

CARACTERIZAÇÃO DE SOLOS UTILIZADOS EM ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS: Avaliação de solos melhorados com vista na redução de processos erosivos

Camila Belleza Maciel¹; Ângela Grando²; Marciano Maccarini;³ Masato Kobiyama⁴ & Rafael Augusto dos Reis Higashi⁵

RESUMO --- Estudos de perdas de solo tornam-se cada vez mais importantes, uma vez que o conhecimento dos mecanismos desencadeadores da produção de sedimentos permite a adoção de técnicas que amenizem os impactos ambientais causados pela erosão, tais como assoreamento de cursos d'água e poluição dos recursos hídricos. Neste contexto, objetivou-se neste trabalho a realização de ensaios geotécnicos em solos de duas jazidas de solos utilizadas na construção e adequação de estradas não pavimentadas de fazendas de reflorestamento no município de Rio Negrinho – SC. Por meio do ensaio expedito MCT, foi possível verificar a alteração das características dos solos após a adição de cal como agente estabilizante, sendo este resultado satisfatório como método de minimização dos processos erosivos decorrentes em estradas não pavimentadas.

ABSTRACT --- Studies of soil loss become each time more important, a time that the knowledge of the activator mechanisms of the production of sediment allows the adoption of techniques that brighten up the ambient impacts caused by the erosion, such as banking of courses of water and water pollution. In this context, one objectified in this work the accomplishment of geotechnical assays in ground of two ground deposits used in the construction and adequacy of roads not paved of farms of reforestation in the city of River Negrinho - SC. By means of assay MCT, the whitewash addition was possible to after verify the alteration of the characteristics of ground as stabilizer agent, being this satisfactory result as method of reduction of the decurrent erosive processes in roads not paved.

Palavras-chave: Erosão hídrica, estradas não pavimentadas, estabilização de solos.

¹ Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – UFSC, Caixa Postal 476, CEP 88040-900. Florianópolis-SC. E-mail: camilabelleza@hotmail.com

² Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – UFSC, Caixa Postal 476, CEP 88040-900. Florianópolis-SC. E-mail: angela.grando@gmail.com

³ Professor do Departamento de Engenharia Civil – UFSC, Caixa Postal 476, CEP 88040-900. Florianópolis-SC. E-mail: ecv1mac@ecv.ufsc.br

⁴ Bolsista do CNPq, Professor do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFSC, Caixa Postal 476, CEP 88040-900. Florianópolis-SC. E-mail: kobiyama@ens.ufsc.br

⁵ Professor do Departamento de Engenharia Civil – UNISUL, Ponte do Imaruím, CEP 88130-475. Palhoça-SC. E-mail: rafael.higashi@unisul.br

1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui aproximadamente 1.634.071 km de estradas distribuídas nas diferentes regiões, das quais aproximadamente de 87 % não são pavimentadas (ANTT, 2008). As exigências para as estradas não pavimentadas, associadas ao acréscimo de áreas florestadas no decorrer dos anos, elevaram-se em função de alguns fatores: aumento do volume de tráfego, necessidade de trafegabilidade durante todo o ano, principalmente nos períodos de chuva, necessidade de estradas com maior vida útil com baixo custo de manutenção. Desta forma, o setor de estradas tem adquirido grande importância dentro do setor florestal, uma vez que os custos do transporte, incluindo os custos de implantação e manutenção de estradas, incidem significativamente sobre o valor final da madeira.

Em paralelo às questões econômicas, as questões ambientais são de fundamental importância dentro dos estudos de implantação e conservação de estradas não pavimentadas. Fonte de processos erosivos expressivos, as estradas não pavimentadas alteram as características naturais do terreno, modificando o percurso natural do escoamento superficial, alterando a capacidade de infiltração da água no solo e, em alguns casos, concentrando águas advindas de áreas adjacentes, funcionando de maneira semelhante a um canal de drenagem (Griebeler, 2002).

A erosão provocada pela água no leito e nas margens de estradas não pavimentadas é um dos principais fatores para sua degradação, sendo responsável pela maior parte das perdas de solo. Grace *et al.* (1998) salientam que mais de 90 % do sedimento produzido em áreas florestais provém das estradas, sendo a drenagem inadequada um dos principais fatores responsáveis por essas perdas.

O estudo da erosão hídrica é complexo, pois envolve diferentes mecanismos que são agravados pela multiplicidade e inter-relação de fatores intervenientes no fenômeno. Bastos (1999) agrupou estes fatores em quatro classes: Fatores Climáticos, Fatores Topográficos, Fator Vegetação e Fator Solo. Este último fator reúne o efeito das propriedades do solo que regem a velocidade de infiltração da água da chuva e que determinam a resistência à erosão pelas gotas e pelo escoamento superficial.

Os materiais utilizados nas camadas de base e sub-base de uma estrada devem apresentar certas propriedades físicas e químicas, para que sejam capazes de conferir estabilidade e resistência mecânica aos esforços e cargas a que serão submetidos durante toda a vida útil da estrada (Azevedo & Ramalho, 2000). Além disso, as perdas de solo das estradas não pavimentadas estão diretamente relacionadas a estas propriedades. Porém, nem sempre o solo local satisfaz às especificações para sua utilização. Neste caso, tem-se a opção alterar as propriedades do solo existente de forma a criar um material capaz de responder às necessidades prevista, sendo esta técnica conhecida por Estabilização de Solos (Núñez, 1991).

Assim sendo, o presente trabalho teve como objetivo analisar o comportamento do solo natural e melhorado com a utilização de cal em estradas não pavimentadas, em uma fazenda de reflorestamento no município de Rio Negrinho – SC, visando a redução das perdas de solo nestas estradas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

As jazidas de solo analisadas localizam-se na Fazenda Cerro Azul e Rio Feio, ambas pertencentes à empresa Battistella Florestal, situadas no município de Rio Negrinho, região do planalto norte de Santa Catarina (Figura 1). Nesta região predomina o clima do tipo Cfb - Mesotérmico, subtropical úmido, com verões frescos, sem estação seca e com geadas severas freqüentes, conforme a classificação de Koppen. Segundo Kobiyama *et al.* (2004), a temperatura média anual na região é de 18,3 °C e a precipitação média anual é de 1.572 mm. A umidade relativa do ar pode variar de 80 a 86,2% (EPAGRI/CIRAM, 2006).



Figura 1: Jazidas de solo analisadas

De acordo com a classificação do solo do Estado de Santa Catarina realizado pela EMBRAPA (2004), em escala 1:250.000, o solo da fazenda Rio Feio caracteriza-se como Cambissolo Álico Tb A moderado (Ca9), textura argilosa, fase floresta subtropical perenifólia, relevo suave ondulado e ondulado. A formação geológica predominante são rochas sedimentares paleozóicas (arenito e folhelho) que demonstram estratificação horizontal (Kobiyama *et al.*, 2007).

2.3. Ensaio de Caracterização dos Solos

Após a coleta das amostras em campo, estas foram encaminhadas ao Laboratório de Mecânica dos Solos da UNISUL, onde foram realizados os seguintes ensaios:

- 1) Análise granulométrica (ABNT 7181/1984);
- 2) Determinação da massa específica dos grãos (NBR 6508/1984);
- 3) Limites de Atterberg: Limite de Liquidez (NBR 6459/1984) e Limite de Plasticidade (NBR 7180/1984);
- 4) Ensaio Expedito para Classificação MCT (Miniatura Compactado Tropical (Método das Pastilhas). Este método permite a classificação do solo, através do comportamento de pastilhas moldadas em anéis de aço inox de 20 mm de diâmetro interno e 5 mm de altura (Nogami & Villibor, 1994 e 1996). Esta classificação correlaciona a contração das pastilhas com o coeficiente c' e a penetração com o índice e' . A contração se correlaciona com a compressibilidade dos solos compactados e a penetração correlaciona-se com a coesão e resistência do solo quando em presença de água (Neto, 2004).

2.3. Estabilização de Solo

Com o objetivo de avaliar o comportamento destes solos adotando a estabilização com cal como técnica de estabilização de solos com o intuito de minimizar os processos erosivos, foi utilizado o Método de Eades e Grim – pH. Este método permite, por meio da determinação do pH de uma mistura de solo, água e porcentagens determinadas de cal, definir o teor ótimo de cal para estabilizar o solo em questão. O menor teor que conduz a um pH de 12,4 é o teor necessário para estabilizar o solo, ou seja, na mistura há cal suficiente para toda a fase rápida e para dar início às reações pozolânicas, as quais consomem mais cal.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Caracterização dos Solos das Jazidas Rio Feio e Cerro Azul

As Figuras 2 e 3 apresentam as curvas granulométricas do solo natural, com e sem a utilização de defloculante na fração fina, para os solos da jazida Rio Feio e Cerro Azul, respectivamente.

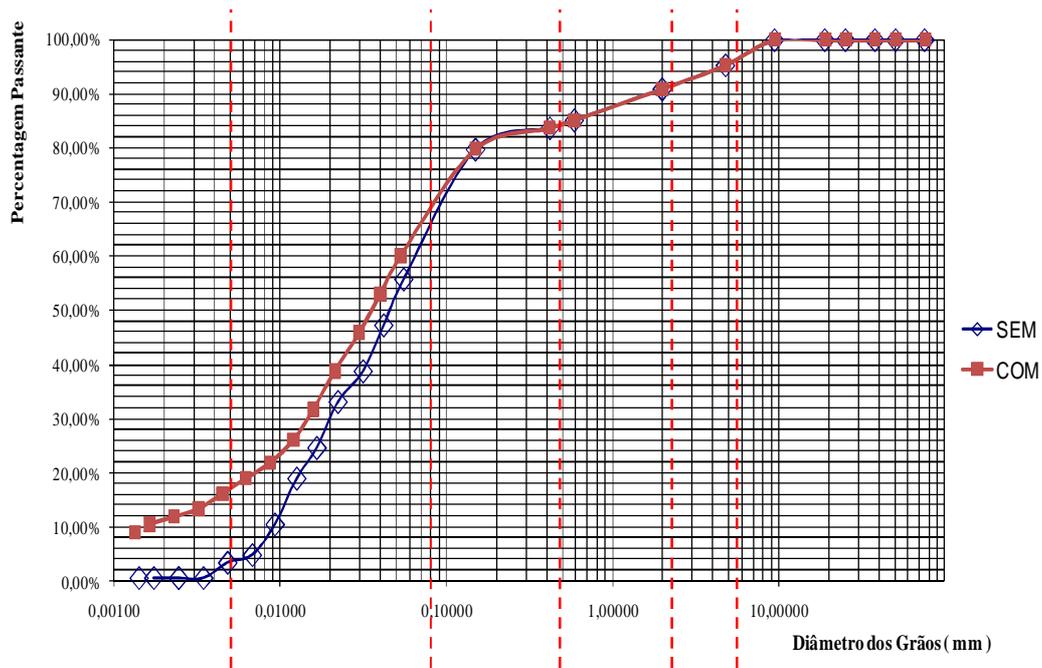


Figura 2: Curva Granulométrica - Jazida Rio Feio

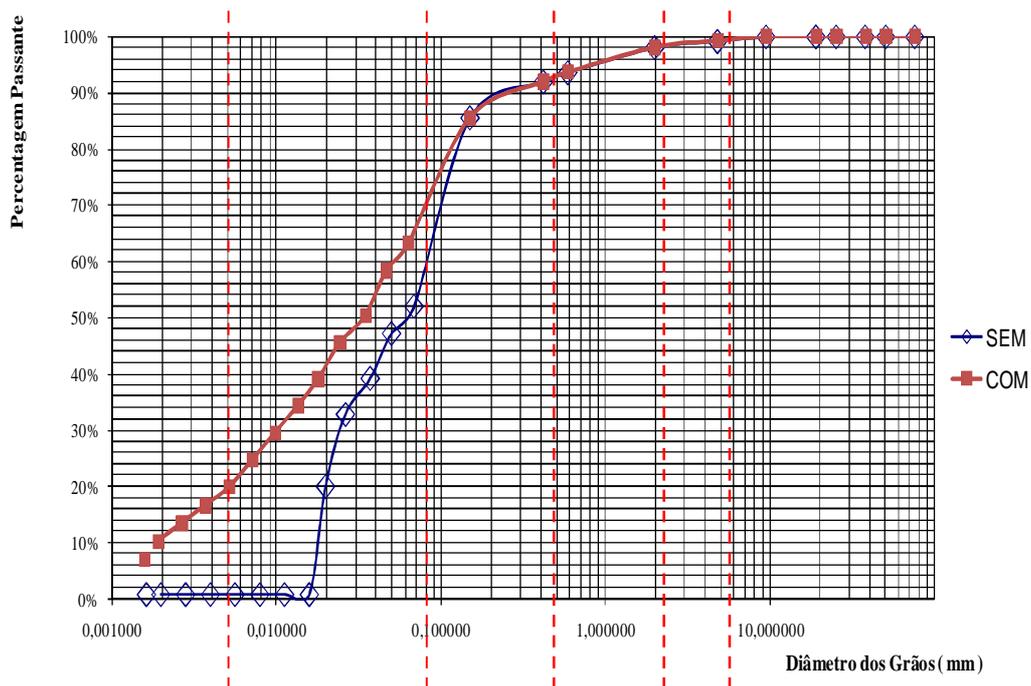


Figura 3: Curva Granulométrica - Jazida Cerro Azul

A partir dos resultados obtidos por meio do ensaio de granulometria, juntamente com os ensaios para determinação do Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade, é possível classificar o solo, segundo a classificação HRB e SUCS, conforme a tabela 1.

Tabela 1 – Classificação HRB e SUCS

Solo	RIO FEIO	CERRO AZUL
Limite Liquidez	41,20	35,70
Limite Plasticidade	32,70	19,60
Índice de Plasticidade	8,50	16,10
% Passante Peneira 4 (4,8mm)	95,33	99,19
% Passante Peneira 10 (2,0mm)	90,93	98,08
% Passante Peneira 40 (0,42mm)	83,70	91,98
% Passante Peneira 200 (0,075mm)	68,04	77,19
Índice de Grupo	6,8	15,9
Classificação HRB	A-5	A-7-6
Classificação SUCS	ML	CL
	Siltoso	Argiloso

Para a classificação SUCS a jazida Rio Feio possui características de solo siltoso, enquanto a jazida Cerro Azul, solo argiloso pouco plástico. Segundo a classificação HRB, o solo da jazida Rio Feio é definido como siltoso e o solo da jazida Cerro Azul como argiloso. Desta forma, em função destas características, os solos das duas jazidas analisadas não são adequados para utilização como camada de um pavimento.

O Método Expedito das Pastilhas MCT possibilita a análise do solo como um parâmetro para a caracterização dos solos em questão. A tabela 2 apresenta os valores obtidos através do ensaio de MCT.

Tabela 2: Classificação MCT

SOLO	RIO FEIO	CERRO AZUL
CLASSIFICAÇÃO	NS`-NG`	NS`-NA`
	Siltoso – Argiloso - Não Laterítico	Siltoso – Arenoso – Não Laterítico

Ambos os solos foram classificados como Não Lateríticos, ou seja, solos que não apresentam um bom comportamento compactado. Para a jazida Rio Feio foi classificado como Siltoso – Argiloso – Não Laterítico. Para o Cerro Azul Siltoso – Arenoso – Não Laterítico, o que representa um solo melhor no que se diz a resistência.

3.2. Estabilização dos Solos das Jazidas Rio Feio e Cerro Azul

O ensaio utilizando o Método do pH foi realizado de acordo com a metodologia, até ser encontrado um valor de pH igual a 12,4. Foram obtidos como teores ótimos 5% de cal para o solo da jazida Rio Feio e 7% de cal para o solo da jazida Cerro Azul.

Após a obtenção dos teores ótimos de cal, foram analisadas três porcentagens de cal, para mais e para menos, a partir destes teores, sendo de 2% a 8% para a jazida Rio Feio e 4% a 10% para a jazida Cerro Azul. Foi realizado então o Ensaio Expedito das Pastilhas MCT, obtendo desta forma a classificação MCT (Tabelas 3 e 4).

Tabela 3: Resultados do ensaio de MCT – Rio Feio

Cal	Penetração	Contração	Classificação MCT
0%	4,0mm	1,2mm	NS' - NG' – Siltoso – Argiloso Não Laterítico
2%	2,0mm	0,6mm	NA'-NS' – Arenoso – Siltoso Não Laterítico
3%	3,0mm	0,5mm	NA'-NS' - Arenoso – Siltoso Não Laterítico
4%	2,0mm	0,4mm	NA'-NS'- Arenoso – Siltoso Não Lateríticos
5%	2,0mm	0,4mm	NA'-NS'- Arenoso – Siltoso Não Laterítico
6%	0,0mm	0,6mm	LA'- Arenoso Laterítico
7%	0,0mm	1,0mm	LA'-LG' – Arenoso - Argiloso Laterítico
8%	0,0mm	1,2mm	LA'-LG' – Arenoso - Argiloso Laterítico

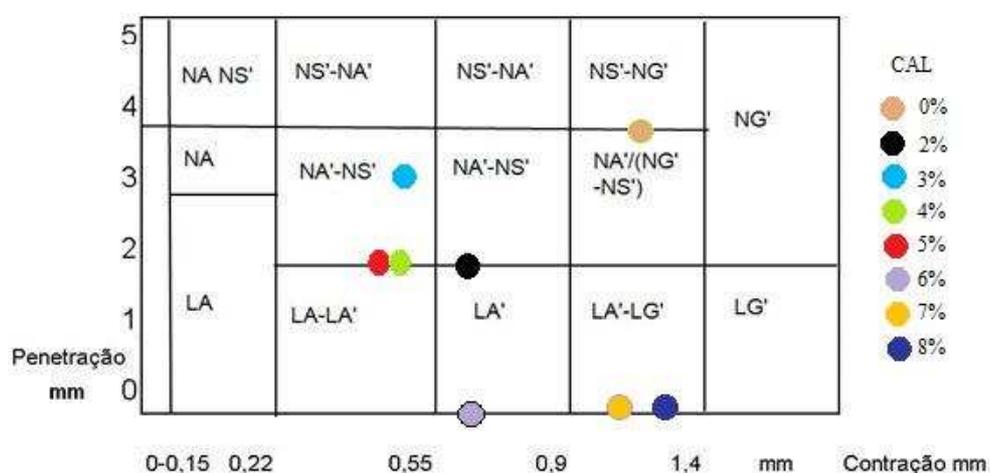


Figura 4: Gráfico da Classificação MCT

Tabela 4: Resultados do ensaio de MCT – Cerro Azul

Cal	Penetração	Contração	Classificação MCT
0%	5,0mm	0,8mm	NS' - NA' – Siltoso - Arenoso Não Laterítico
4%	4,0mm	0,4mm	NS'-NA' – Siltoso - Arenoso Não Laterítico
5%	3,0mm	0,3mm	NA-NS' - Arenoso – Siltoso Não Laterítico
6%	5,0mm	0,1mm	NA'-NS'- Arenoso – Siltoso Não Laterítico
7%	0,0mm	0,4mm	LA- LA'- Arenoso – Laterítico
8%	0,0mm	0,2mm	LA- Arenoso Laterítico
9%	0,0mm	0,1mm	LA- Arenoso Laterítico
10%	0,0mm	0,7mm	LA'- Arenoso Laterítico

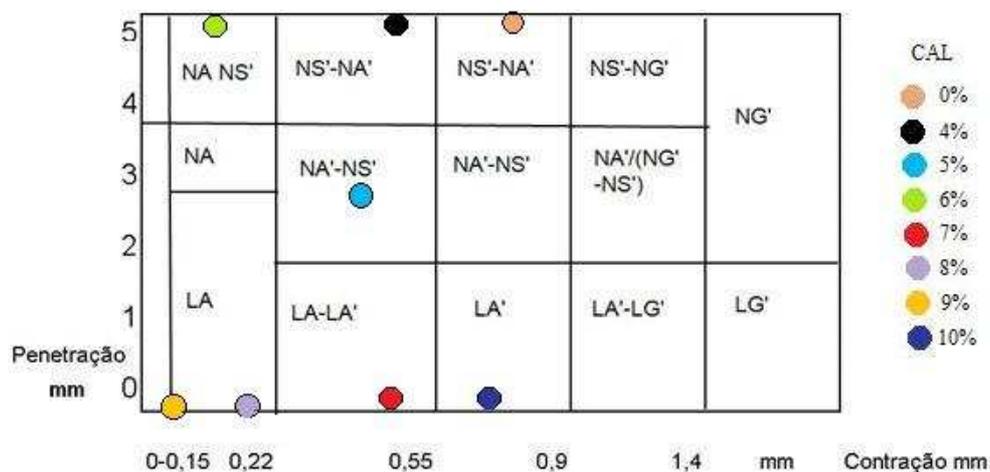


Figura 5: Gráfico da Classificação MCT – Cerro Azul

Em ambas as jazidas a adição de cal modificou a estrutura do solo, passando de um material siltoso/argiloso para um material arenoso, confirmando que o aditivo reage com o solo através das reações pozolânicas, tornando o mesmo, viável para uma camada compactada. Em consequência, há uma redução das perdas de solo em função das características de estabilidade e resistência à erosão de um solo laterítico.

4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste estudo, nas duas jazidas analisadas no município de Rio Negrinho – SC permitem concluir que:

- A dosagem da cal utilizando o método do pH mostrou-se válida, sendo uma metodologia adequada para dosagem de cal para melhoria dos solos tropicais, sendo verificada pelo Método das Pastilhas;
- Por meio do Ensaio Expedito para Classificação MCT, pode-se verificar a redução das porções de silte e argila dos solos avaliados em função das reações pozolânicas, tendo como consequência o aumento da estabilidade e resistência à erosão;
- Os solos das jazidas Rio Feio e Cerro Azul tiveram suas características melhoradas após a adição de cal, passando de não laterítico a laterítico, o que pode-se concluir que a adição de cal nos solos das duas jazidas contribui para a redução dos processos erosivos quando utilizados em estradas não pavimentadas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos membros do Laboratório de Mecânica dos Solos da UNISUL, pelo auxílio durante a execução dos ensaios, aos membros do Laboratório de Hidrologia da UFSC e ao funcionário da Battistella Florestal, José Lucindo, pelo auxílio na coleta de amostras. O presente trabalho foi financiado parcialmente pelo projeto “Monitoramento e Modelagem

Hidrossedimentológica de Bacias Hidrográficas Rurais na Região Serrana Catarinense” (MCT/CNPq/CT-Hidro 13/2005).

BIBLIOGRAFIA

a) Livro

BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. (2005). *Conservação do solo*. 5ª edição. Ícone São Paulo-SP, 355 p.

b) Artigo em Revista

ASKEW, G.R.; WILLIAMS, T.M. *Sediment concentrations from intensively prepared wetland sites*. Southern journal of applied forestry, v.8, n.3, pp.152-157, 1984.

GRACE III, J. M., RUMMER, B., STOKES, B. J. e WILHOIT, J. *Evaluation of erosion control techniques on forest roads*. Transactions of the ASAE, v. 41, n.2, pp.383-391, 1998.

c) Artigo em Anais de Congresso ou Simpósio

AZEVEDO, A. L. C.; RAMALHO, R. W.. *Estabilização de Solos com Adição de Cal*. In.:Simpósio Internacional de Manutenção e Restauração de Pavimentos E Controle Tecnológico. São Paulo, SP, 2000.

KOBIYAMA, M.; FRUET, D.; LIMA, R.T.; MARSCHNER, S.; GUIMARÃES, L.M.R.; CHAFFE, P.L.B. *Estudo hidrológico comparativo entre três pequenas bacias experimentais no município de Rio Negrinho - SC: (1) Descrição*. In: Encontro Sul-Americano de Geomorfologia (1: 2004: Santa Maria) Santa Maria: UFSM, Anais, 2004. 12p. (CD-rom)

KOBIYAMA, M., CHECCHIA, T., CORSEUIL, C. W., LINO, J. F. L., LOPES, N. H. Y., GRISON, F., CHAFFE, P. L.B., MALUTTA, S., RIBAS JUNIOR, U., LANGA, R., BASSO, S. *Forest hydrology project (UFSC MOBASA) for water resources management in Rio Negrinho City, Santa Catarina, Brazil*. IAHS-AISH Publication, 315, pp. 250-257 , 2007.

NOGAMI, J.S.; VILLIBOR, D.F. (1994). *Identificação expedita dos grupos da classificação MCT para solos tropicais*. São Paulo, ABMS, pp.1293-1300.

NOGAMI, J.S.; VILLIBOR, D.F. (1996). *Importância e determinação do grau de laterização em geologia de engenharia*. Rio de Janeiro, ABGE, pp.345-358.

d) Dissertações e Teses

BASTOS, C. A. B. *Estudo Geotécnico sobre a Erodibilidade de Solos Residuais Não Saturado*. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Escola de Engenharia as Universidade Federal do Rio grande do Sul. Porto Alegre, RS, 1999.

BENEDITO, C. *O Município e o Meio Ambiente: das Áreas de Preservação Permanente*. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola de Engenharia de Piracicaba, Fundação Municipal de Ensino de Piracicaba. Piracicaba, 2001. 29 p

GRIEBELER, N.P. *Modelo para o dimensionamento de redes de drenagem e de bacias de acumulação de água em estradas não pavimentadas*. Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa - UFV, Viçosa, 2002.

NETO, F. S. D. *Proposição de Metodologia para Escolha de Solo e Dosagem de Antipó como Emulsão de Xisto*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro, 2004, 139p.

NÚÑEZ, W. P.. *Estabilização Físico-química de um Solo Residual de Arenito Botucatu, Visando seu Emprego na Pavimentação*. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 1991.

e) Normas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 7181/84: solo: análise granulométrica*. Rio de Janeiro, 1984. 13 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 6459/84: solo: Determinação do Limite de Liquidez*. Rio de Janeiro, 1984. 6 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 7180/84: solo: Determinação do Limite de Plasticidade*. Rio de Janeiro, 1984. 3 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 6508/84: solo: Determinação da Massa Específica Aparente*. Rio de Janeiro, 1984. 8 p.

f) Textos

ANTT. Anuário Estatístico de Transportes Terrestres – 2008, AETT. Brasília, 2008. Disponível: http://www.antt.gov.br/InformacoesTecnicas/aett/aett_2008/principal.asp. Acesso em 28/04/2009.

EMBRAPA (2004). *Solos do Estado de Santa Catarina*. Apoio: Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento; n. 46. Rio de Janeiro.

EPAGRI / CIRAM - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina / Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina – *Zoneamento agro-ecológico e socioeconômico*. Disponível em: <<http://ciram.epagri.rct-sc.br:8080/cms/zoneamento/zae.jsp>>.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.
This page will not be added after purchasing Win2PDF.