

# AVALIAÇÃO DA ERODIBILIDADE DE ALGUMAS CLASSES DE SOLOS DO MUNICÍPIO DE MARINGÁ – PR POR MEIO DE ANÁLISES FÍSICAS E GEOTÉCNICAS

*Evaluation Some Classes of Erodibility Soil of Maringá – PR Through Physical and Geotechnical Analyses*

Vladimir de Souza<sup>1</sup>  
Nelson Vicente Lovatto Gasparetto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual de Maringá-PR  
Programa de Pós-graduação em Geografia  
Av. Colombo. 5790. Maringá/PR  
vladimirdesouza@yahoo.com.br

<sup>2</sup>Universidade Estadual de Maringá  
Departamento de Geografia  
Av. Colombo. 5790. Maringá/PR  
nvlgasparetto@uem.br

## RESUMO

O destacamento das partículas dos materiais constituintes do solo pode ser medido por diferentes métodos, alguns envolvendo processos demorados e de custos elevados. Nesse trabalho foi analisado o comportamento de quatro tipos de solos utilizando-se um método simples, o da absorção de água (S) e perda de massa por imersão (P). Foi determinado o índice de erodibilidade de amostras de solos arenosos e argilosos dos horizontes A e B. A partir das análises ficou constatado que somente os horizontes A dos solos arenosos apresentaram elevado índice de erodibilidade enquanto que nos horizontes B desses materiais o índice foi baixo. As amostras dos horizontes A e B dos solos argilosos mostraram-se bastante estáveis, apresentando baixo índice de erodibilidade, sendo menor ainda nos horizontes B.

**Palavras-chave:** Destacabilidade de partículas. Erosão. Textura dos solos.

## ABSTRACT

Particle detachment of the soil's constituting materials may be measured by different methods, some of which involve long and high cost processes. The behavior of two types of soil has been investigated by the use of a simple method, or rather, water absorption (S) and mass loss by immersion (P). Samples' erodibility rate of sandy and clayey soils of A and B horizons was determined. Analyses showed that whereas only horizons A of sandy soils had high erodibility rates, rate of horizons B of these materials was low. Samples from horizons A and B of clayey soils were very stable, exhibiting a low rate of erodibility, which was even lower in horizons B.

**Keywords:** Particle detachment. Erosion. Soil texture.

## 1 INTRODUÇÃO

A erodibilidade pode ser definida como a capacidade do solo em sofrer erosão a partir das forças que causam destacamento e transporte de suas

partículas (SMITH; STAMEY, 1964; GREENLAND; LAL, 1977; SUMMERFIELD, 1991; MORGAN, 1995; BRYAN, 2000). Para Morgan (1995), a erodibilidade varia com a textura do solo, a estabilidade dos agregados, a capacidade

de infiltração, a composição química e orgânica do material além de fatores relacionados à resistência dos constituintes ao destacamento. Na faixa tropical úmida do globo terrestre, a água da chuva é a principal responsável pelo processo de desagregação dos constituintes dos solos, atuando basicamente de duas formas: pelo impacto inicial das gotas sobre o terreno e pelo posterior escoamento sobre a superfície. Esses dois processos são os principais responsáveis pelo destacamento e transporte das partículas dos materiais inconsolidados em clima tropical (CARLSON e KIRKBY, 1975; MORGAN, 1995).

A quantificação da propriedade erodibilidade é complexa pelas inúmeras variáveis envolvidas (SUMMERFIELD, 1991). A melhor forma de estimar a erodibilidade dos solos é por meio do monitoramento de dados coletados em campo. Esses dados podem ser obtidos a partir da instalação de equipamentos que monitorem a taxa de solo perdida em unidade de área, em função do índice baseado na energia cinética das chuvas ou erosividade (WISCHIMEIR e SMITH, 1958). Nesse tipo de pesquisa, ainda são considerados dados referentes à topografia e cobertura vegetal do solo estudado. No entanto, esse tipo de trabalho demanda custos consideráveis e muitos anos de coleta de dados o que pode dificultar trabalhos que visem soluções rápidas de tomada de decisão em áreas propícias ao desenvolvimento de processos erosivos.

Uma das alternativas utilizada para estimar o fator K da Equação Universal de Perda de Solos (EUPS) é a utilização de equações matemáticas empíricas baseadas em atributos químicos, físicos e mineralógicos dos solos (WISCHIMEIR e SMITH, 1978). Outra forma de se determinar a erodibilidade dos solos é por meio de ensaios laboratoriais que simulem as condições existentes em campo.

Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo utilizar um método laboratorial simples, de fácil aplicação e

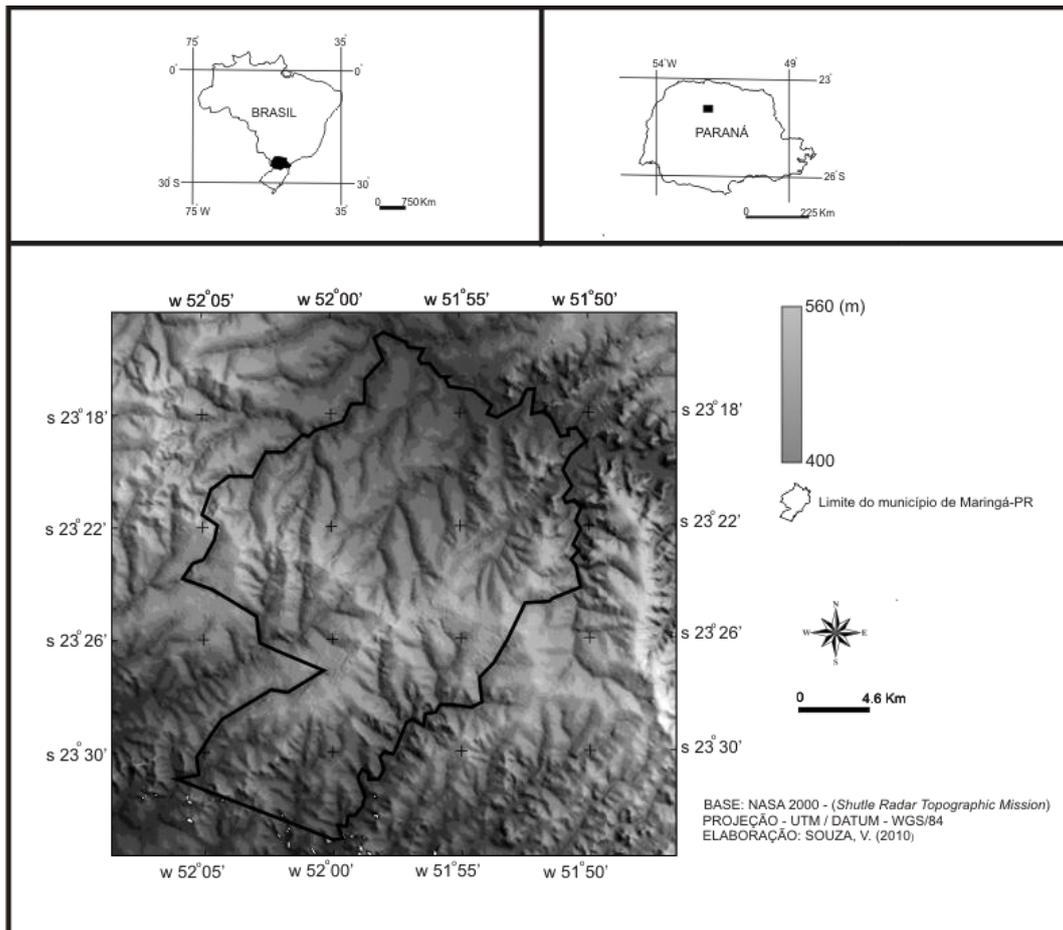
desenvolvido para o ambiente tropical para avaliar a erodibilidade em solos arenosos e argilosos do município de Maringá-PR. Para complementar o entendimento do comportamento dos materiais analisados frente ao ensaio, procurou-se ainda, determinar algumas variáveis que influenciam no processo de destacamento e transporte das partículas dos solos, como a textura e a composição mineralógica da fração de argila. A textura corresponde a uma das propriedades físicas mais estudadas na tentativa de correlacionamento com a erodibilidade. Já a identificação dos principais constituintes mineralógicos da fração fina pode assessorar no entendimento do comportamento da estabilidade dos materiais argilosos em contato com a água, durante os processos de destacamento das partículas.

A partir dos resultados obtidos, foi possível classificar os horizontes superficiais dos solos de acordo com sua suscetibilidade à erodibilidade, quantificar a composição textural dos horizontes superficiais e identificar parte da composição mineralógica da fração fina dos horizontes B dos materiais analisados.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O município de Maringá localiza-se no Norte Central do Estado do Paraná, região Sul do Brasil (Figura 1). Abrange uma área de aproximadamente 488 km<sup>2</sup> entre as coordenada geográficas 23° 14' – 23° 33'S e 51° 50' - 52° 05'W.

O município está sustentado por rochas da bacia sedimentar Fanerozoica do Paraná, na unidade morfoescultural denominada Terceiro Planalto Paranaense, subunidade Planalto de Maringá (MAACK, 1981; SANTOS et al. 2006). Predominam nesse compartimento colinas amplas e médias com vertentes do tipo convexas com topos planos e longos. No geral, o a região de Maringá apresenta um relevo suavemente ondulado com altitudes que variam de 400 a 560m (Fig. 1).

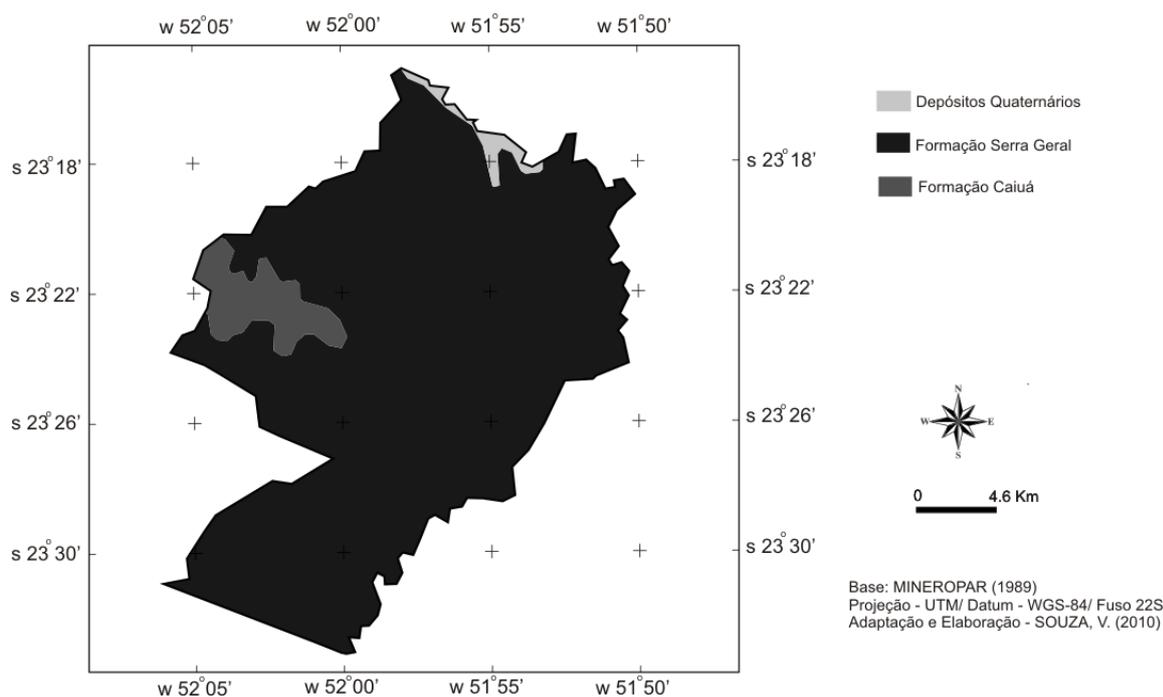


**Figura 1:** Localização de Maringá – PR, MDE (Modelo Digital de Elevação) do município e de seu entorno.

O município de Maringá é caracterizado geologicamente pelo contato entre as rochas eruptivas vulcânicas básicas da Formação Serra Geral (J/K) com os arenitos da Formação Caiuá (K). As rochas vulcânicas ocupam a maior área do município, enquanto que as rochas sedimentares se restringem a uma pequena parte do setor oeste (MINEROPAR, 2002). No setor norte do município, próximo ao rio Pirapó, são encontrados depósitos fluviais quaternários. A Formação Serra Geral é composta em sua maior parte por rochas vulcânicas de caráter básico, provenientes dos eventos magmáticos fissurais ocorridos durante a era Mesozoica. Os basaltos representam a maior parte das rochas que compõem referida Formação (PINESE; NARDI, 2003). Já a Formação Caiuá é formada por arenitos Vermelho-Aroxeados altamente friáveis, com estrutura cruzada acanalada

que evidenciam exposições fluviais em algumas áreas e estrutura cruzada de grande porte com característica eólica em outras localidades (FERNANDES, 1997). Em relação à mineralogia, os arenitos são constituídos basicamente por quartzo, feldspato potássico e óxidos de ferro. A figura 2 exhibe a distribuição espacial do substrato geológico do município de Maringá – PR.

O clima da região é classificado segundo Köppen (1978), como subtropical úmido mesotérmico (Cfa), com tendência da concentração das chuvas no verão e sem estação seca definida. As temperaturas no inverno são inferiores a 18°C e as geadas ocorrem com pouca frequência. Os verões são quentes com temperaturas superiores a 22°C e a precipitação pluviométrica média anual varia entre 1.250 e 1.500mm.



**Figura 2:** Mapa geológico do município de Maringá –PR.

As características climáticas da região, aliadas ao substrato rochoso, relevo, tempo e atividades biológicas deram origem a solos profundos e bem drenados que atualmente são intensamente utilizados para as atividades agrícolas. No geral, ocorrem no município solos de textura argilosa provenientes dos basaltos da Formação Serra Geral, solos de textura arenosa situados sobre os arenitos da Formação Caiuá e associação de solos rasos em alguns setores do município (QUEIROZ, 2003; NAKASHIMA; NÓBREGA, 2003). A figura 3 demonstra a distribuição espacial dos solos no município de Maringá-PR.

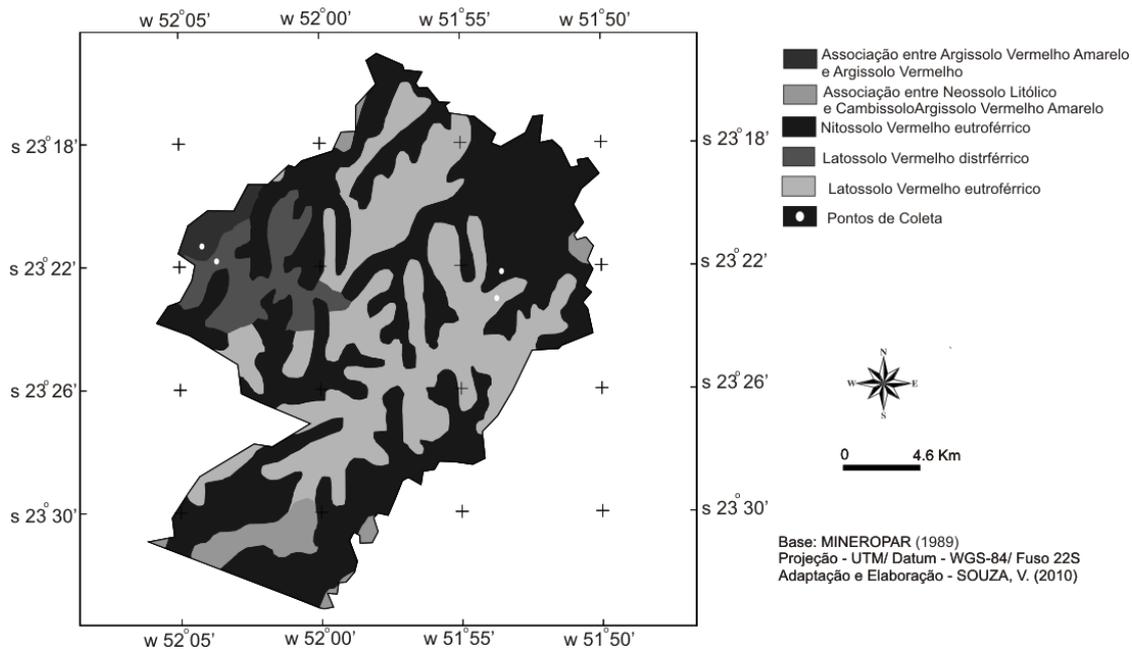
O presente trabalho visa avaliar a erodibilidade dos horizontes A e B de quatro classes de solos existentes no município de Maringá - PR. A escolha dos pontos de coleta teve como referência o mapeamento pedológico do município elaborado EMATER (1999). Assim, foram coletadas amostras de modo convencional (deformadas) e indeformadas (com estrutura de campo conservada) nos horizontes A e B das seguintes classes de solos: Latossolo Vermelho Eutroférico e

Nitossolo Vermelho Eutroférico, situados sobre as rochas vulcânicas da Formação Serra Geral e Latossolo Vermelho Distroférico e Argissolo Vermelho Amarelo, localizados sobre as rochas areníticas da Formação Caiuá (Figura 3).

As amostras indeformadas, coletadas em anéis de PVC com diâmetro de 60 mm, foram utilizadas para o ensaio de erodibilidade enquanto que as amostras deformadas foram usadas inicialmente para a análise granulométrica e posteriormente para a difratometria de raios-X.

## 2.1 Ensaio de erodibilidade

O ensaio de erodibilidade foi realizado segundo os procedimentos metodológicos propostos por Nogami e Villibor (1979), adaptados por Pejon (1992). As amostras foram submetidas a três repetições e utilizou-se como resultado final a média ponderada dos valores obtidos. O método consiste nos ensaios laboratoriais de absorção de água (S) e perda de massa por imersão (P).



**Figura 3:** Mapa pedológico do município de Maringá-PR e localização dos pontos de coleta das amostras.

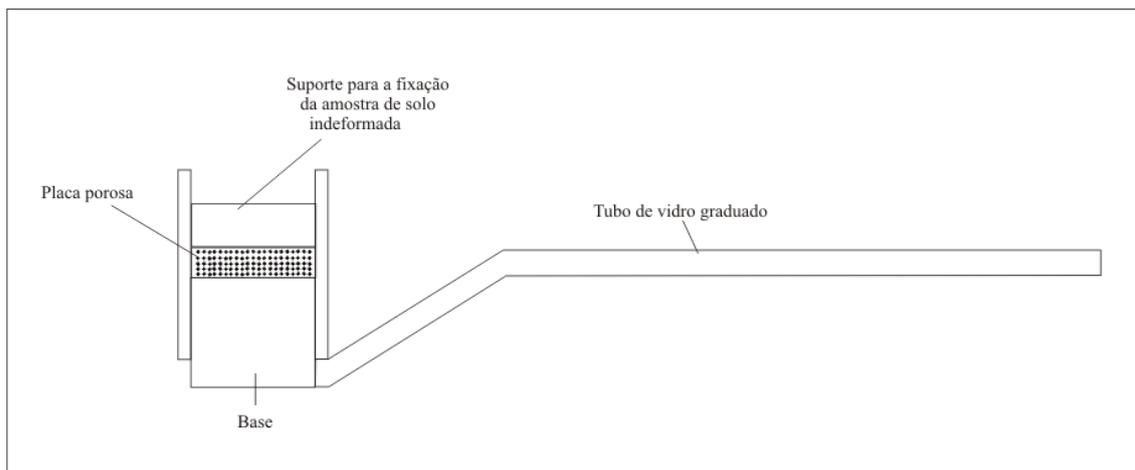


**Figura 4:** Ilustração dos perfis de solo e coleta indeformada dos materiais nos anéis de PVC.

Para a realização do ensaio de absorção de água (S) utilizou-se um equipamento simples, montado no Laboratório de Palinologia, Pedologia e Sedimentologia do GEMA/UEM (Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente da Universidade Estadual de Maringá). O referido aparelho é formado por um recipiente cilíndrico graduado em centímetro (cm) com as seguintes dimensões: 150 cm de comprimento e 2cm de diâmetro. Em uma de suas extremidades é acoplado um apresto, composto por um suporte para a fixação das amostras e uma

placa porosa com as mesmas dimensões do anel de PVC usado na coleta do solo em campo (Figura 5).

Para a realização do ensaio, preenche-se o tubo de vidro graduado e a base do aparelho com água até a saturação da placa porosa. A amostra indeformada de solo deve ser colocada no suporte sobre a placa porosa. A partir de então, constrói-se uma matriz com os dados de volume de água absorvido até a saturação do solo, em função do tempo. O índice de absorção de água (S) de cada amostra é adquirido a partir do cálculo do coeficiente angular da



**Figura 5:** Representação esquemática do aparelho utilizado para o ensaio de absorção de água.

reta, que é obtida por meio da construção de um gráfico que representa volume de água absorvido por unidade de área da base do corpo de prova ( $q$ ), em função da raiz quadrada do tempo ( $t$ ).

Logo após o término do ensaio de absorção de água ( $S$ ), a amostra indeformada de solo deve ser retirada do aparelho e acoplada a outro suporte. O conjunto amostra/suporte deve ser imerso verticalmente num tanque com água, dentro de um recipiente que permita a recolha do material desprendido. Após 24 horas, as amostras devem ser retiradas e o material desprendido, deve ser seco em uma estufa e pesado. Com isso é possível calcular a porcentagem de perda de massa ( $P$ ) do material durante o processo de imersão.

O índice de erodibilidade pode finalmente ser calculado por meio da seguinte equação:

Equação (1)  $E = 40S/P$ , em que:

$E$  = Erodibilidade;

$S$  e  $P$  são valores determinados nos ensaios laboratoriais descritos anteriormente.

Os resultados numéricos obtidos obedecem à seguinte classificação qualitativa:

$E > 1$  = baixa erodibilidade;

$E < 1$  = alta erodibilidade;

## 2.2 Análise de granulometria

A textura reflete quantitativamente a proporção entre os vários tamanhos de

partículas que compõem o solo. Corresponde a uma das propriedades físicas mais estudadas na tentativa de correlacionamento com a erodibilidade (SCOTT, 2000).

Para a determinação da composição granulométrica dos horizontes dos solos estudados foi utilizado o método da pipeta, com auxílio de dispersante químico ( $NaOH$ ) proposto por Camargo et al. (1986). As frações foram divididas em areia grossa, areia fina, silte e argila (Tabela 1).

## 2.3 Difractogrametria de raios – X

A identificação dos principais minerais existentes na fração argilosa é de suma importância para o entendimento do comportamento dos materiais durante o processo de destacamento das partículas em contato com a água.

O referencial teórico existente parte da premissa de que se um solo apresenta argilominerais com características expansivas em sua camada basal, com introdução de moléculas polares, o seu comportamento frente aos processos erosivos será diferente, ou seja, durante o processo de erosão hídrica, as partículas de argila irão se expandir proporcionando maior desagregação. Daí a importância de se conhecer os diferentes tipos de argilominerais presentes na fração fina dos solos.

**Tabela 1:** Divisão das partículas do solo conforme a dimensão, adaptada do IBGE (2007)

<b>Fração</b>	<b>Diâmetro (mm)</b>
Areia grossa	0,2-<2
Areia fina	0,05-<0,2
Silte	0,002-<0,05
Argila	<0,002

Para a identificação dos argilominerais constituintes da fração de argila, utilizou-se o difratômetro de raios-X da marca Siemens, modelo Kristaloflex 4 do Departamento de Física da Universidade Estadual de Maringá (UEM). O aparelho opera com 35Kv, 18mA, velocidade do goniômetro de 0.5<sup>o</sup>/min a 1s de aquisição com tubo de cobre e filtro de níquel. As amostras foram submetidas à análise pelo método do pó orientado no intervalo de 2<sup>o</sup> a 30<sup>o</sup>, proposto por Albers et al. (2002).

### **3 RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÕES**

Os resultados obtidos nos ensaios de absorção de água e perda de massa por imersão demonstram que somente os horizontes A do Latossolo Vermelho e do Argissolo Vermelho-Amarelo, ambos derivados do Arenito Caiuá, apresentaram alta erodibilidade. As demais amostras analisadas foram classificadas com baixo índice de erodibilidade (Figura 6).

Com dados obtidos dos ensaios efetuados, ficou evidente que a elevada concentração da fração areia exerceu grande influência no comportamento dos materiais classificados com alta erodibilidade. Esses materiais apresentaram grande potencial de absorção de água, porém, no ensaio de perda de massa por imersão, ocorreu grande destacamento das partículas constituintes desses solos.

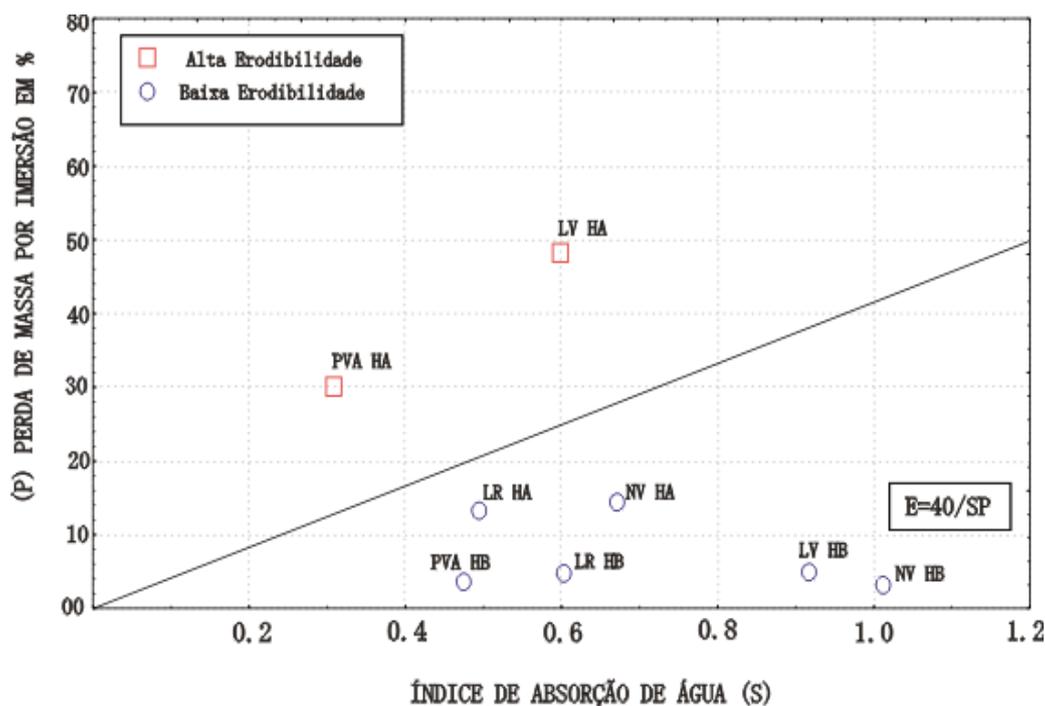
Os horizontes Bt do Argissolo e Bw do Latossolo, ambos oriundos dos arenitos da Formação Caiuá, apresentaram índice

de erodibilidade menor que os seus respectivos horizontes superficiais (HA). O provável motivo para explicação desse fato é a maior concentração da fração argila nos constituintes desses materiais. A fração fina do solo conferiu aos agregados melhor coesão e estabilidade quando submetidos ao ensaio de perda de massa por imersão, o que influenciou no resultado final.

Nos solos provenientes do basalto, o índice de erodibilidade em todos os horizontes avaliados é sempre superior a um, ou seja, apresentam baixa erodibilidade (Tabela 2). Tal fato decorre, sobretudo, da maior concentração da fração argila presente nesses materiais.

Em relação à textura, os resultados mostraram que nos solos provenientes das rochas vulcânicas, onde se destacam o Latossolo Vermelho Eutroférico e o Nitossolo Vermelho Eutroférico, ocorre forte predomínio da fração argila ao longo de todo o perfil (Tabela 3). A grande concentração de argila é responsável pelo elevado grau de desenvolvimento, estabilidade da estrutura e forte coesão das partículas desses materiais.

Por outro lado, os solos provenientes dos arenitos da Formação Caiuá (Latossolo Vermelho Distroférico e o Argissolo Vermelho Amarelo) apresentam elevada concentração das frações areia. Tal característica, aliada ao pequeno teor da fração argila encontrada, sobretudo, nos horizontes superficiais desses solos impede o desenvolvimento de uma coesão forte entre os constituintes, desestabilizando as estruturas e acentuando a circulação da água.



**Figura 6:** Ilustração do gráfico que classifica os materiais que apresentaram alta e baixa erodibilidade: LR – Latossolo Vermelho Eutroférico; NV – Nitossolo Vermelho Eutroférico; LV - Latossolo Vermelho Distroférico; PVA – Argissolo Vermelho Amarelo; HA – Horizonte A; HB – Horizonte B

**Tabela 2:** Índice de absorção de água (S), porcentagem de perda de massa por imersão (P) e índice de erodibilidade dos horizontes de solos analisados. LR – Latossolo Vermelho Eutroférico; NV – Nitossolo Vermelho Eutroférico; PVA – Argissolo Vermelho Amarelo; LV–Latossolo Vermelho Distroférico; HA– Horizonte A; HB – Horizonte B.

Solo	Absorção de Água (S)	Perda de Massa (P)	Erodibilidade
LR - HA	0,57	13,17%	1,71
LR - HB	0,61	5,14%	4,77
NV- HA	0,68	14,89%	1,83
NV- HB	1,03	5,46%	7,54
PVA - HA	0,31	30,84%	0,04
PVA - HB	0,44	5,46%	3,21
LV- HA	0,63	48,79%	0,52
LV - HB	0,93	6,63%	5,64

**Tabela 3:** Percentil normal da composição granulométrica dos horizontes dos solos analisados. LR – Latossolo Vermelho Eutroférico; NV – Nitossolo Vermelho Eutroférico; PVA – Argissolo Vermelho Amarelo; LV – Latossolo Vermelho Distroférico; HA – Horizonte A; HB – Horizonte B.

Solo	Profundidade (cm)	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila
LR - HA	15	4%	7%	24%	65%
LR - HB	80	7,4%	6,5%	16%	70,1%
NV- HA	20	2%	6,8%	16%	75,2%
NV- HB	75	2%	7,8%	13%	77,2%
PVA - HA	15	43%	45%	11%	10%
PVA - HB	60	25%	42%	12%	21%
LV- HA	15	18,2%	53,8%	5%	23%
LV - HB	80	43%	45%	11%	10%

Os resultados obtidos na difratogrametria de raios – X indicam que predominam nos materiais analisados os argilominerais do grupo da caulinita e óxido de ferro (Figura 7). Pequenos teores de material com estrutura 2:1, constituídos provavelmente de vermiculita e/ou esmectita, podem estar presentes, dependendo da posição da vertente e do grau de intemperização do substrato rochoso (COSTA, 1996; GASPARETTO, 1999). Todavia, neste trabalho esses materiais não foram identificados.

O predomínio dos argilominerais do grupo da caulinita e os óxidos de ferro sugerem que não houve influência direta desses materiais no processo de destacamento das partículas do solo durante o ensaio de perda de massa por imersão. Tanto a caulinita quanto os óxidos de ferro não apresentam características expansivas na presença de água e não tendem a provocar desagregações generalizadas das partículas do solo.

A figura 8 demonstra a organização estrutural dos diferentes agregados relacionados à fração argila. No lado esquerdo é apresentado o material argiloso proveniente do Nitossolo Vermelho enquanto que no lado direito aparecem os constituintes da fração fina do Argissolo Vermelho Amarelo. Nas fotomicrografias (Figura 8) é possível verificar, dentre outros aspectos, a elevada porosidade de ambos os materiais.

#### 4 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos ratificam a contribuição das técnicas utilizadas para a avaliação da erodibilidade dos solos analisados. O ensaio de erodibilidade mostrou-se eficiente uma vez que possibilitou avaliar as propriedades inerentes ao destacamento e infiltração dos solos analisados. Além disso, o método usado apresentou facilidade e rapidez de execução dispensando o uso de equipamentos sofisticados de alto custo.

A análise granulométrica confirmou a tendência da concentração da fração areia nos solos situados sobre os arenitos da Formação Caiuá e da fração argila nos materiais dispostos sobre as rochas vulcânicas básicas da Formação Serra Geral. As características decorrentes da textura parecem ser as principais responsáveis pela maior facilidade na destacabilidade das partículas dos materiais provenientes dos arenitos da Formação Caiuá quando comparados aos materiais oriundos dos basaltos da Formação Serra Geral.

Em relação aos argilominerais identificados na fração fina dos horizontes B dos solos analisados, não foi constatada a presença de materiais com características expansivas, de estrutura cristalográfica 2:1.

Os resultados indicam a ocorrência de argilominerais com estruturas estáveis e sugerem que esses não influenciam no processo de aceleração do destacamento dos constituintes do solo no processo de erosão hídrica.

A avaliação da erodibilidade das principais classes de solos do município de Maringá-PR por meio das análises geotécnicas e físicas, apesar do número limitado de amostras analisadas, contribuiu para o entendimento prévio do comportamento desses materiais frente aos processos erosivos hídricos.

A realização de estudos com maiores detalhamentos, que utilizem equipamentos específicos e que monitorem valores da erodibilidade em campo nas classes de solos estudadas é a chave para se estabelecer uma aproximação da realidade e verificar a veracidade dos dados obtidos no ensaio geotécnico realizado.

Assim, acredita-se que esse artigo traz algumas contribuições para se avaliar qualitativamente a erodibilidade dos solos, sobretudo, para os locais que visem soluções rápidas de tomada de decisão e propícias ao desenvolvimento de feições erosivas.

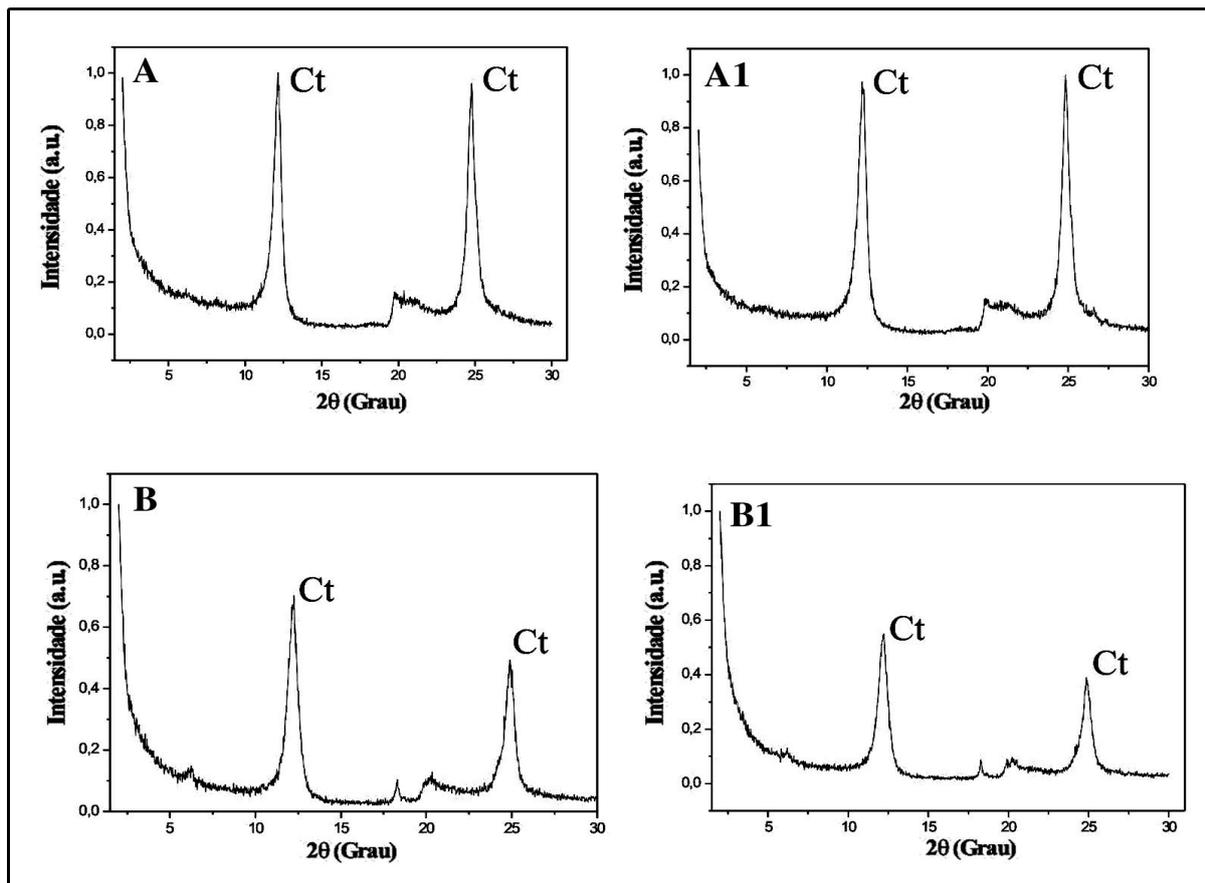


Figura 7: Difratoimetria de raios – X dos materiais analisados

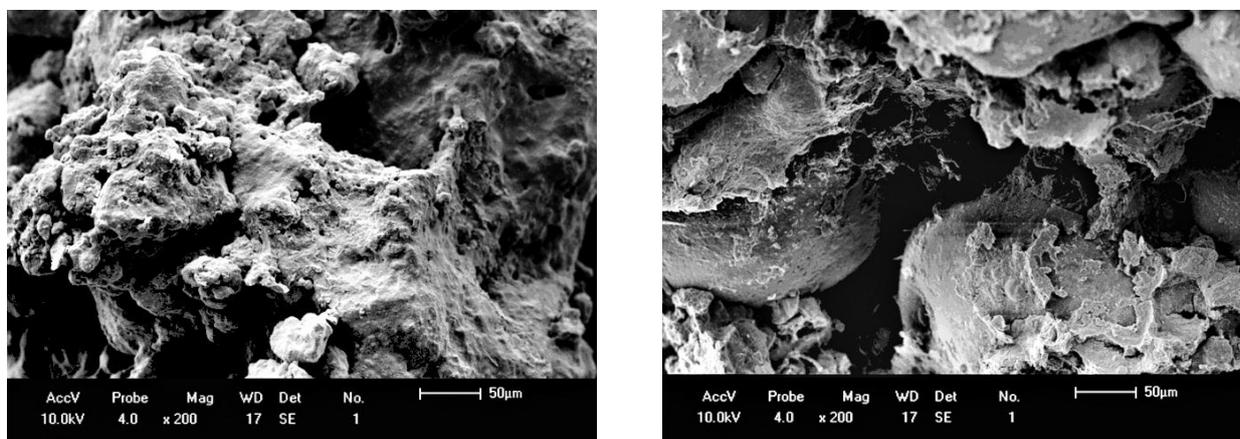


Figura 8: Fotomicrografias da fração fina provenientes dos horizontes B do Nitossolo Vermelho e Argissolo Vermelho- Amarelo.

## AGRADECIMENTOS

Ao apoio financeiro da Fundação Araucária Convênio 319/2007 e do CNPq Processo nº 473253/2007.

## REFERÊNCIAS

ALBERS, A. P. F. et al. Um método simples de caracterização de argilominerais por difração de raios X. *Cerâmica*, São Paulo, v. 48, n. 305, p. 34-37, 2002.

- BRYAN, R. B. Soil erodibility and processes of water erosion on hillslope. **Geomorphology**, Amsterdam, v. 32, no. 3, p. 385-415, 2000.
- CAMARGO, M. N.; MONIZ, A. C.; JORGE, J. A.; VALADARES, J. M. A. S. **Métodos de análise química, mineralógica e física dos solos do Instituto Agronômico do Estado de São Paulo**. Campinas, SP: Instituto Agronômico, 1986.
- CARSON, M. A.; KIRKBY, M. J. **Hillslope form and process**. Oxford: Candbridge University Press, 1975.
- COSTA, A. C. S. **Iron oxide mineralogy of soils derived from volcanic rocks in the Paraná river basin, Brazil**. 1996. Dissertation (Doctor of Philosophy)- Graduate School of the Ohio State University, Ohio, 1996.
- FERNANDES, L. A. **A cobertura cretácea suprabasáltica no Paraná e pontal do Paranapanema (SP): os grupos Bauru e Caiuá**. 1997. Dissertação (Mestrado)- Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, Bauru, 1997.
- IBGE. **Manual Técnico de Pedologia: Manuais Técnicos em Geociências n. 4. 2. ed.** Rio de Janeiro: IBGE, 2007.
- GASPARETTO, N. V. L. **As formações superficiais do noroeste do Paraná e sua relação com o Arenito Caiuá**. 1999. Tese (Doutorado)-Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, Bauru, 1999.
- GREENLAND, D. J.; LAL, R. **Soil conservation and management in the humid tropics**. London: John Wiley & Sons, 1977.
- KÖPPEN, W. **Climatologia**. Mexico: Fondo de Cultura Economica, 1978. 478p.
- MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. 2. ed. Curitiba: Secretaria da Cultura e do Esporte do Governo do Estado do Paraná, 1981.
- MINEROPAR. **Mapas Geológicos do estado do Paraná**. Curitiba: MINEROPAR, 2002. Escala 1: 650.000, 1989.
- MORGAN, R. P. C. **Soil erosion and Conservation**. 2. ed. [S.l.]: Longman Group Limited, 1995.
- NAKASHIMA, P.; NÓBREGA, M. T. Os solos do Terceiro Planalto Paranaense. Encontro Geotécnico do Terceiro Planalto Paranaense, 1., 2003, Maringá. **Anais...** Maringá: ENGEOPAR, 2003.
- NOGAMI, J. S.; VILLIBOR, D. F. Soil characterization of mapping units for highway y purposes in a tropical area. **Bull. Int. Assoc. Eng. Geol.**, Paris, v. 19, no. 1, p. 196-199, 1979.
- PEJON, O. J. **Mapeamento geotécnico regional da folha de Piracicaba-SP escala 1:10.000: estudo de aspectos metodológicos, de caracterização e de apresentação de atributos**. 1992. Tese (Doutorado)- EESC/USP, São Carlos, 224 p., 2 vol., 1992.
- PINESI, J. P. P; NARDI, A. J. R. Contexto geológico da Formação Serra Geral no terceiro planalto paranaense. Encontro Geotécnico do Terceiro Planalto Paranaense, 1., 2003, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM, 2003.
- QUEIROZ, D. R. E. **Atlas geoambiental de Maringá: da análise a síntese: a cartografia como subsidio ao planejamento de uso e ocupação do espaço**. Maringá: Clichetec, 2003.
- SANTOS, L. J. C. et al. Mapeamento geomorfológico do Estado do Paraná. **Rev. Bras. Geomorfol.**, Uberlandia, v. 7, n. 2, p. 3-12, 2006.

SCOTT, H. D. Soil water flow process in the field. In: SOIL physics: agricultural and environmental applications. Iowa: State University Press, 2000. p. 244-281.

SMITH, R. M.; STAMEY, W. L. How to establish erosion tolerances. **J. Soil. Water Conserv.**, Ankeny, v. 19, no. 3, p. 110-111, 1964.

SUMMERFIELD, M. A. **Global Geomorphology**. Singapore: Longman Scientific & Technical, 1991. 535 p.

Wischmeier, W. H.; Smith, D. D. (1978) Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. Washington: USDA, 58p.

WISCHIMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Raintall energy and its relationship to soil loss. **Transaction American Geophysical Union**, v. 39, p 285-291, 1958.

Data de recebimento: 10.06.2010.

Data de aceite: 09.09.2010.