IMPORTÂNCIA DO USO DA PEDOLOGIA NO ENSINO DA MECÂNICA DOS SOLOS BRASILEIROS

Regina Davison, Dra. Profa. Pós Graduação UFSC, pesquisadora CNPq ecv1rdd@ecv.ufsc.br
Universidade Federal de Santa Catarina - Depto. De Engenharia Civil
Campus Universitário - Córrego Grande
88 037 - 000 Florianópolis SC

Glaci Trevisan Santos, Dra., Profa. UFSC ecv1gts@ecv.ufsc.br
Universidade Federal de Santa Catarina - Depto. De Engenharia Civil
Campus Universitário - Córrego Grande
88 037 - 000 Florianópolis SC

Resumo. *Pedologia é a ciência que estuda a origem, morfologia, mapeamento, classificação e distribuição de solos. O uso da pedologia em engenharia foi sugerido, inicialmente, por Casagrande (1948) em seu trabalho sobre classificação de solos. Grigg em 1980 relaciona a pedogênese e suas implicações na engenharia, principalmente nas características mineralógicas e de plasticidade dos solos. No Brasil sua utilização na engenharia rodoviária iniciou com Nogami desde 1951. Davison Dias (1987) e Santos (1997), entre outros, utilizaram pedologia na avaliação do comportamento dos solos para obras civis. O horizonte B é o mais importante na pedologia. Nos levantamentos brasileiros os solos são classificados de acordo com o grau de desenvolvimento do horizonte B. Os solos com horizonte B mais desenvolvidos são solicitados em diferentes obras de engenharia como fundações, estradas, obras ambientais, escavações e outras. O uso da pedologia na engenharia tem sido ensinado nos cursos de pós-graduação em engenharia civil, inicialmente na Universidade Federal do Rio Grande do Sul e, atualmente, na Universidade Federal de Santa Catarina. Os levantamentos pedológicos, em geral, dão informações importantes sobre horizontes superficiais. Entretanto pode-se ter uma estimativa dos tipos de solo ou material consolidado que ocorre em maiores profundidades, uma vez que informam, também a geologia local. Uma das principais vantagens da utilização destes levantamentos, em engenharia, é a de se usar uma ferramenta já desenvolvida pelos agrônomos.*

Palavras – chave: Pedologia, Geologia, Geotecnia, Mecânica dos Solos.

1. INTRODUÇÃO

Os pedólogos geralmente são agrônomos e os levantamentos pedológicos são feitos para o uso na agricultura. Atualmente apresentam aplicações para estudos ambientais.

Segundo Simonson (1959), a pedogênese é o processo de formação dos solos, que se caracteriza pela adição, perda, transformação e transporte de material e atua desde o material de origem. Os solos são dotados de atributos resultantes da diversidade de efeitos da ação

integrada do clima e dos organismos, atuando sobre o material de origem, em determinadas condições de relevo durante certo período de tempo.

O horizonte B é o mais importante na pedologia. De acordo com o grau de desenvolvimento do horizonte B são classificados os solos nos levantamentos brasileiros. Os solos com horizonte B mais desenvolvidos são solicitados em diferentes obras de engenharia tais como: fundações, estradas, obras ambientais, escavações e outras.

Os levantamentos pedológicos, em geral, dão informações importantes sobre horizontes superficiais além de informar a geologia local. Existem mapas pedológicos, em diferentes escalas, para praticamente todo o Brasil. Pode-se, ainda, citar outras vantagens do uso dos levantamentos pedológicos:

- Servem como complementação dos levantamentos geológicos, principalmente nos locais onde ocorrem espessas camadas de solo acima do material consolidado ou parcialmente intemperizado.
- As camadas de solos são identificadas como horizontes pertencentes a unidades de mapeamento. Normalmente, em engenharia geotécnica, os solos são caracterizados por pontos isolados de furos de sondagens.
- Tem-se conhecimento dos mecanismos de formação dos solos através dos processos geológicos e processos pedogenéticos.
- Utilizando-se a pedologia pode-se definir com maior precisão, através de usos de métodos padronizados, as características morfológicas dos solos.
- As classificações pedológicas associadas às geológicas funcionam como indicadores de unidades geotécnicas. Os mapas topográficos auxiliam na delimitação das unidades e das inclusões de solos hidromórficos.
- Pode-se agrupar os resultados de experimentos (provas de carga, ensaios de laboratório ou ensaios de campo como SPT, Cone, etc) de acordo com as unidades geotécnicas previamente estabelecidas. Isso facilita a extrapolação dos resultados destes experimentos para outros locais semelhantes em fase de anteprojeto.
- Orienta na escolha do universo de resultados para o estabelecimento de correlações e índices utilizando-se a estatística. Estas correlações devem ser feitas para solos de mesma unidade e mesmo horizonte.

2. PERFIL DE SOLOS

Os perfis de solos analisados na mecânica dos solos são, geralmente, obtidos de sondagens de simples reconhecimento como sondagens SPT – “Standart Penetration Test”. Nestas o solo é composto por camadas caracterizadas por granulometria, resistência à penetração de um amostrador padrão e profundidade do lençol freático. A descrição do material é feita de maneira empírica, sem critério de distinção de horizontes e definição de gênese do material. Algumas vezes, no boletim de sondagem, são encontradas camadas que o sondador declara ser solo residual sem, no entanto, citar a rocha de origem.

Na pedologia o perfil de solo é composto por uma série de camadas denominadas horizontes. Os horizontes são, na maioria das vezes, paralelos e possuem características originadas de mesmos processos genéticos e pedogenéticos. As características que, em geral, diferenciam os horizontes são: ***cor, textura, estrutura, consistência, presença de material orgânico,*** etc.

Os principais horizontes de solos, de acordo com a pedologia, são representados pelas letras ***A, B, C e R***. Os horizontes A e B formam o solo superficial, no qual o material de origem sofreu alterações através de processos pedogenéticos. O horizonte C consiste material de origem alterado por processos de intemperismo. O horizonte R corresponde à rocha inalterada. Um horizonte de importância na engenharia geotécnica que se situa, de acordo com a evolução pedogenética, entre o horizonte C e a rocha sã, é o horizonte RA, formado por

rochas que estão iniciando o processo de intemperismo, com presença de falhas e fissuras, muitas vezes, argilizadas. São considerados, ainda, na pedologia os horizontes **O, H** e **F**.

O **horizonte A,** nas várias aplicações da engenharia é retirado durante os trabalhos de terraplanagem. Atualmente este deve ser reservado para depois ser utilizado na recuperação das jazidas e no controle da erosão. É um horizonte mineral com matéria orgânica. Possui, em geral, menos que 80 cm de espessura. A cor torna-se mais escura à medida que aumenta o teor de matéria orgânica. Freqüentemente, pela eluviação de argila do horizonte A, encontra-se um **horizonte E**, também com espessura reduzidas, entre os horizontes A e B. Os **horizontes O** e **H**, diferenciam-se do horizonte A por serem horizontes formados por matéria orgânica, o primeiro com drenagem desimpedida, sem estagnação de água, enquanto o **H** é formado por acumulação de resíduos sob condições prolongadas ou permanentes de estagnação de água.

Na Pedologia, os solos são classificados de acordo com o grau de desenvolvimento do **horizonte B**. Os solos com horizonte B mais desenvolvido não apresentam mais a estrutura e composição química da rocha de origem. São designados pelos geotécnicos como solo residual maduro ou solo poroso. Entretanto podem ocorrer outros tipos de horizonte B menos evoluídos. Podem ocorrer, ainda, perfis de solos sem esse horizonte. Os menos desenvolvidos apresentam espessuras, muitas vezes, inferiores a 1.0 m. e os mais evoluídos podem ultrapassar 20.0 m.

O **horizonte F** encontra-se sob os horizonte A, E ou B. É rico em ferro ou alumínio. Apresenta um endurecimento irreversível, devido ao agente cimentante dos óxidos.

O **horizonte C,** quando guarda a estrutura da rocha de origem, é chamado, na engenharia, de solo saprolítico ou horizonte residual. Nesse horizonte predomina a atuação dos processos geológicos, sendo que, as características da rocha de origem, tais como mineralogia, textura e estrutura, têm papel fundamental no seu comportamento mecânico. O horizonte C, assim como o horizonte B, também pode apresentar diferentes graus de intemperização. Isto é, na massa do horizonte C podem ser encontrados, mais próximos do horizonte B, solos onde o processo de argilização foi mais intenso. Algumas litologias, como o basalto e o granito, apresentam também o processo de argilização atuando de forma esferoidal. Nesses casos ocorrem, muitas vezes, matacões dispersos no horizonte. O **horizonte RA** é a rocha alterada. O processo de argilização inicia, principalmente, nas juntas e falhas. O **horizonte R** é a própria rocha sã.

3. CLASSIFICAÇÃO PEDOLÓGICA E A SUA RELAÇÃO COM A MECÂNICA DOS SOLOS

A classificação dos solos utilizada na maioria dos levantamentos de solos realizados no país, foi desenvolvida por Baldwing, Kellog e Thorp em 1938 e, posteriormente, modificada por Thorp e Smith em l949. Os solos são classificados de acordo com o grau de desenvolvimento do horizonte B. Solos bem evoluídos são aqueles onde o processo de argilização foi intenso e todos os minerais primários já foram transformados em argila do grupo da caolinita e óxidos de ferro e alumínio. Na classificação pedológica usada no Brasil os perfis são classificados em quatro grupos: **B latossólico, B textural, B incipiente e sem horizonte B**. Esta ordem considera o decréscimo do grau de desenvolvimento do horizonte B. Como exemplo considera-se os solos do Rio Grande do Sul, classificados por Lemos e outros (1973), conforme tabela 1.

4. ANÁLISE DE SPT CONSIDERANDO A PEDOGÊNESE

Exemplo para Perfis com Substrato Basalto

A geologia é uma ciência bastante útil na engenharia, mas esta deve ser associada com a pedologia, uma vez que nos climas tropicais e subtropicais as espessuras de solo são relativamente grandes. Com substrato basalto encontra-se vários tipos de perfis de solos cujo comportamento é diferenciado quanto a engenharia de fundações. Analisando a Tabela 1 verifica-se que ocorrem diferentes classificações pedológicas com substrato basalto. Pela mesma tabela nota-se que ocorrem solos com horizonte B bem desenvolvido até solos sem horizonte B.

Os solos com B latossólico, Latossolo Roxo e Latossolo Vermelho Escuro apresentam este horizonte espesso podendo ocorrer com mais de 20 m de profundidade. O Latossolo Bruno e o Húmico são menos evoluídos tendo, em geral, menores espessuras. Estima-se que não ultrapassem 4,0 m. Em profundidades maiores são encontrados horizontes C, residuais de basalto.

Do ponto de vista de fundações estima-se que, nos Latossolos, possam ser utilizadas fundações superficiais tipo sapata quando o SPT for superior a 5. Valores inferiores indicam solos colapsíveis. Para pequenas obras pode ser usada estaca broca. O horizonte B pelas suas características não é expansivo. As escavações são acima do nível d'água e, geralmente, são estáveis. Podem ocorrer problemas em solos oriundos de arenito, que apresentem baixa coesão no estado inundado.

O termo Laterítico Bruno Avermelhado é obsoleto. Atualmente estes solos estão sendo classificados como Terra Roxa Estruturada , Terra Bruna Estruturada e outros. Um perfil de Terra Roxa Estruturada é parecido com o Latossolo Roxo. Entretanto, por ter um B textural, apresenta o horizonte A mais arenoso que o B. Como estes solos são menos evoluídos que os Latossolos, o horizonte B é menos espesso.

O Brunizém Avermelhado é menos desenvolvido ainda, podendo apresentar características expansivas no horizonte B. As fundações deverão ser superficiais, assentes no horizonte C residual de basalto. O Cambissolo apresenta um horizonte B siltoso que, em geral, não ultrapassa 80 cm. Abaixo encontra-se o horizonte C residual de basalto. As fundações também podem ser superficiais e devem ultrapassar o horizonte B, que é bastante siltoso. O Litólico com substrato basalto indica que a rocha está próxima da superfície. Nestes a fundação é superficial.

Na Bacia do Paraná ocorrem perfis profundos de Latossolos Vermelho Escuro com substrato arenito. Estes solos, em geral, apresentam o horizonte B colapsível, principalmente com SPT inferior a 5. A Figura 1 apresenta um perfil deste Latossolo. Ocorre, também, Podzólico Vermelho Amarelo, Podzólico Vermelho Escuro e outros solos menos desenvolvidos com substrato rochas sedimentares. O horizonte C destas rochas quando, formados por material fino oriundo de argilito, siltito e folhelho tem apresentado problemas de expansividade. O horizonte B apresenta ou não dependendo do grau de evolução do mesmo.

Com substrato Sedimentos Quaternários tem-se diferentes tipos de solos com comportamento, também, diferenciado. As Areias Quartzosas são formadas por perfis essencialmente arenosos muitas vezes com alta capacidade de suporte mas com a presença de argila mole em profundidades de 6,0 m ou mais. Tais perfis são encontrados em Florianópolis com essa classificação.

Nessa geologia encontra-se solos classificados na pedologia como Glei. São solos argilosos desde a superfície, atingindo profundidades variáveis, geralmente superiores a 6.0, tanto em Porto Alegre como Florianópolis, Joinvile e na duplicação da BR 101. Em

Florianópolis a fundação usada neste tipo de material é estaca pré moldada de concreto cravada.

TIPO DE HORIZONTE B	ATIVIDADE DA ARGILA	HIDRO-MÓRFICO	GRANDES GRUPOS	PORCENTAGEM DE ÁREA	
				UNIDADES	ASSOCIA-ÇÕES
LATOSSÓLICO	BAIXA	NÃO	LATOSSOLO ROXO LATOSSOLO VERMELHO ESCURO LATOSSOLO BRUNO LATOSSOLO HÚMICO	12.0 5.8 1.8 1.1	
TEXTURAL	BAIXA	NÃO	PODZÓLICO VERMELHO AMARELO LATERÍTICO BRUNO AVERMELHADO (atual Terra Roxa Estr. e Podzólico Vermelho-Escuro)	7.7 6.0	
	ALTA	NÃO	BRUNIZÉM AVERMELHADO BRUNIZÉM	1.1 1.7	11.9 (*)
		SIM	PLANOSSOLO BRUNIZÉM HIDROMÓRFICO	10.5 5.3	
INCIPIENTE	BAIXA	NÃO	CAMBISSOLOS	2.4	
POUCO DESENVOL-VIDOS	BAIXA	NÃO	LITÓLICOS GRANITO LITÓLICO BASALTO	2.2 3.5	4.5
	ALTA	NÃO	LITÓLICO BASALTO LITÓLICO XISTO LITÓLICO ARENITO	6.3 0.6 0.85	14.9 (*) 1.1
	ALTA	SIM	GLEY HÚMICO ORGÂNICOS VERTISSOLOS ALUVIAIS	1.3 0.6 0.6 0.6	
		NÃO	AREIAS QUARTZOSAS	1.6	
		SIM	AREIAS QUARTZOSAS	0.6	

(*) O Brunizém Avermelhado forma associação com o Litólico de basalto.

Tabela 1 - Principais grandes grupos de solos do Rio Grande do Sul e porcentagens aproximadas de ocorrência no estado. Baseado em Lemos e outros (1973).

5. CONCLUSÕES

O uso da pedologia na engenharia tem sido ensinado nos cursos de graduação e pós-graduação em engenharia civil na UFRGS, UFSC, UNISUL E FURB. Tem-se trabalhado com profissionais das áreas de arquitetura, geografia, cartografia, além da engenharia e observa-se bom aproveitamento das noções de pedologia, importantes no estudo de fundações, estabilidade de encostas, aterros de rodovias e erodibilidade. Desta maneira é possível treinar técnicos que executam sondagens para descrever melhor os perfis de forma que possam ser enquadrados num grande banco de dados de unidades geotécnicas. O solo é um material estudado por diferentes áreas da ciência. Apresenta, por isso, um caráter multidisciplinar. O que se propõe nesse trabalho é ensinar a integração das informações geológicas, pedológicas e geotécnicas no sentido de melhor compreender o comportamento geotécnico do solo.

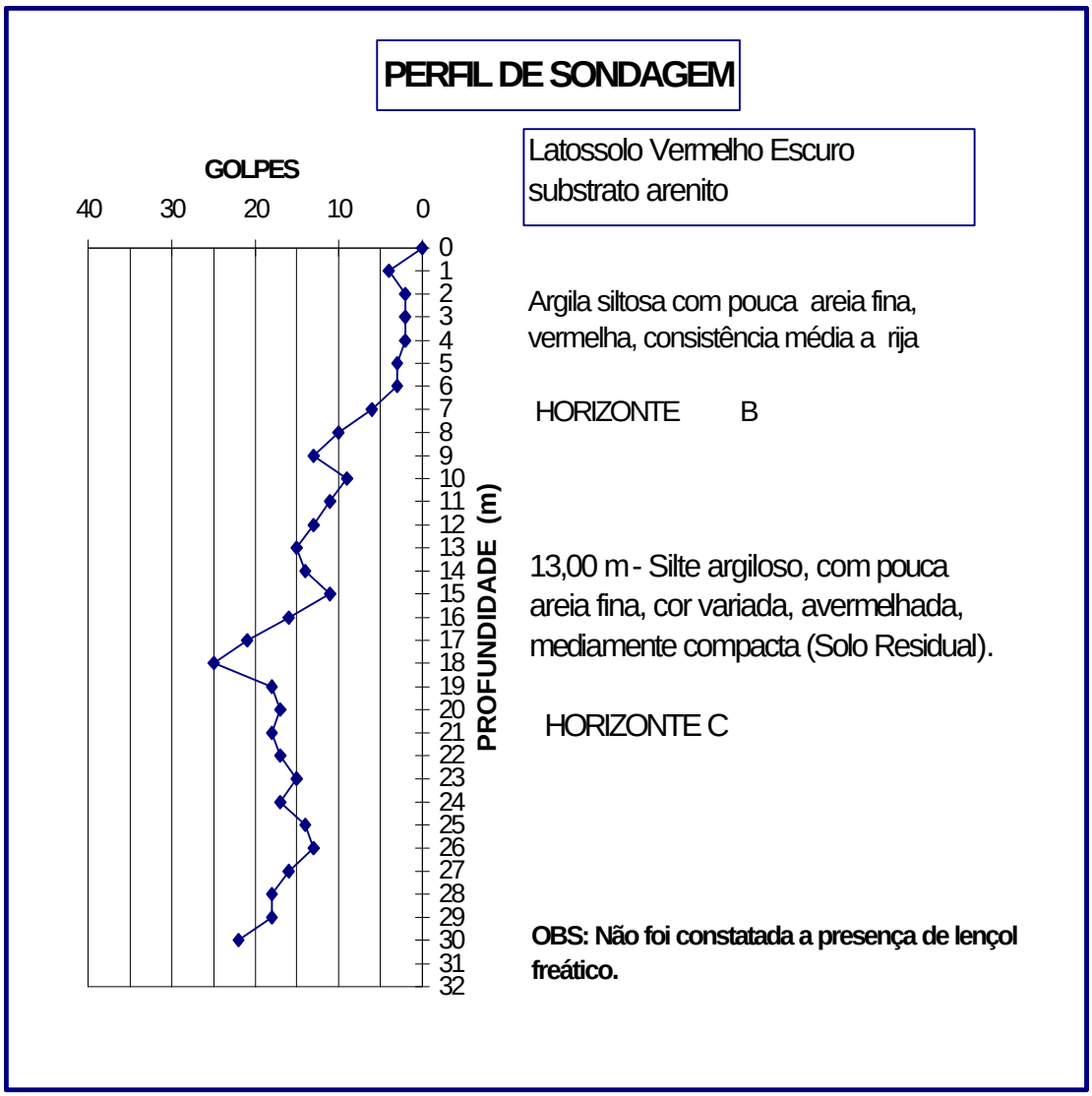

Figura 1 – Perfil de sondagem executada em Latossolo substrato arenito da Bacia do Paraná.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALONSO, U.R . Exercícios de Fundações. São Paulo. Edgar Blucher. 1983;

BALDWIG, M.; KELLOG, C. E. & THORP, J. Soil classification. In: Soil and men. USDA Agriculture Yearbook: 797-1001. Washington, DC., 1938;

CASAGRANDE, A. Classification and identification of soils. ASCE. Vol 113, pag. 901, 1948;

DAVISON DIAS, R. Aplicação de Pedologia e Geotecnia no Projeto de Fundações de Linhas de Transmissão, Rio de Janeiro, 1987;

GRIGG, P. V. The Pedogenesis of humid tropical residual soils and its engineering implications. MSc. University of Surrey. 1980. MSc. Dis;

HACHICH, W, et alii Fundações- Teoria e Prática, ABMS/ABEF, Editora PINI, pp.744. 1996;

LEMOS, R. C. et alii. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de pesquisa pedológica. Recife, 1973. EMBRAPA (Boletim Técnico, 30);

NOGAMI, J. A importância da geologia aplicada nos estudos dos solos para finalidades rodoviárias. In: CONGRESSO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGEM. São Paulo, 1951;

SANTOS, G. T. Integração de informações pedológicas, geológicas e geotécnicas aplicadas ao uso do solo urbano em obras de engenharia, Porto Alegre, 1997;

SIMONSON, R. W. Outline of a generalized theory of Soil Genesis. Soil Sci. Soc. Am. Proc. (23): 152-156, 1959;

THORP, J. SMITH, G. D. Higher categories of soil classification: order, suborder and great soil group. SOIL SCIENCE. 67: 117 – 126, 1949;

VELLOSO, D.A. e Lopes F.R – Fundações. Vol. 1 1997. COPPE;

ZUQUETTE L. V., NAKAZAWA, V. A. Geologia de Engenharia / editores Antônio Manoel dos Santos Oliveira, Sérgio Nertan Alves de Brito. – São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998, p 281;