
150399

Uso do Ensaio de Azul de Metileno no Mapeamento Geotécnico e sua Correlação com a Classificação MCT para os Procedimentos de Pejon e Fabbri

Tony Carlos Dias da Costa

Universidade Federal do Pará, Pós-graduação em Geologia e Geoquímica, Belém, PA

Nilson Gandolfi

Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, Departamento de Geotecnia, São Carlos, SP

RESUMO: Este trabalho apresenta uma comparação entre dois procedimentos de realização do ensaio de azul de metileno em solos tropicais, analisa suas diferenças, limitações e correlação com a classificação Miniatura Compactada Tropical (MCT), visando seu uso na cartografia geotécnica. Os conceitos de material inconsolidado e perfil de alteração também são abordados quanto a capacidade de prever os dois grandes grupos da classificação MCT.

PALAVRAS-CHAVES: Azul de Metileno, Classificação MCT, Mapeamento Geotécnico.

1 INTRODUÇÃO

A diferença de clima, topografia, fauna, flora e tempo tem influência decisiva nas características dos solos, o que era percebido já por Dokutchaev, no período de 1870-1886 na Russia (Castro, 1989). Os solos tropicais apresentam uma série de peculiaridades que os diferenciam dos solos existentes nas regiões de clima temperado. Nas regiões tropicais predominam as altas temperaturas, altos índices pluviométricos e lixiviação intensa (principalmente das bases - Na, Ca, K, Mg). Os dois fatores iniciais são responsáveis pela rápida decomposição das rochas e o terceiro dá continuidade ao processo, ao remover os produtos do intemperismo - desequilibrando novamente o sistema - nessas condições o intemperismo químico ocupa papel de destaque, tendo como processo principal a Hidrólise. Os materiais com a evolução do processo apresentam minerais com concentrações progressivas de alumina (caulinita, haloisita, gibsite, boemita) e óxidos de ferro (hematita, goetita). Nessas condições, formam-se espessos perfis de alteração, com freqüência, superior a 20m, onde assentam-se a maioria das obras de engenharia, tornando-se assim necessário

caracterizar geológico-geotecnicamente esses perfis, assim como os materiais transportados.

As regiões tropicais - hoje subdesenvolvidas - por força dos acontecimentos históricos, ficaram sujeitas ao jugo e à subordinação política, psico-social, econômica e militar das regiões temperadas (Leão, 1986). Essa reflexão tem sido constatada no âmbito técnico e científico pela aplicação de conceitos e técnicas desenvolvidas nas regiões temperadas de forma direta nas regiões tropicais, o que muitas vezes não corresponde às expectativas do problema, o que ocorreu com as classificações de solos tradicionais, desenvolvidas para climas temperados, baseadas no LL (Limite de Liquidez), no IP (Índice de Plasticidade) e na granulometria, que tem apresentado um série de limitações quando aplicadas a solos tropicais (Nogami e Villibor, 1980 e 1995).

Dentre as tentativas de propor solução para as limitações das classificações tradicionais teve destaque no Brasil a proposta de classificação Miniatura Compactada Tropical (MCT, Nogami e Villibor 1980, 1981, 1985) e o método de adsorção do corante azul de metileno (Casanova, 1986; Pejon, 1992 e Fabbri, 1994); as quais tem sido utilizadas no mapeamento

geotécnico para caracterizar os materiais inconsolidados.

2 CRITÉRIO DE AMOSTRAGEM

No presente trabalho, foram coletas 65 amostras da porção NE do município de Campinas, Figura 1, com base no conceito de material inconsolidado e de perfil de alteração. Esse último é entendido como uma seqüência de camadas de materiais com diferentes propriedades físicas que se desenvolvem "in situ", a partir do intemperismo das rochas. Entende-se como material inconsolidado, todo o material sobreposto ao substrato rochoso composto por todo o perfil de alteração e/ou sedimento transportado. Com base na literatura e em trabalhos de campo, propôs-se uma classificação para os materiais da porção NE do município de Campinas, Figura 2, que norteou toda a amostragem.

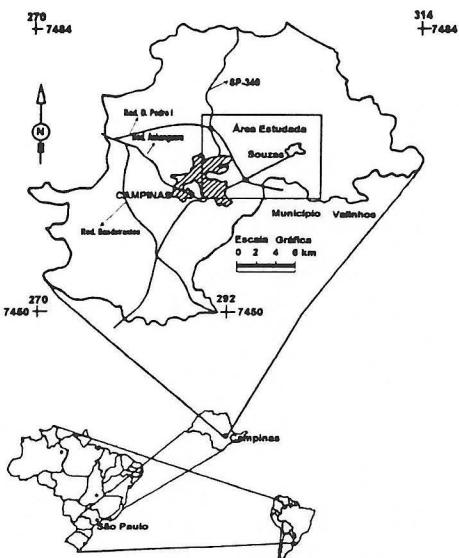


Figura 1. Mapa de localização da área amostrada.

Figura 2. Proposta de classificação dos materiais inconsolidados da porção NE de Campinas.

PERFIL		DESCRIÇÃO DOS NIVEIS
Nível de Solo	Solo Retra-balhado	Solos transportados, por vezes situados acima da linha de seixos, maduros, em geral argilosos e por vezes ricos em matéria orgânica. São afetados por processos de evolução pedológica tipo lateritzação, sendo distinguido apenas quando há evidências de transporte. A espessura dos níveis varia de 0,5 a 3 metros. As cores predominantes são as de tom avermelhados e amarelados. Os depósitos aluvionais recentes não lateríticos não fazem parte desse nível, por serem considerados uma unidade de materiais inconsolidados a parte.
Late-ritico	Residual Maduro	Solos maduros, de estruturação macro porosa e que não apresentam estruturas típicas da rocha original. São afetados por processos de evolução pedológica do tipo lateritzação. A espessura desse nível varia de 1 a 2,5 metros. As cores predominantes são as de tom avermelhado e amarelado.
Nível de Solo Residual Jovem		Solos residuais jovens com presença de estrutura reliquiar da rocha original como foliação, acamamento, descontinuidades, etc... Os blocos da rocha não devem ultrapassar 10%. Composição granulométrica variável com leve predomínio da fração silte. A espessura no geral e de 1 a 2,4 metros podendo chegar a 6 metros. Como minerais comuns temos: quartzo, caulinita e micas.
Nível de Saprolito		Marca a transição entre o maciço de solos e o material rochoso. A quantidade de blocos varia de 10% a 95% do maciço. A fração granulométrica areia, no geral, é predominante. A mineralogia e as estruturas da rocha original são facilmente identificadas. A espessura do nível varia de 1 a >10 metros.
Nível de Rocha Alterada		A rocha apresenta os minerais já alterados pela ação intempérica, sem brilho e com resistência reduzida. Próximo às descontinuidades a alteração é mais intensa, havendo dificuldade na identificação dos minerais.
Nível de Rocha Sã		É a base do perfil. A rocha não apresenta minerais alterados, o que pode ocorrer ao longo das descontinuidades

3 AMOSTRAGEM POR PERFIL DE ALTERAÇÃO E DEFINIÇÃO DO COMPORTAMENTO LATERÍTICO E NÃO LATERÍTICO

Na Figura 3, pode-se observar a distribuição das amostras segundo a classificação MCT e a gênese. Nota-se que a amostragem não foi homogênea quanto às classes da classificação MCT, existindo classes em número nitidamente superior, como é o caso das classes NS', NA' e LG', em número superior às NG', LA' e NA. Essa heterogeneidade, é resultado dos critérios de amostragem dos materiais inconsolidados. Desproporcionalidade similar também é observada em outros trabalhos, não influenciando na correlação obtida com o ensaio de azul de metileno.

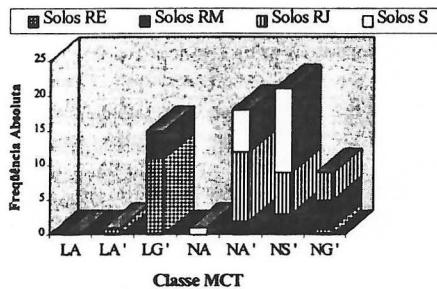


Figura 3. Amostras por classe MCT. Saprolito, RJ-residual jovem, RM-residual maduro e RE-solo retrabalhado

Observou-se que quase 100% dos materiais inconsolidados transportados apresentam comportamento laterítico, segundo a classificação MCT, Figura 3. Apenas uma amostra apresentou incompatibilidade com a classificação MCT; mesmo assim, localiza-se na região limite entre as classes NG' e LG', não sendo significativa. Dos solos residuais maduros, 56% apresentam comportamento laterítico segundo a MCT, o que reflete certo nível de evolução; espera-se, no futuro, realizar estudos de materiais inconsolidados no campo, que sejam capazes de melhor correlacionar os solos residuais maduros com a classificação MCT. Os solos residuais jovem e saprolítico

apresentam, em sua totalidade, comportamento não laterítico, o que já era esperado.

4 O ENSAIO DE AZUL DE METILENO

O ensaio de azul de metileno tem sido utilizado por diversos autores na perspectiva de se definir uma nova forma de caracterizar os solos tropicais, uma vez que os ensaios tradicionais tem apresentado uma série de limitações.

O ensaio é baseado na propriedade do corante orgânico azul de metileno ($C_6H_{12}N_3SC_2(H_2O)$) de ser adsorvido pelas partículas de solo carregadas negativamente, quando em solução, formando uma camada monomolecular. Sabendo-se a quantidade de azul de metileno adsorvido, é possível avaliar a superfície específica total (interna e externa) e a troca iônica da porção ativa do solo. O fato do azul de metileno não ser quase adsorvido por material amorfo/paracristalino e pelos óxidos e hidróxidos livres de ferro e alumínio constitui uma forma eficiente de separar solos que apresentam um estágio avançado de evolução daqueles pouco evoluídos (Casanova, 1986).

5 COMPARAÇÃO DOS PROCEDIMENTOS DE PEJON E FABBRI

Pejon (1992) utilizou o ensaio de azul de metileno (método da mancha), com o objetivo de separar solos com diferentes estágios de evolução (Lan, 1977, 1980 e Beaulieu, 1979) com modificações na fração granulométrica ensaiada. Essa fração foi passada na peneira 2mm; a concentração da solução de azul foi reduzida para 1,5g de azul de metileno por litro de água, em função da baixa adsorção pelos solos tropicais; a quantidade de solo ensaiada variou de 2 a 4g. Com o resultado dos ensaios, foi calculado o valor de azul (VB), que representa a quantidade de azul de metileno consumido por 100g de solo (Lautrin, 1987) e o índice de adsorção de azul de metileno da fração argila (Ac_b, Equação 1) que é quantidade de azul de metileno, em peso, consumida por 100g da fração argila do solo (Lautrin, 1989). O

autor comparou a CTC/AM (calculada com base no ensaio de azul de metileno) com a CTC (calculada pelo método tradicional) para 53 amostras, obtendo correlação de 90%.

$$Acb = 100x \frac{VB}{C_2} \quad (1)$$

C_2 = porcentagem de material com menos de 0,002mm de diâmetro

Pejon (1992) confrontou o VB com os resultados da classificação MCT, através de um gráfico cartesiano VB versus porcentagem < 0,002mm, obtendo correlação de 85% entre o comportamento definido pela classificação MCT e a atividade definida pelo azul de metileno. Esse autor concluiu que o azul de metileno é uma maneira simples e rápida de identificar o comportamento laterítico dos solos. Concluiu ainda que, em amostras com $VB < 1$ ou $VB > 2,25$, o grau de certeza quanto ao comportamento é bem maior, chegando próximo a 100% e que o maior grau de incerteza ocorre no intervalo $1,5 < VB < 2,5$, onde os materiais apresentam comportamento laterítico e não laterítico em número equivalente.

Fabbri (1994) utilizou o método da mancha do azul de metileno (Lan, 1981) em 297 amostras, aplicando um coeficiente de atividade (CA, Equação 2), definido como sendo a razão entre a quantidade de azul de metileno consumido por 1g de solo seco (Va, Equação 3) e a porcentagem (Pf) que o solo contém da fração <0,005mm (Lautrin, 1987; Fabbri e Sória, 1991). A fração granulométrica ensaiada corresponde a 1g de partículas com diâmetro menor que 0,074mm com concentração da solução de 1 g azul de metileno por litro de água.

$$CA = 100 \frac{Va}{Pf} \quad (2)$$

$$Va = V \times \frac{P_{200}}{100} \times \left(1 + \frac{W}{100}\right) \quad (3)$$

Va - 10^{-3} g de azul de metileno por g de solo

P_{200} - porcentagem menor que 0,074mm.

W - umidade do solo ensaiado

V - volume da solução adsorvida pelo solo

Segundo o CA Fabbri definiu três graus de atividade para os grupos de argilo-minerais, a saber: Muito Ativo ($CA > 80$), Ativos ($11 < CA < 80$) e Poucos Ativos ($CA < 11$). Esse autor confrontou o ensaio de azul de metileno com a classificação MCT, obtendo correlação em torno de 82%. Concluiu que os solos com $CA < 11$ tem tendência de apresentar comportamento laterítico e os solos com $CA > 11$ comportamento não laterítico.

- Comparando os índices utilizados pelos dois autores, pode-se dizer que o VB e o Va são índices equivalentes, uma vez, que ambos representam a quantidade de azul de metileno consumido por uma determinada fração do solo. A diferença entre ambos reside na fração do solo que é efetivamente ensaiada: para determinação do Va, utiliza-se a fração do solo < 0,074mm e do VB, a fração < 2mm. O mesmo raciocínio é seguido nos índices CA e Acb, pois ambos dividem a quantidade de azul de metileno consumida por uma fração granulométrica pela fração fina do solo, residindo a diferença na fração considerada <0,002mm para Pejon e <0,005mm para Fabbri. Assim, pode-se dizer que os dois procedimentos são semelhantes.

O índice CA está relacionado a uma determinada fração granulométrica; se essa fração fosse a <0,074mm, o CA representaria a quantidade de azul de metileno que seria consumida se o solo possuir-se 100% da fração ensaiada, no caso, <0,074mm; entretanto, Fabbri divide o Va pela fração <0,005mm, por considerá-la a parte mais ativa do solo. O índice Acb avalia a quantidade de azul de metileno consumida por 100g da fração <0,002mm, sendo seu significado muito próximo do obtido pelo CA, uma vez que os dois avaliam a adsorção de azul de metileno consumido pela fração fina do solo, diferenciando-se basicamente no diâmetro considerado, <0,002mm para o Acb e <0,005mm para o CA. Resumidamente temos:

Va - quantidade de azul consumido pela fração <0,074mm

V_B - quantidade de azul consumido pela fração <2mm

CA - avalia a adsorção de azul de metileno da fração <0,005mm

Acb - avalia a adsorção de azul de metileno da fração <0,002mm

Posto isso, algumas questões podem ser colocadas. Qual a capacidade do procedimento utilizado por Fabbri caracterizar efetivamente o comportamento global do solo, uma vez que ensaiava apenas a fração <0,074mm, embora essa fração seja responsável pela maior parte da atividade do solo. Outra questão diz respeito a flocação (grumos) dos solos tropicais evoluídos, que formam freqüentemente partículas com diâmetro >0,074mm, a partir de partículas de argila e silte. Assim qual a influência desse fenômeno nos resultados da atividade medida? Uma última questão é a obtenção da fração <0,074mm, que é incômoda e demorada. Com relação ao procedimento seguido por Pejon, a principal questão percebida diz respeito a forma de obtenção da fração <0,002mm para cálculo do Acb. Em muitos casos é inferida, em função da curva granulométrica obtida no ensaio de peneiramento/sedimentação não chegar a esse diâmetro, o que pode gerar erros no cálculo do Acb.

O ensaio de granulometria apresenta alguns problemas que são compartilhados pelos dois procedimentos e causados pela flocação dos solos tropicais evoluídos. Pode-se ter curvas granulométricas diferentes para o mesmo solo, dependendo do tipo de defloculante, do tempo de dispersão e da velocidade e tempo de funcionamento do aparelho dispersor.

6 CAPACIDADE DOS DOIS PROCEDIMENTOS DE PREVER O COMPORTAMENTO LATERÍTICO

As 65 amostras foram classificadas tanto pela metodologia MCT, quanto pelo ensaio de adsorção de azul de metileno (Pejon, 1992 e Fabbri, 1994). Os resultados acham-se expressos nas Figuras 4 e 5, respectivamente.

A Figura 4 apresenta o índice de adsorção de azul de metileno da fração argila (Acb) versus a porcentagem de argila (<0,002mm), com os solos codificados quanto ao comportamento laterítico e não laterítico. A linha divisória que separa os solos quanto ao comportamento laterítico foi arbitrado de modo a dividir da melhor forma possível os solos de comportamento laterítico e não laterítico, segundo a classificação MCT, o que corresponde ao coeficiente angular 0.11. Como pode-se perceber, existem solos de ambos os comportamentos tanto abaixo quanto acima da linha. A porcentagem de correlação obtida para esses solos é de 89%; das 65 amostras analisadas, 7 apresentam comportamento discordante entre a atividade dada pelo ensaio de azul de metileno e a classificação MCT.

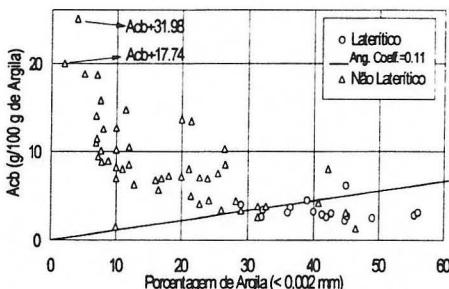


Figura 4. Índice de adsorção de azul de metileno da fração argila (Acb) versus a porcentagem de argila (<0,002mm). Procedimento de Pejon (1992).

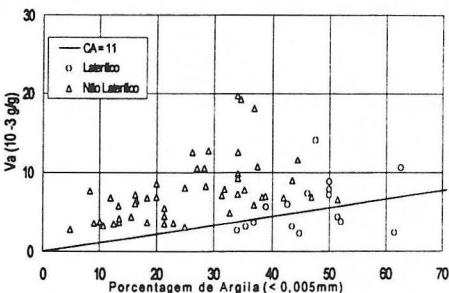


Figura 5. Valores de azul (Va) versus a porcentagem de argila (<0,005mm). Procedimento de Fabbri (1994).

Dentre as 7 amostras, 3 são da classe LG' e 4 da NA'.

A Figura 5 apresenta os valores de azul (Va) versus a porcentagem de argila (<0.005mm). A linha divisória que separa os solos quanto ao comportamento laterítico dado pela classificação MCT foi arbitrada de modo a dividir da melhor forma possível os solos de comportamentos laterítico e não laterítico, segundo a classificação MCT - CA=11- (Fabbri, 1994). Como pode-se perceber, todos os solos de comportamento não laterítico se situam acima dessa linha, enquanto que os solos de comportamento laterítico se situam acima e abaixo desta. A porcentagem de correlação

obtida para esses solos é de 87.7%; das 65 amostras analisadas, 8 apresentam comportamento discordante entre a atividade obtida pelo ensaio de azul de metileno (ativa) e a classificação dada pela MCT (comportamento laterítico). As 8 amostras pertencem a classe MCT LG'.

Das 7 amostras discordantes de Pejon, 2 coincidem com as amostras de Fabbri, Tabela 1. Embora não tenha existido coincidência entre a maioria das amostras discordantes, a porcentagem de correlação permaneceu praticamente a mesma. Correlação diferente foi obtida para os solos da cidade de Salvador 93% Fabbri e 63% Pejon (Burgus, 1997).

Tabela 1. Amostras que apresentam comportamento discordante entre a classificação MCT e o ensaio de adsorção do corante azul de metileno.

Amostra	Acb	%<0.002mm	Va	%<0.005mm	Classe MCT	Discordância
237.1	4.469	39	7.281	46	LG'	Fabbri/ Pejon
152.2	6.153	44.9	7.835	50	LG'	Fabbri/ Pejon
136.2	3.981	29	3	34	LG'	Pejon
231.3	2.542	31.5	6.918	38.88	NA'	Pejon
193.3	4.150	40.8	6.841	46.94	NA'	Pejon
181.4	1.315	46.5	6.494	51.5	NA'	Pejon
155.2	3.069	32.77	4.860	44.9	NA'	Pejon
207	3.092	36	5.611	39	LG'	Fabbri
89.1	3.673	36.5	5.919	43	LG'	Fabbri
135.2	2.997	42.8	14.128	48	LG'	Fabbri
191.1	2.674	45.2	8.735	50	LG'	Fabbri
181.1	2.872	41.3	7.120	50	LG'	Fabbri
30	3.106	56	10.511	62	LG'	Fabbri

O resultado expresso na Tabela 1 vem confirmar que a diferença entre os dois procedimentos reside na fração granulométrica usada no ensaio, uma vez que das 8 amostras LG' (classe laterítico argiloso) de Fabbri, 6 apresentam atividade incompatível com a classificação MCT quando analisada a fração <0,074mm e atividade compatível quando considerada a fração <2mm. As 4 amostras NA' (classe não laterítico arenoso) de Pejon apresentam atividade incompatível com a classificação MCT quando analisada a fração <2mm e atividade compatível quando considerada a fração <0,074mm. Solos argilosos lateríticos (MCT) podem ter comportamento de não laterítico quando ensaiados na fração <0,074mm (azul) e solos não lateríticos arenosos (MCT) podem apresentar comportamento de solos lateríticos quando analisada a fração <2mm (azul).

A superfície específica medida depende da natureza e da proporção das argilas presentes, podendo-se ter argilo-minerais deletérios em pequenas quantidades (Lan, 1981), o que explicaria a não percepção de seus efeitos quando compactados (Fabbri, 1994). Ainda não se sabe o nível de atividade tolerado na fração fina do solo, sem que haja comprometimento de seu desempenho, quando esse solo é utilizado em determinado tipo de obra de engenharia. Isso só será possível quando for definida a relação ideal entre a atividade admissível da fração argila, a quantidade de argila e a distribuição granulométrica do solo (Fabbri, 1994).

Quanto ao uso de ambos os procedimentos na cartografia geotécnica, as considerações levantadas nesse trabalho não permitem ainda estabelecer uma prioridade, uma vez que ambos os procedimentos

mostraram-se eficientes quer do ponto de vista conceitual, quer quanto à capacidade de prever o comportamento laterítico do solo dado pela classificação MCT.

7 CONCLUSÕES

O ensaio de adsorção do corante azul de metileno é relativamente rápido, de fácil execução e caracteriza com eficiência a atividade do solo, sendo assim completamente compatível com a cartografia geotécnica.

Observou-se que aproximadamente 100% dos solos transportados apresentam comportamento laterítico segundo a classificação MCT e que todos os solos residuais jovens e saprolitos tem comportamento não laterítico. Permanece a incerteza entre os solos residuais maduros pois exibem comportamento laterítico e não laterítico.

Quanto às limitações observadas nos dois procedimentos, temos:

a - Procedimento de Fabbri

Pode não caracterizar efetivamente o comportamento global do solo, uma vez que ensaiava apenas a fração $<0,074\text{mm}$.

Pode ter seu resultado influenciado pela flocação dos solos tropicais evoluídos, que fariam uma pré-seleção das partículas, uma vez que partículas de argila e silt durante o peneiramento podem permanecer como partículas maiores que $0,074\text{mm}$.

A obtenção da fração $<0,074\text{mm}$ é incômoda e demorada.

b- Procedimento de Pejon

A obtenção da fração $<0,002\text{mm}$ para cálculo do Acb, em muitos casos é inferida, o que pode gerar erros na obtenção desse parâmetro.

c- limitação comum a ambos os procedimentos: o ensaio de granulometria, pode apresentar curvas granulométricas diferentes para um mesmo solo, dependendo do tipo de defloculante, do tempo de dispersão e da velocidade e tempo de funcionamento do aparelho dispersor.

A comparação entre os índices VB e o Va mostrou que são índices equivalentes, uma vez que ambos representam a quantidade de azul de metileno consumido por uma determinada fração do solo. A diferença reside na fração do solo que é efetivamente ensaiada (em Va - $<0,074\text{mm}$ e em VB - $<2\text{mm}$). Mesma equivalência foi observada entre os índices CA e Acb, pois resultam da quantidade de azul de metileno consumida por uma fração granulométrica dividida pela fração fina do solo. A diferença reside na fração considerada, $<0,002\text{mm}$ para Pejon e $<0,005\text{mm}$ para Fabbri. Tais equivalências permitiram considerar os dois procedimentos semelhantes.

Quanto à capacidade de prever o comportamento laterítico dado pela MCT, ambos os procedimentos mostraram praticamente a mesma eficiência: 87,7% (Fabbri) e 89% (Pejon). O confronto mostrou que solos lateríticos argilosos (LG') podem ter comportamento não laterítico (azul) quando ensaiados na fração $<0,074\text{mm}$ e solos não lateríticos arenosos (NA') podem apresentar comportamento laterítico (azul) quando analisada a fração $<2\text{mm}$.

A linha divisória entre os solos de comportamento laterítico e não lateríticos obtida para o procedimento de Pejon (coeficiente angular = 0.11) coincidiu com a arbitrada por Fabbri (CA=11), o que atesta a semelhança entre os procedimentos.

Quanto ao uso de ambos os procedimentos na cartografia geotécnica, as considerações levantadas nesse trabalho não permitem ainda estabelecer uma prioridade, uma vez que ambos os procedimentos mostraram-se eficientes quer do ponto de vista conceitual, quer quanto à capacidade de prever o comportamento laterítico do solo dado pela classificação MCT.

Ressalta-se que as conclusões levantadas nesse trabalho, em grande parte, são restritas às amostras analisadas.

Esse trabalho, longe de ter a pretensão de esgotar a discussão, busca apenas lançar a semente do salutar embate de idéias, na perspectiva de contribuir para que no futuro

tenha-se formas mais adequadas de caracterizar os solos tropicais.

AGRADECIMENTOS

Agradece-se ao CNPq e a CAPES pela concessão de bolsas de pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Beaulieu, J. (1979) *Identification géotechnique de matériaux argileux naturels par la mesure de leur surface au moyen du bleu de méthylène*. Paris. 133p. Thèse de doctorat de 3º cycle. Univ. de Paris-Sud, Orsay.
- Burgus, P.C. (1997) *Aplicacão da Classidicação MCT e da Técnica de Adsorção de Azul de Metileno a Solos da Cidade de Salvador (BA)*. São Carlos. Dissertação (mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- Casanova, F.L. (1986) O Ensaio de Azul de Metileno na Caracterização de Solos Lateríticos. *Reunião Anual de Pavimentação*, XXI, Salvador, 1986. *Anais*. Salvador, ABPv, p.277-286.
- Castro, F.J.C.O. e (1989) Solos, sociedade e trópicos. *Colóquio de Solos Tropicais e Subtropicais e Suas Aplicações em Engenharia Civil*, II, Porto Alegre, 1989. Porto Alegre, p. 34-42.
- Fabbri, G.T.P. e Sória, M.H.A. (1991) Aplicação do Ensaio de Azul de Metileno à Classificação de Solos - Uma primeira aproximação. *Reunião Anual de Pavimentação*, XXV, São Paulo. *Anais*. ABPv, São Paulo, p.382-399.
- Fabbri, G.J.P. (1994) *Caracterização da Fração Fina de Solos Tropicais Através de Adsorção de Azul de Metileno*. São Carlos. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- Lan, T.N. (1977) Un Nouvel Essai d'Identification des Sols - l'Essai au Bleu de Méthylène. *Bulletin de Liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées*. França, n° 88, p. 136-137, mars-avr.
- Lan, T.N. (1980) L'Essai au Bleu de Méthylène - Un Progrès dans la Mesure et le Contrôle de la Propreté des Granulats.. *Bulletin de Liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées*. França, n° 107, 130-135
- Lan, T.N. (1981) Utilisation de l'Essai au Bleu de Méthylène en Terrassement Routier. *Bulletin de Liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées*. França, n° 111, 5-16.
- Lautrin, N D. (1987) Une Procédure Rapide d'Identification des argiles. *Bulletin de Liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées*. França, n° 152, 75-87.
- Lautrin, N D. (1989) Utilisation pratique des paramètres dérivés de l'essai au bleu de méthylène dans les projets de génie civil. *Bulletin de Liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées*. França, n° 160, 53-65.
- Leão, E.S. (1986) Solos e trópico. In: *Congresso Brasileiro de Tropicologia*, Recife, Ed. Fund. Joaquim Nabuco.
- Nogami, J. S. e Villibor, D. F (1995) *Pavimentação de baixo custo com solos lateríticos*. Ed. Villibor, São Paulo, 240p..
- Nogami, J. S. e Villibor, D. F. (1980) Caracterização e classificação gerais de solos para a pavimentação: limitações do método tradicional, apresentação de uma nova sistemática. *Reunião Anual de Pavimentação*, XV, Belo Horizonte.
- Nogami, J.S. e Villibor, D.F. (1981) Uma Nova Classificação de Solos para Finalidades Rodoviárias. *Simpósio Brasileiro de Solos Tropicais em Engenharia*. Rio de Janeiro, RJ, v.1, p.30-41.
- Nogami, J.S. e Villibor, D.F. (1985). Additional Considerations about a New Geotechnical Classification for Tropical Soils, *TropicalLS'85*, I, São Paulo, v.1, 165-174.
- Pejon, O. J. (1992). *Mapeamento geotécnico de Piracicaba, 1:100 000: estudo de aspectos metodológicos, de caracterização e apresentação de atributos*. São Carlos. Tese (doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.