



MAPEAMENTO, ERODIBILIDADE E TOLERÂNCIA DE PERDA DE SOLO NA SUB-BACIA DO RIBEIRÃO DAS PEROBAS¹

Julio Cesar Demarchi² & Célia Regina Lopes Zimback³

RESUMO: O planejamento conservacionista do uso da terra exige conhecimento das características dos solos, de sua suscetibilidade natural à erosão e do limite de perda por erosão. Neste contexto, os objetivos deste trabalho foram: realizar o levantamento detalhado de solos da Sub-Bacia do Ribeirão das Perobas, localizada em Santa Cruz do Rio Pardo-SP; determinar e elaborar mapas de erodibilidade e de tolerância de perda de solo das classes de solo encontradas. Para o levantamento detalhado de solos foram utilizadas as técnicas: fotopedologia, amostragens em campo, análises físicas, análises químicas e descrição morfológica das amostras e perfis de solo. A erodibilidade foi determinada pelos métodos de Denardin (1990) e Mannigel et al. (2002), e a determinação da tolerância de perda de solo seguiu a metodologia de Mannigel et al. (2002). Os resultados de erodibilidade determinados pela metodologia de Denardin (1990) não foram discrepantes e não diferenciaram solos com suscetibilidade à erosão reconhecidamente diferentes, enquanto que pela metodologia de Mannigel et al. (2002) foram observados valores muito altos ou muito baixos de erodibilidade em solos com teores extremos de areia + silte ou de argila. A variável de maior influência na obtenção da tolerância de perda de solo foi o fator de correção relativo ao gradiente textural da fração argila entre os horizontes do solo.

PALAVRAS-CHAVE: levantamento de solos; suscetibilidade do solo à erosão; conservação do solo; bacia hidrográfica.

SOIL MAPPING, ERODIBILITY, AND SOIL LOSS TOLERANCE IN RIBEIRÃO DAS PEROBAS WATERSHED

ABSTRACT: The land use conservation planning requires knowledge of the soil characteristics, natural susceptibility to erosion and the soil loss limit. In this context, the objectives of this study were to perform a detailed soil survey of Ribeirão das Perobas watershed, located in Santa Cruz do Rio Pardo, São Paulo State and to determine and map the erodibility and soil loss tolerance of the soil classes found in the survey. The following techniques were used to perform the detailed soil survey: photopedology, field sampling, physical analysis, chemical analysis, and morphological description of the soil samples and profiles. The erodibility was determined by the methods described by Denardin (1990) and Mannigel et al. (2002), and the determination of soil loss tolerance followed the methodology of Mannigel et al. (2002). The results of erodibility determined by the methodology of Denardin (1990) were not discrepant and they did not distinguish soils that are known to have different susceptibility to erosion. Whereas, using the methodology of Mannigel et al. (2002), very high or very low erodibility values were observed in soils with extreme contents of sand silt or clay. The most influent variable to the soil loss tolerance results was the correction factor for the textural gradient of clay between soil horizons.

KEYWORDS: Soil survey; soil susceptibility to erosion; soil conservation; drainage basin.

¹ Unesp - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"
Faculdade de Ciências Agronômicas - Câmpus de Botucatu. E-mail:
julio.demarchi@gmail.com

² Unesp - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho".
Faculdade de Ciências Agronômicas - Câmpus de Botucatu.

Departamento de Solos e Recursos Ambientais. E-mail:
czimback@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

A ocupação dos solos pelas atividades humanas, tanto agrícolas quanto urbanas, demanda um planejamento adequado e o conhecimento das características deste recurso natural, sem as quais os impactos ambientais resultantes podem ter consequências irreversíveis e causar prejuízos consideráveis de ordem social, econômica e de conservação dos ecossistemas.

A erosão constitui o principal impacto ambiental negativo provocado pelo uso inadequado do solo, pois resulta na perda de toneladas de sedimentos por ano, na redução de sua fertilidade e da produtividade agrícola e no assoreamento dos cursos de água. Nesse sentido, o levantamento e mapeamento das características do solo, de sua suscetibilidade natural à erosão e de sua tolerância de perda por erosão são fundamentais para o planejamento do seu uso e ocupação de forma sustentável.

Os levantamentos de solos têm como objetivo gerar conhecimentos a respeito de sua distribuição espacial em determinada região e de seus potenciais agrícolas, geotécnicos e ambientais a partir dos conhecimentos sobre a formação e constituição desses solos. Sendo um inventário cartográfico, pode ser gerado em diferentes escalas de interpretação, de acordo com a finalidade com que é elaborado. Os mapas pedológicos conseguem subdividir uma região com muitos solos diferentes em áreas relativamente homogêneas, integrando as propriedades externas (paisagem) e internas (perfis) desses corpos de solos e nomeando-os segundo um sistema de classificação natural (LEPSCH, 2011).

Os levantamentos detalhados de solos são utilizados como mapas base em projetos conservacionistas, áreas experimentais, planejamento do uso da terra e das práticas de manejo em áreas de uso agrícola, florestal ou pastoril intensivo, em projetos de irrigação e de engenharia civil. A escala do mapa básico deve ser maior ou igual a 1:25.000, e a escala de publicação deve ser de 1:10.000 a 1:25.000, sendo necessário para sua confecção que as classes de solo sejam identificadas por observações sistemáticas a campo ao longo de transversais. Além disso, a área mínima mapeável deve ser de 0,4 a 2,5 ha (RESENDE et al., 2007). Neste tipo de levantamento, os limites entre as unidades de mapeamento são delimitados por fotointerpretação e verificados sistematicamente no campo a pequenos intervalos (ZIMBACK, 2003).

O conhecimento dos tipos de solo, de suas propriedades e características hidrológicas torna possível fazer inferências sobre sua suscetibilidade natural à erosão. O processo erosivo pode ser controlado por diversos fatores, com destaque para o comprimento de rampa e declividade do terreno (fator topográfico), as características da chuva (principalmente a intensidade), a cobertura e o tipo de manejo do solo e as práticas conservacionistas utilizadas. No entanto, alguns solos erodem mais facilmente que outros quando as demais condições são mantidas inalteradas. Esta diferença, inerente às propriedades do solo, é denominada erodibilidade do solo (DISSMEYER; FOSTER, 1980).

Bertoni e Lombardi Neto (2005) apontaram que as propriedades do solo que influenciam sua erodibilidade são aquelas que afetam a velocidade de infiltração, permeabilidade e capacidade total de armazenamento de água, e que promovem a resistência às forças de dispersão, salpico, abrasão e transporte pela chuva e escoamento.

De acordo com Dissmeyer e Foster (1980), o fator erodibilidade do solo (K) da Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) representa a relação de perda de solo por unidade de índice de erosividade da chuva medida em uma parcela experimental de 22,1 metros de comprimento e 9 % de declividade, mantida em alqueive por dois anos, ou seja, o solo da parcela é preparado de forma convencional no sentido do declive, e mantido descoberto. Porém, como a determinação do fator K em parcelas experimentais é demorada, possui custo elevado e dificuldade de implantação, diversos pesquisadores propuseram métodos mais acessíveis de estimativa que utilizam valores de propriedades conhecidas dos solos.

Wischmeier et al. (1971) propuseram um nomograma derivado de dados de solos do Meio-Oeste dos Estados Unidos, de textura média, baixa agregação e teor de silte inferior a 70 %, para a determinação da erodibilidade do solo. Este nomograma adota como variáveis os teores de silte modificado (silte + areia muito fina), argila, matéria orgânica, estrutura do solo e permeabilidade do perfil. Renard et al. (1997) relataram, porém, que este método não estimava corretamente a erodibilidade de solos de diferentes texturas e agregação das partículas, e propuseram diversas equações para a determinação do fator K da Equação Universal de Perda de Solo Revisada para diferentes tipos de solo, baseadas em suas propriedades físicas, químicas ou mineralógicas.

Lombardi Neto e Bertoni (1975a) analisaram sessenta e seis perfis de dois agrupamentos de solos do Estado de São Paulo (solos com horizonte B textural e com horizonte B latossólico), nos horizontes superficiais e subsuperficiais, e determinaram a relação de erosão e erodibilidade através do método proposto por Middleton em 1930, com algumas modificações. Foram estabelecidas a relação de dispersão (teor de argila natural/teor de argila dispersa) (a), a relação argila dispersa/umidade equivalente (b), e a relação de erosão entre as relações a e b. Os resultados evidenciaram que os solos com horizonte B textural são mais suscetíveis à erosão que os solos com horizonte B latossólico, tanto nos horizontes superficiais como nos de subsuperfície, implicando a necessidade de adoção de usos e manejos distintos para os dois agrupamentos de solos.

Denardin (1990) desenvolveu uma equação para estimativa da erodibilidade dos solos a partir de seus parâmetros físicos e químicos, utilizando dados de erodibilidade de trinta e um perfis de solo do Brasil e quarenta e seis perfis de solo dos Estados Unidos, determinados no campo sob chuva natural e/ou simulada. As variáveis utilizadas na equação são: **M** (produto da porcentagem de silte + areia muito fina e porcentagem de areia + silte), permeabilidade do perfil do solo, diâmetro médio ponderado das partículas menores que 2 mm e **R**

(relação entre o teor de matéria orgânica e o teor de areia, excluída a fração areia muito fina, determinada pelo método da pipeta). Tal equação foi utilizada por Arraes et al. (2010) para determinação da erodibilidade do solo na Microbacia do Córrego do Tijuco, situada nos municípios de Monte Alto e Jaboticabal – SP, os quais encontraram índices superiores a $0,04 \text{ t.ha.h.ha}^{-1}.\text{MJ}^{-1}.\text{mm}^{-1}$ em Argissolos Vermelho-Amarelos Eutróficos abruptos, textura arenosa/média, e índices entre 0,03 e $0,04 \text{ t.ha.h.ha}^{-1}.\text{MJ}^{-1}.\text{mm}^{-1}$ em Latossolos Vermelhos Distróficos de textura média. A redução da erodibilidade se deu de forma proporcional ao aumento dos teores de argila e de matéria orgânica no solo.

Lima et al. (2007) avaliaram quatro métodos indiretos de determinação da erodibilidade do solo na Bacia do Alto Rio Jardim – DF, comparando-os com dados medidos em campo, sendo eles: o nomograma de Wischmeier et al. (1971), o modelo de Denardin (1990) e dois métodos de estimativa da erodibilidade tabelada em função da textura do solo (VAN DER KNIJFF et al., 1999) e da textura e teor de matéria orgânica dos solos (STONE; HILLBORN, 2002). Embora todos os métodos indiretos tenham apresentado resultados estatisticamente diferentes dos valores medidos no teste de comparação de médias t-Student a 5 % de significância, o método de Denardin (1990) foi o que mais se aproximou destes valores. O nomograma de Wischmeier et al. (1971) subestimou a erodibilidade, sobretudo daqueles solos com menor teor de argila, e os demais métodos superestimaram tal parâmetro.

Mannigel et al. (2002) propuseram a utilização da equação de Bouyoucos, que consiste na relação entre a porcentagem de “areia + silte” e a porcentagem de “areia”, para a determinação indireta da erodibilidade dos horizontes superficiais e subsuperficiais de vinte e cinco perfis de solos descritos no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos de 1999 (OLIVEIRA, 1999). Os resultados mostraram que o método não é apropriado para determinação da erodibilidade dos solos com teores de areia + silte ou de argila elevados. A erodibilidade do solo apresentou valores extremamente elevados quando o teor de areia + silte ultrapassou 840 g.kg^{-1} , e tendeu ao valor nulo em solos cujo teor de argila ultrapassou 840 g.kg^{-1} .

A tolerância de perda de solo (T) é referida como a quantidade de terra que pode ser perdida anualmente por erosão mantendo no solo elevado nível de produtividade por longo período de tempo com um grau de conservação que mantenha uma produção econômica em futuro previsível com os meios técnicos atuais (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2005).

Li et al. (2009) propuseram a utilização conjunta de três critérios para a determinação de T: (1) a taxa de formação do solo, suas características e mecanismos em diferentes condições naturais e sociais; (2) a avaliação quantitativa do efeito da erosão do solo na produtividade agrícola e sua relação com o investimento social na redução das taxas de erosão; (3) a máxima perda de solo permitida de modo a não provocar a deterioração da qualidade do solo e da água no local analisado e fora dele, envolvendo a resposta do solo e da água à perda e acúmulo de

agroquímicos e a capacidade de autorrestauração das funções ecológicas dos ecossistemas.

Lombardi Neto e Bertoni (1975b) determinaram a tolerância de perda de setenta e cinco perfis de solos do estado de São Paulo a partir do cálculo do peso da terra em um hectare, sendo suas principais variáveis a profundidade do solo favorável ao desenvolvimento do sistema radicular e a relação textural entre os horizontes de superfície e de subsuperfície.

Assim, adotando-se o prazo de mil anos para desgastar uma quantidade de terra por unidade de superfície sem considerar o processo de formação dos solos, foi obtida a tolerância média de 4,5 a $13,4 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ para solos com horizonte B textural e de 9,6 a $15,0 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ para solos com horizonte B latossólico. Em geral, solos pouco profundos ou com gradiente textural elevado entre os horizontes de superfície e de subsuperfície possuem menor tolerância de perda de solo, e solos mais profundos e bem drenados apresentam valores de tolerância mais elevados.

Mannigel et al. (2002) adaptaram a equação de Lombardi Neto e Bertoni (1975b) para o cálculo da tolerância de perda de solo, definindo melhor os fatores de conversão relativos à razão textural da fração argila entre os horizontes superficiais e subsuperficiais de 25 perfis de solo do estado de São Paulo. Os resultados apontaram que o aumento da relação textural promoveu, em geral, a diminuição da tolerância de perda desses solos.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi realizar o levantamento e mapeamento detalhado de solos da Sub-Bacia do Ribeirão das Perobas; estimar e mapear a erodibilidade do solo pelos métodos indiretos de Denardin (1990) e Mannigel et al. (2002) por classe de solo; determinar e mapear a tolerância de perda de solo das classes de solos encontradas segundo o método proposto por Mannigel et al. (2002).

A área de estudo é carente dos levantamentos e mapeamentos propostos, além de apresentar solos de classes e atributos bastante distintos, o que permite o teste das metodologias utilizadas. Os métodos de determinação da erodibilidade do solo constituem uma alternativa ao uso das parcelas experimentais e da equação/nomograma de Wischmeier et al. (1971), uma vez que os solos da área de estudo são fisicamente diferentes daqueles para os quais a equação foi concebida. Ademais, as variáveis utilizadas foram determinadas em campo e laboratório durante o levantamento de solos. A metodologia utilizada na determinação da tolerância de perda de solo constitui um aperfeiçoamento da equação de Lombardi Neto e Bertoni (1975b), amplamente utilizada nos estudos de conservação do solo no Brasil. Além de avaliar a aplicação do método, pretende-se atualizar os dados de tolerância de perda de solo disponíveis.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área de estudo

A Sub-Bacia do Ribeirão das Perobas está localizada na porção Oeste do município de Santa Cruz do Rio Pardo – SP, região Centro-Oeste do Estado de São Paulo, e tem seus limites nas coordenadas geográficas: latitude 22°47'15.04"S a 22°50'44.29"S; longitude 49°38'55.13"W a 49°43'46.42"W, ocupando uma área de 3.061 hectares.

De acordo com o Mapa Geológico do Estado de São Paulo (IPT, 1981), a Sub-Bacia do Ribeirão das Perobas encontra-se na Bacia Sedimentar do Paraná sobre duas formações geológicas: Formação Serra Geral, do Grupo São Bento, nas vertentes e fundos de vale, e Formação Adamantina, do Grupo Bauru, que engloba os seus divisores de água.

De acordo com Ross e Moroz (1997), o relevo da área de estudo está inserido na unidade morfoestrutural Bacia Sedimentar do Paraná, unidade morfoescultural Planalto Ocidental Paulista e na unidade geomorfológica Planalto Centro Ocidental, caracterizada por formas de relevo denudacionais em forma de colinas amplas e baixas com topos convexos, aplanados ou tabulares. As altimetrias variam entre 400 e 700 m e as declividades médias das vertentes estão entre 2 e 10 %. Por apresentar relevo com dissecação baixa e vales pouco entalhados com densidade de drenagem baixa, esta unidade geomorfológica apresenta nível de fragilidade potencial à erosão baixo nos setores aplanados dos topos das colinas, mas os setores das vertentes mais inclinadas são extremamente suscetíveis aos processos erosivos em função do tipo de solo predominante (Argissolo) e de sua textura (média a arenosa), sobretudo quando se desenvolvem escoamentos concentrados da água pluvial.

Considerando os critérios propostos por Peel et al. (2007) e por Setzer em 1996, apud Rolim et al. (2007) para a classificação climática de Köppen-Geiger, e as normais climáticas de Santa Cruz do Rio Pardo - SP apresentadas por Miranda et al. (2005), o município é caracterizado pelo tipo climático Am, tropical chuvoso com inverno seco, cujo mês mais seco (agosto) tem precipitação inferior a 60 mm, o mês mais frio (julho) tem temperatura média igual ou superior a 18°C e os meses mais quentes (dezembro a março) apresentam temperatura média maior ou igual a 22°C. A precipitação média anual do município é de 1.475,3 mm, e a estação chuvosa ocorre entre os meses de outubro e março.

A cobertura vegetal predominante na Sub-Bacia do Ribeirão das Perobas, de acordo com o Mapa de Vegetação do Brasil (IBGE, 2004), é a Floresta Estacional Semidecidual (Floresta Tropical Subcaducifólia), subtipo "Vegetação secundária e atividades agrárias".

2.2 Material utilizado no trabalho

Para a execução do levantamento de solos, cálculo da erodibilidade e determinação da tolerância de perda dos solos da Sub-Bacia do Ribeirão das Perobas, foram utilizados os materiais:

- Imagem do satélite Advanced Land Observing Satellite (ALOS), sensor AVNIR-2, de resolução espacial 10 m, bandas 1 (azul – 0,41 – 0,50 μm), 2 (verde – 0,52 – 0,60 μm) e 3 (vermelho – 0,61 – 0,69 μm) e sensor PRISM, de resolução espacial 2,5 m, cuja banda pancromática apresenta o intervalo de comprimento de onda de 0,52 a 0,77 μm ;

- Fotografias aéreas de escala 1:30.000, pertencentes ao levantamento aerofotográfico da Base Aerofotogrametria e Projetos S.A. realizado em fevereiro de 2005. Foram utilizadas as fotos das faixas 33 (fotos 3383, 3384 e 3385) e 34 (fotos 3311, 3312 e 3313);

- Amostras deformadas de solo, coletadas com trado holandês em cinquenta pontos previamente definidos por meio da fotopedologia e trabalho de campo;

- Amostras indeformadas de solo, coletadas por meio dos anéis de Kopeck nos horizontes superficiais e subsuperficiais de onze trincheiras representativas das classes encontradas no levantamento de solos, com três repetições, para a determinação da densidade do solo, variável utilizada no cálculo da tolerância de perda de solo.

2.3 Levantamento de solos

O levantamento detalhado de solos da Sub-Bacia do Ribeirão das Perobas foi executado a partir dos procedimentos metodológicos descritos a seguir.

A primeira etapa consistiu na realização de trabalho de campo na área de estudo para correlação entre a paisagem e as fotografias aéreas. Em seguida, delimitaram-se sobre as fotografias aéreas as prováveis unidades de mapeamento a partir dos critérios da fotopedologia, entre eles os compartimentos de relevo, densidade e padrão de drenagem, aspectos de erosão e tonalidade fotográfica. Os pontos de amostragem foram delimitados em topossequência, incluindo todas as prováveis unidades de mapeamento e compartimentos geomorfológicos, totalizando 50 pontos.

A Figura 1 espacializa os pontos de coleta das amostras e de abertura de trincheiras sobre o mapa hipsométrico da sub-bacia.

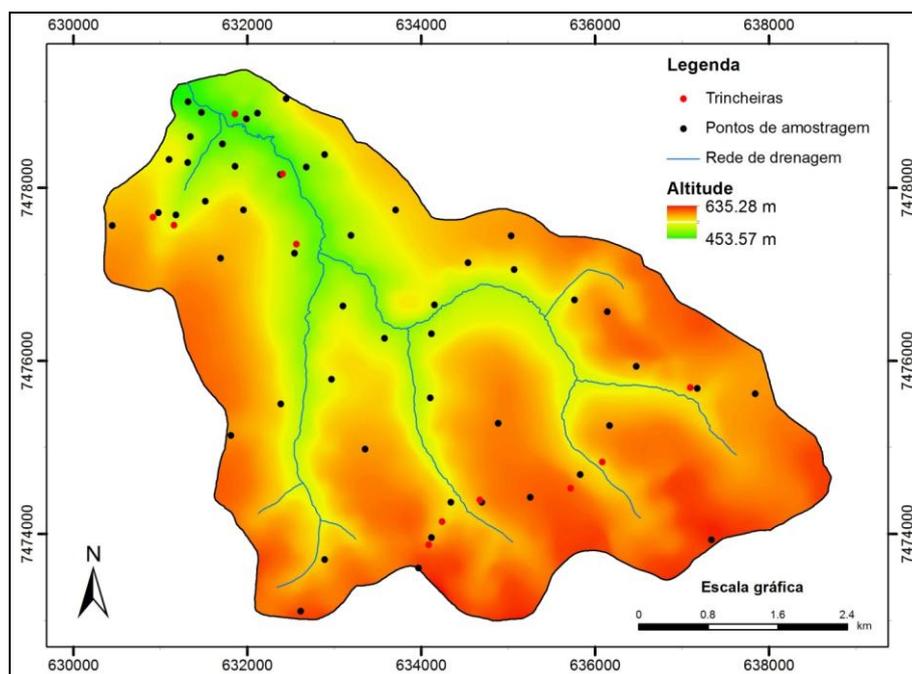


Figura 1 - Localização dos pontos de amostragem e trincheiras para levantamento detalhado de solos da Sub-Bacia do Ribeirão das Perobas.

A maior densidade de pontos de amostragem na porção noroeste da sub-bacia decorre do maior número de prováveis unidades de mapeamento de solo, que é função do relevo mais acidentado e de maior amplitude altimétrica. Nas porções central e leste da área de estudo, as menores declividades e amplitudes altimétricas possibilitaram a coleta de menos amostras de solo, pois as prováveis unidades de mapeamento possuem maior área.

As amostras deformadas de terra foram coletadas nas profundidades 0 – 0,20 m (horizonte superficial) e 0,60 – 0,80 m (horizonte subsuperficial). Nos solos de profundidade inferior a 0,80 metros, a amostragem foi realizada em profundidades menores, incluindo os horizontes C.

Foram realizadas, nos laboratórios de Física do Solo e de Fertilidade do Solo, do Departamento de Solos e Recursos Ambientais da Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp – Câmpus de Botucatu, as análises granulométricas, segundo a EMBRAPA (1997) e as análises químicas conforme metodologia de Raij et al. (2001).

Nas análises químicas foram determinados os seguintes parâmetros: pH em CaCl₂, Matéria Orgânica (M.O.), Fósforo (P_{resina}), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), H+Al (constituintes ácidos do solo), Alumínio (Al³⁺), Soma de Bases (SB), Capacidade de Troca Catiônica (CTC) e Saturação por Bases (V%).

Os solos da Sub-Bacia do Ribeirão das Perobas foram classificados de acordo com o Sistema Brasileiro de

Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006) até o 3º nível categórico (grandes grupos).

Os limites previamente delimitados entre as classes da legenda do mapa de solos (Figura 2) foram verificados em campo a partir de tradagens e sobre as fotografias aéreas pelos critérios da fotopedologia, e em seguida, corrigidos. A área mínima mapeável adotada foi de 2 hectares.

Após a classificação dos solos, procedeu-se à abertura de onze trincheiras, uma para cada classe de solo mapeada, conforme já observado na Figura 1. Nessas trincheiras foram realizadas as descrições geral e morfológica dos perfis de solo, de acordo com Santos et al. (2005).

2.4 Erodibilidade do solo (K)

O fator K foi determinado para cada classe identificada no levantamento detalhado de solos da Sub-Bacia do Ribeirão das Perobas a partir dos atributos físicos e químicos das amostras analisadas em laboratório, por meio de dois métodos de determinação: a) método de Denardin (1990) e b) método de Mannigel et al. (2002).

A erodibilidade de cada unidade de mapeamento de solo foi obtida pela média da erodibilidade das amostras utilizadas no levantamento detalhado de solos. Para as classes de solo com apenas um ponto de amostragem representativo, foram utilizados os dados de granulometria desta amostra.

A metodologia proposta por Denardin (1990) para obtenção da erodibilidade do solo é expressa na Equação 1.

$$K = 0,00000748.M + 0,00448059.P - 0,0631175.DMP + 0,01039567.R \quad (1)$$

Onde:

$$M (\%) = (\text{areia fina} + \text{silte}) \times [(\text{areia fina} + \text{silte}) + \text{areia grossa}] \quad (2)$$

P = permeabilidade do perfil de solo, codificada conforme Wischmeier et al. (1971), expressa na Tabela 1;

DMP (mm) = diâmetro médio ponderado das partículas menores que 2 mm, obtido pela seguinte equação (ARRAES et al., 2010):

$$DMP = \frac{[(0,65 \times \text{areia grossa}) + (0,15 \times \text{areia fina}) + (0,0117 \times \text{silte}) + (0,00024 \times \text{argila})]}{100} \quad (3)$$

$$R = [(\text{areia} - \text{areia muito fina}) \times \frac{\text{teor de matéria orgânica} (\%)}{100}] \quad (4)$$

Tabela 1 - Código de permeabilidade das classes texturais dos horizontes de solo

Classe textural ¹	Classe de permeabilidade ²	Permeabilidade
Muito argilosa, Argilosa e Argilo-siltosa	6	muito lenta
Franco-argilo-siltosa e Argilo-arenosa	5	lenta
Franco-argilo-arenosa e Franco-argilosa	4	lenta a moderada
Franca, Franco-siltosa e Siltosa	3	moderada
Areia-franca e Franco-arenosa	2	moderada a rápida
Arenosa	1	rápida

Fonte: ¹United States Department of Agriculture (1983); ²Wischmeier et al. (1971).

A metodologia para determinação da erodibilidade do solo proposta por Mannigel et al. (2002), cujas variáveis são seus teores de areia, silte e argila, é expressa na Equação 2.

$$\text{Fator } K = \frac{(\% \text{ Areia} + \% \text{ Silte})}{(\% \text{ Argila})} / 100 \quad (5)$$

Onde:

K = erodibilidade de determinado horizonte do solo (t.ha.h.ha⁻¹.MJ⁻¹.mm⁻¹);

$\% \text{ Areia}$, $\% \text{ Silte}$ e $\% \text{ Argila}$ = porcentagens das respectivas frações para cada horizonte.

A partir dos valores calculados por classe de solo, elaborou-se o mapa de erodibilidade dos solos (fator K da EUPS) da área de estudo.

Com a finalidade de identificar a influência das variáveis da equação de Denardin (1990) na constituição do fator K , realizou-se análise de regressão entre estas variáveis e a erodibilidade das amostras de solo.

2.5 Tolerância de perda de solo (T)

A tolerância de perda de solo (T) das áreas da Sub-Bacia do Ribeirão das Perobas foi determinada a partir da Equação 3 proposta por Mannigel et al. (2002), que é uma modificação da equação proposta por Lombardi Neto e Bertoni (1975b).

$$P = h \cdot Ds \cdot f \quad (6)$$

Onde:

P = peso da terra (t.m⁻²);

h = espessura do horizonte considerado (m);

Ds = densidade do solo (t.m⁻³);

f = fator de conversão inerente à variação da relação textural.

A tolerância de perda de solo (T) para cada horizonte, expressa em t.ha⁻¹.ano⁻¹, foi obtida multiplicando-se o

peso da terra (P) por 10.000 para transformar os dados de t.m⁻² para t.ha⁻¹, e dividindo-se o resultado obtido por 1.000, partindo-se do pressuposto de Smith e Stamey (1964) de que são necessários 1.000 anos para a formação de uma camada de 1.000 mm de solo. A somatória dos valores T de todos os horizontes considerados, até um metro de profundidade, constituiu a tolerância de perda do solo analisado.

O horizonte C dos solos não foi considerado no cálculo de T . O limite de 1 metro refere-se à profundidade máxima admitida para o sistema radicular das plantas, sugerida por Lombardi Neto e Bertoni (1975b). Para os solos rasos, como os Neossolos Litólicos, adotou-se como profundidade máxima o limite inferior médio do horizonte A. A espessura dos horizontes (h) e a densidade do solo (Ds) para cada horizonte foram medidas e determinadas nos perfis de solos (trincheiras).

Considerando relação textural da fração argila (RT) a relação entre a distribuição porcentual média de argila no horizonte B (% ARG. B) e no horizonte A (% ARG. A), o fator de correção f para a relação textural dos solos foi obtido conforme a Tabela 2. Como os Neossolos Litólicos não possuem horizonte B, adotou-se para estes solos f igual a 1.

Tabela 2 - Fatores de correção f em função da relação textural (RT) da fração argila

Relação textural RT	Fator f
< 1,2	1
1,2 - 1,5	0,8
1,5 - 2,0	0,6
2,0 - 2,5	0,4
> 2,5	0,2

Fonte: Mannigel et al. (2002).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

conformidade com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006).

3.1 Mapa de solos

A Figura 2 apresenta o mapa detalhado de solos da Sub-Bacia do Ribeirão das Perobas, realizado em

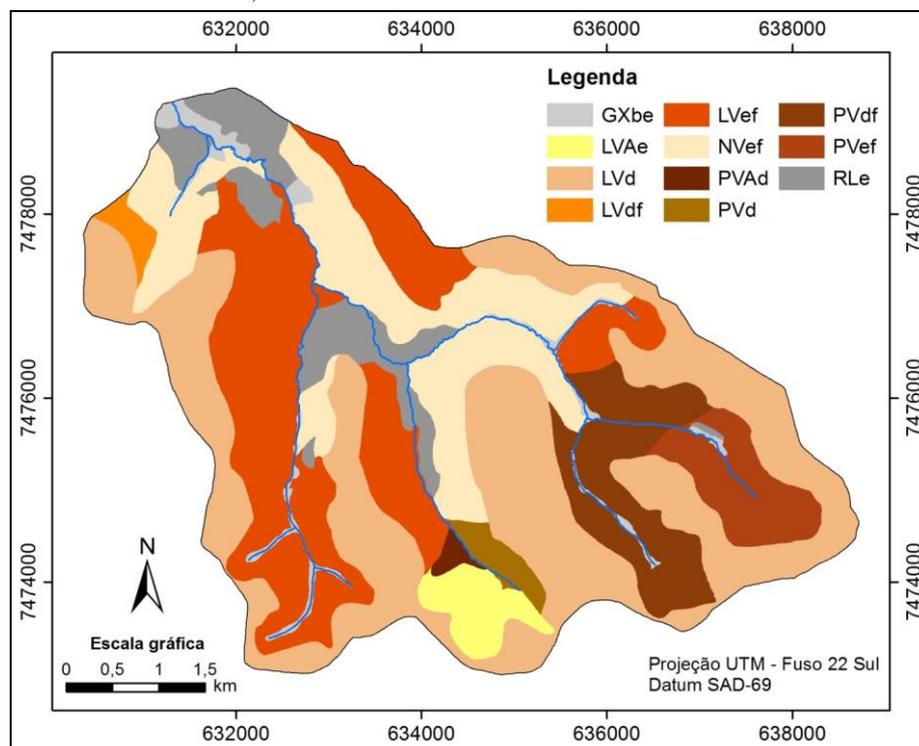


Figura 2 - Mapa detalhado de solos da Sub-Bacia do Ribeirão das Perobas.

As unidades de solo mapeadas na Sub-Bacia do Ribeirão das Perobas, textura, áreas ocupadas (ha) e porcentagem ocupada em relação à área total da sub-bacia estão apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 – Informações gerais sobre as classes de solo presentes na Sub-Bacia do Ribeirão das Perobas (Santa Cruz do Rio Pardo - SP)

Classe de solo	Sigla	Textura	Área (ha)	Área (%)
Latossolo Vermelho Distrófico	LVd	Média	1.066,63	34,85
Latossolo Vermelho Eutrófico	LVeF	Argilosa	695,78	22,73
Nitossolo Vermelho Eutrófico	NVeF	Argilosa ou Muito argilosa	492,77	16,10
Argissolo Vermelho Distroférrico	PVdf	Média / Argilosa	231,71	7,57
Neossolo Litólico Eutrófico	RLe	Argilosa	211,42	6,91
Argissolo Vermelho Eutrófico	PVeF	Média / Argilosa	134,72	4,40
Latossolo Vermelho-Amarelo Eutrófico	LVAe	Média	79,08	2,58
Gleissolo Háptico Tb Eutrófico	GXbe	Argilosa	75,02	2,45
Argissolo Vermelho Distrófico	PVd	Média	37,69	1,23
Latossolo Vermelho Distroférrico	LVdf	Argilosa	23,91	0,78
Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico	PVAd	Arenosa / Média	12,33	0,40

A classe de solo de maior área na Sub-Bacia do Ribeirão das Perobas é o Latossolo Vermelho Distrófico (LVd) de textura média, que ocupa 34,85 %, estando localizado nas proximidades dos divisores de água da sub-bacia que apresentam relevo plano ou suave ondulado e assentado em grande parte sobre a Formação Adamantina, do Grupo Bauru.

As classes Latossolo Vermelho Eutrófico (LVeF) e Nitossolo Vermelho Eutrófico (NVeF), que juntas ocupam 38,83 % da área da Sub-Bacia do Ribeirão das Perobas, estão em sua maioria localizadas em áreas de relevo ondulado ou forte ondulado, com declividades entre 6 e 20 %. Estes solos são originários de rochas vulcânicas basálticas da Formação Serra Geral, Grupo

São Bento, que lhes propiciam a textura Argilosa ou Muito argilosa e o caráter eutroférico. Parte destes solos assenta-se sobre a transição para a Formação Adamantina.

Os Neossolos Litólicos Eutróficos (RLe), que ocupam 6,91 % da Sub-Bacia do Ribeirão das Perobas, localizam-se em sua maior parte sobre relevos ondulados a escarpados (84,62 % de sua área apresenta declividade entre 6 e 40 %) onde predomina o escoamento superficial da água pluvial, que promove o arraste das partículas e limita o desenvolvimento do perfil de solo. Apresentam espessura variável de 15 cm a 50 cm até o contato lítico.

Os Gleissolos Háplicos Tb Eutróficos (GXbe), por sua vez, estão localizados nos fundos de vale e planícies de inundação dos afluentes do Ribeirão das Perobas e do Rio Turvo, o qual recebe as águas da sub-bacia. Apenas uma mancha deste solo localiza-se sobre relevo ondulado a fortemente ondulado na baixa vertente, em terrenos argilosos mal drenados com inúmeras nascentes.

Os Argissolos ocupam 13,6 % da área da Sub-Bacia do Ribeirão das Perobas e apresentam textura de horizontes superficiais/subsuperficiais variando de Arenosa/Média a Média/Argilosa. Assentam-se em sua maioria sobre terrenos arenosos da Formação Adamantina, Grupo Bauru, predominando os relevos ondulados a forte ondulados, com exceção do Argissolo Vermelho

Eutroférico (PVef), assentado sobre relevos suave ondulados a ondulados.

Apenas o Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico (PVAd) apresenta transição abrupta entre os horizontes E e Bt, o que lhe confere o caráter abrupto. Esta classe de solo localiza-se no vale de um córrego extinto. Por sua vez, os Argissolos localizados na porção leste da sub-bacia apresentam caráter férrico (PVef e PVdf).

Existe, ainda, uma mancha de Latossolo Vermelho-Amarelo Eutrófico (LVAe), que está localizada sobre terreno arenoso na transição entre o Latossolo Vermelho Distrófico e o Argissolo Vermelho Distrófico, com relevo suave a fortemente ondulado. Sobre as mesmas classes de declividade, porém em terreno argiloso da Formação Serra Geral, encontra-se uma mancha de Latossolo Vermelho Distrófico (LVdf), que ocupa apenas 0,78 % da área da sub-bacia.

3.2 Fator Erodibilidade do solo (K)

A Tabela 4 apresenta os valores de erodibilidade dos solos da Sub-Bacia do Ribeirão das Perobas determinados pelas metodologias de Denardin (1990) e Mannigel et al. (2002).

Tabela 4 – Erodibilidade dos solos das diferentes classes encontradas na Sub-Bacia do Ribeirão das Perobas, calculada através de dois métodos (t.ha.h.ha⁻¹.MJ⁻¹.mm⁻¹)

Classe de solo	Valores de erodibilidade (t.ha.h.ha ⁻¹ .MJ ⁻¹ .mm ⁻¹)			
	Método Denardin (1990)		Método Mannigel et al. (2002)	
	Horizonte		Horizonte	
	A	B	A	B
Gleissolo Háplico Tb Eutrófico (GXbe)	0,047	0,035	0,020	0,006
Latossolo Vermelho-Amarelo Eutrófico (LVAe)	0,039	0,042	0,052	0,029
Latossolo Vermelho Distrófico (LVd)	0,043	0,040	0,037	0,026
Latossolo Vermelho Distrófico (LVdf)	0,044	0,038	0,012	0,008
Latossolo Vermelho Eutroférico (LVef)	0,040	0,038	0,010	0,008
Nitossolo Vermelho Eutroférico (NVef)	0,042	0,036	0,010	0,007
Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico (PVAd)	0,045	0,045	0,222	0,032
Argissolo Vermelho Distrófico (PVd)	0,044	0,041	0,055	0,023
Argissolo Vermelho Distrófico (PVdf)	0,048	0,038	0,042	0,013
Argissolo Vermelho Eutroférico (PVef)	0,048	0,043	0,027	0,012
Neossolo Litólico Eutrófico (RLe)	0,048	-	0,018	-

A erodibilidade média das classes de solo da Sub-Bacia do Ribeirão das Perobas calculada pela metodologia de Denardin (1990) foi, em geral, superior à erodibilidade média determinada pela metodologia de Mannigel et al. (2002) e aos índices encontrados na literatura. A erodibilidade do horizonte A variou entre 0,039 e 0,048 t.ha.h.ha⁻¹.MJ⁻¹.mm⁻¹, sendo a erodibilidade média das classes de Latossolo de 0,041 t.ha.h.ha⁻¹.MJ⁻¹.mm⁻¹ e das classes de Argissolo de 0,046 t.ha.h.ha⁻¹.MJ⁻¹.mm⁻¹. Cabe destacar que as erodibilidades médias das respectivas classes de solo utilizadas por Fujihara (2002) a partir dos dados obtidos por Bertoni e Lombardi Neto em 1990 foram 0,0175 e 0,035 t.ha.h.ha⁻¹.MJ⁻¹.mm⁻¹, evidenciando

que a erodibilidade calculada pela equação de Denardin (1990) apresentou resultados mais elevados e foi menos sensível na diferenciação de solos de textura, comportamento hidrológico e erodibilidade reconhecidamente diferentes, como os Latossolos e Argissolos. Os valores médios de erodibilidade destas classes de solo foram ainda mais próximos no horizonte B, ou seja, 0,039 t.ha.h.ha⁻¹.MJ⁻¹.mm⁻¹ para os Latossolos e 0,041 t.ha.h.ha⁻¹.MJ⁻¹.mm⁻¹ para os Argissolos.

A análise de regressão entre as variáveis da equação de Denardin (1990) e os índices de erodibilidade do solo encontrados apontou a variável *M* como a de maior

influência na constituição deste fator. O coeficiente de determinação, ajustado a partir de uma linha de tendência polinomial de 3ª ordem, resultou no coeficiente de determinação de 0,5468, evidenciando que quanto maior o produto entre as partículas de maior tamanho do solo [(areia fina + silte) x (silte + areia)], maior será a suscetibilidade natural dos solos à erosão. Por outro lado, a variável permeabilidade (P) da equação de Denardin (1990), codificada na Tabela 1, sendo um fator positivo da equação, evidencia que a permeabilidade do solo é diretamente proporcional ao tamanho de suas partículas e, conseqüentemente, aponta que solos de textura arenosa são mais permeáveis e menos suscetíveis à erosão que aqueles de textura muito argilosa. Este comportamento oposto das variáveis da textura do solo em relação às variáveis M e P pode explicar a menor diferenciação de valores de erodibilidade entre solos de diferentes classes resultantes da aplicação desta equação, conforme observado em ambos os horizontes do solo. Cumpre esclarecer que os solos arenosos, quando saturados pela infiltração da água pluvial, são mais suscetíveis à erosão que solos de textura mais fina em função da menor agregação das partículas. Os coeficientes de determinação encontrados para os relacionamentos estatísticos entre os fatores P , R e DMP e a erodibilidade do solo foram 0,1634, 0,1044 e 0,0264.

Como a determinação da erodibilidade do solo pela metodologia de Mannigel et al. (2002) foi realizada a partir dos dados de textura dos horizontes superficiais ou subsuperficiais das amostras coletadas, as classes de solo de textura Muito argilosa e Argilosa apresentaram menores índices de erodibilidade que os solos de textura Média e Arenosa. Apesar de não adotar como variáveis o teor de matéria orgânica, o diâmetro médio ponderado das partículas e a permeabilidade do perfil de solo, comumente utilizadas na determinação da erodibilidade, esta metodologia apresentou resultados coerentes com as propriedades físicas dos solos. Ressalta-se a natureza coloidal dos minerais de argila do solo, presentes em maior quantidade nos solos de textura argilosa, na agregação e estabilização dos agregados do solo, conferindo-lhe maior resistência contra o processo erosivo, apesar da menor permeabilidade do perfil.

Conforme constatado por Mannigel et al. (2002), o fator K tornou-se extremamente elevado em classes de solo que apresentaram teor de silte + areia igual ou superior a 840 g.kg⁻¹ no horizonte A. As unidades de mapeamento PVAd, PVd e LVAe apresentaram teores médios de silte + areia no horizonte A de 957 g.kg⁻¹, 847 g.kg⁻¹ e 840 g.kg⁻¹, respectivamente, e valores médios de erodibilidade de 0,222, 0,055 e 0,052.

Os valores de erodibilidade dos solos LVd (0,037 t.ha.ha⁻¹.MJ⁻¹.mm⁻¹ no horizonte A e 0,026 t.ha.ha⁻¹.MJ⁻¹.mm⁻¹ no horizonte B) e LVAe (0,052 t.ha.ha⁻¹.

.MJ⁻¹.mm⁻¹ no horizonte A e 0,029 t.ha.ha⁻¹.MJ⁻¹.mm⁻¹ no horizonte B) obtidos pela equação de Mannigel et al. (2002) foram superiores aos encontrados na literatura para os Latossolos, como nos trabalhos de Lombardi Neto e Bertoni (1975a), cujo fator K dos horizontes superficiais dos Latossolos do levantamento de reconhecimento dos solos do estado de São Paulo de 1960 esteve entre 0,011 e 0,022 t.ha.ha⁻¹.MJ⁻¹.mm⁻¹, e de Fujihara (2002), que utilizou o valor de 0,0175 t.ha.ha⁻¹.MJ⁻¹.mm⁻¹ para os Latossolos em geral.

As erodibilidades calculadas para o horizonte superficial dos Neossolos Litólicos Eutróficos (RLe) foram de 0,048 e 0,018 t.ha.ha⁻¹.MJ⁻¹.mm⁻¹, respectivamente, pelas metodologias de Denardin (1990) e Mannigel et al. (2002). O índice de erodibilidade desta classe de solo utilizado por Farinasso et al. (2006) foi 0,036 t.ha.ha⁻¹.MJ⁻¹.mm⁻¹, calculado pelo nomograma de Wischmeier et al. (1971), denotando diferenças significativas entre os valores conforme o método de determinação utilizado.

Para a classe dos Nitossolos Vermelhos Eutroférricos (antiga classe Terra Roxa Estruturada), cujos índices de erodibilidade obtidos por Lombardi Neto e Bertoni (1975a) em solos do Estado de São Paulo foram 0,018 e 0,011 t.ha.ha⁻¹.MJ⁻¹.mm⁻¹ respectivamente nos horizontes superficial e subsuperficial, as metodologias aplicadas neste trabalho resultaram em valores diferentes, sendo inferiores pela equação de Mannigel et al. (2002), ou seja, 0,010 e 0,007 t.ha.ha⁻¹.MJ⁻¹.mm⁻¹ nos horizontes A e Bn, respectivamente, fato que se deu em função da textura Argilosa ou Muito argilosa. Por outro lado, os valores foram elevados quando calculados pelo método de Denardin (1990), 0,042 e 0,036 t.ha.ha⁻¹.MJ⁻¹.mm⁻¹ nos horizontes A e Bn, respectivamente, provavelmente em função da permeabilidade baixa e do baixo diâmetro médio ponderado das partículas decorrentes da textura fina.

Diante do que se apresenta, pode-se considerar que, de modo geral, os índices de erodibilidade obtidos neste estudo pela equação de Mannigel et al. (2002) ficaram mais próximos dos índices comumente utilizados em estudos de simulação de perda de solo por erosão e melhor distinguiram a erodibilidade de classes de solo com propriedades físicas diferentes e, portanto, optou-se pela utilização destes na elaboração do mapa de erodibilidade das classes de solo da Sub-Bacia do Ribeirão das Perobas (Figura 3), em detrimento dos dados calculados pelo método de Denardin (1990).

Vale lembrar que, para as unidades de mapeamento PVAd, PVd e LVAe, cujos teores médios de areia + silte são superiores a 840 g.kg⁻¹, utilizou-se a erodibilidade média dos horizontes subsuperficiais (Bt ou Bw).

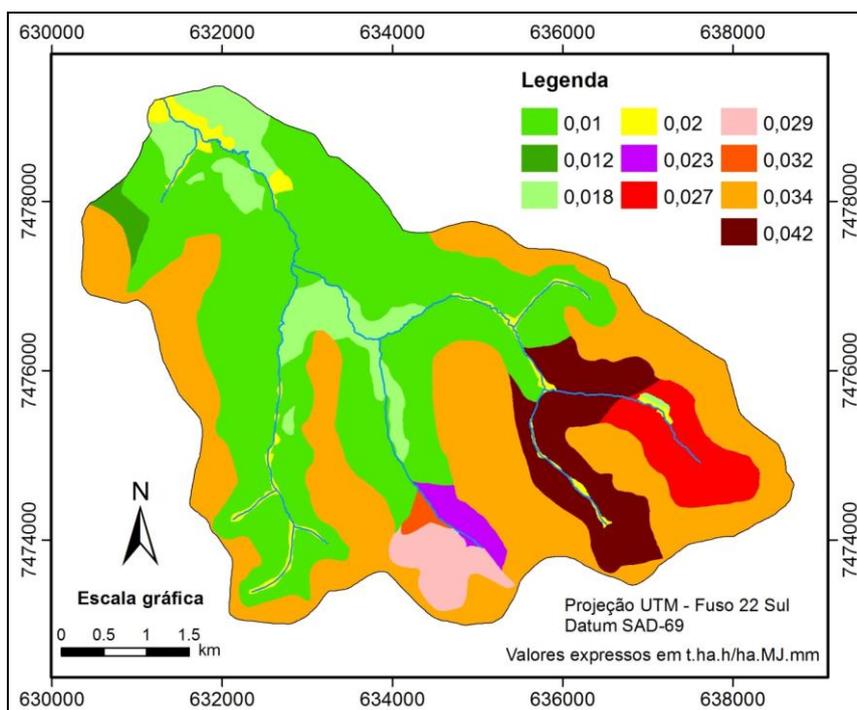


Figura 3 - Mapa de erodibilidade das diferentes classes de solos encontradas na Sub-Bacia do Ribeirão das Perobas.

3.3 Tolerância de perda de solo (T)

As texturas médias dos horizontes e as variáveis utilizadas na determinação da tolerância de perda de solo para as diferentes classes de solo da Sub-Bacia do Ribeirão das Perobas estão apresentadas na Tabela 5. O número de amostras utilizadas no cálculo da textura média difere

para cada classe de solo, e a densidade do solo é a média de três valores obtidos para cada horizonte.

Tabela 5 - Valores médios de textura e densidade do solo dos horizontes superficiais e subsuperficiais, profundidade dos horizontes, relação textural da fração argila e fator *f* das classes de solo da Sub-Bacia do Ribeirão das Perobas

Classe de solo	Horizonte A					Horizonte B					RT	f
	Areia	Silte	Argila	Prof.	Ds	Areia	Silte	Argila	Prof.	Ds		
	g.kg ⁻¹			(m)	(t.m ⁻³)	g.kg ⁻¹			(m)	(t.m ⁻³)		
GXbe	143	500	357	0,44	1,39	88	292	620	0,56	1,50	1,73	0,6
LVAe	792	48	160	0,23	1,71	693	53	254	0,77	1,76	1,58	0,6
LVd	746	49	205	0,22	1,75	685	48	267	0,78	1,52	1,30	0,8
LVdf	355	191	454	0,20	1,47	303	164	533	0,80	1,37	1,17	1,0
LVEf	293	193	514	0,35	1,35	243	206	551	0,65	1,36	1,07	1,0
NVEf	238	265	497	0,35	1,49	202	215	583	0,65	1,65	1,17	1,0
PVAd	929	28	43	0,59	1,55	627	137	236	0,41	1,53	5,48	0,2
PVd	772	75	153	0,46	1,54	638	61	301	0,54	1,50	1,96	0,6
PVdf	657	146	197	0,41	1,66	486	91	423	0,59	1,69	2,14	0,4
PVEf	587	149	264	0,40	1,80	431	128	441	0,60	1,73	1,67	0,6
RLe	179	449	372	0,40	1,32	-	-	-	-	-	1	1

Prof.: profundidade do perfil de solo até 1 metro; RT: relação entre a % argila do horizonte B e a % argila do horizonte A; f: fator de correção em função da relação textural da fração argila; Ds: densidade do solo.

A Tabela 6 apresenta os resultados de tolerância de perda de solos da Sub-Bacia do Ribeirão das Perobas, e a Figura

4 mostra esta variável espacializada por unidade de mapeamento de solo.

Tabela 6 - Tolerância de perda das diferentes classes de solo da Sub-Bacia do Ribeirão das Perobas ($t.ha^{-1}.ano^{-1}$)

Classe de solo	Tolerância
Nitossolo Vermelho Eutroférico (NVEf)	15,94
Latossolo Vermelho Distroférico (LVdf)	13,90
Latossolo Vermelho Eutroférico (LVEf)	13,56
Latossolo Vermelho Distrófico (LVd)	12,56
Argissolo Vermelho Eutroférico (PVEf)	10,54
Latossolo Vermelho-Amarelo Eutrófico (LVAe)	10,49
Argissolo Vermelho Distrófico (PVD)	9,11
Gleissolo Háptico Tb Eutrófico (GXbe)	8,70
Argissolo Vermelho Distroférico (PVdf)	6,71
Neossolo Litólico Eutrófico (RLe)	5,28
Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico (PVAd)	3,08

Pela análise dos valores de tolerância de perda de solo obtidos para a Sub-Bacia do Ribeirão das Perobas, pode-se constatar que o gradiente textural dos horizontes A e B, expresso pelo fator de correção f , foi o principal responsável pelas diferenças encontradas.

As maiores tolerâncias de perda foram obtidas nos solos NVEf, LVdf, LVEf e LVd, por apresentarem gradiente textural inferior a 1,3 e fator de correção f igual a 1 ou 0,8. A menor tolerância de perda apresentada pelos Neossolos Litólicos Eutróficos (RLe) deve-se à pequena profundidade do *solum*, tendo sido adotada no cálculo a profundidade média de 0,40 m.

As diferenças de tolerância de perda de solo dos Argissolos também sofreram influência do gradiente textural. A classe PVAd, por apresentar relação textural da fração argila igual a 5,48 e fator f 0,2, tolera a perda de apenas 3,08 $t.ha^{-1}.ano^{-1}$. As demais classes de Argissolo, cujos fatores f inerentes à relação textural foram de 0,4 e 0,6, apresentaram tolerâncias de perda de solo proporcionalmente maiores, influenciadas também pela variação na profundidade dos horizontes e pela densidade do solo.

A tolerância de perda de solo da classe GXbe também foi afetada pela relação textural (fator f igual a 0,6), mas diferiu da tolerância apresentada pelo LVAe, de mesmo fator f , que apresentou maior tolerância de perda de solo em razão da maior profundidade do horizonte Bw.

De maneira geral, os Latossolos apresentaram tolerância média de perda de solo de 12,62 $t.ha^{-1}.ano^{-1}$, e os Argissolos, 7,36 $t.ha^{-1}.ano^{-1}$, concordando com os resultados médios obtidos por Lombardi Neto e Bertoni (1975b), considerando a menor profundidade para o desenvolvimento radicular dos Argissolos devido ao acúmulo de argila no horizonte Bt e ao gradiente de drenagem entre os horizontes superficial e

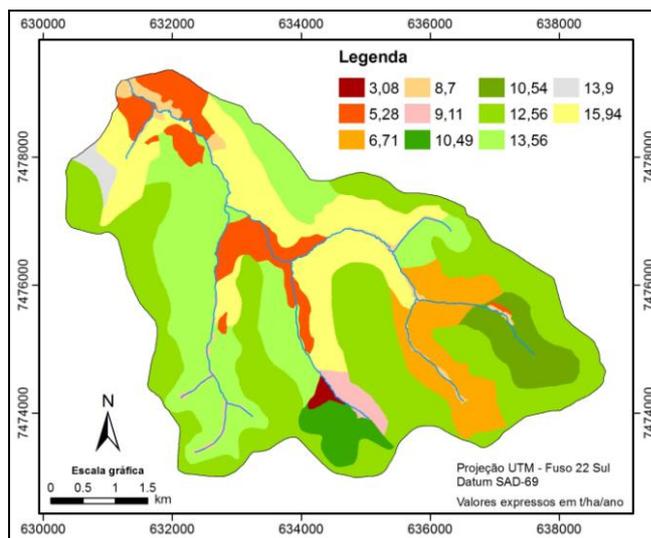


Figura 4 - Tolerância de perda dos solos da Sub-Bacia do Ribeirão das Perobas ($t.ha^{-1}.ano^{-1}$).

subsuperficial, o que implica em maior suscetibilidade das camadas superficiais ao processo erosivo.

Embora os solos de menor erodibilidade tenham apresentado as maiores tolerâncias de perda de solo, e alguns Argissolos de alta erodibilidade as menores tolerâncias de perda, não houve relacionamento linear entre estes dois parâmetros em razão das diferenças de profundidade do *solum* e do gradiente textural da fração argila, não considerados na determinação da erodibilidade do solo.

4 CONCLUSÃO

- O levantamento detalhado de solos da Sub-Bacia do Ribeirão das Perobas constituiu informação fundamental para o melhor conhecimento da suscetibilidade aos processos erosivos;

- O emprego da técnica da fotopedologia facilitou a execução dos trabalhos, reduzindo o número de amostragens;

- A equação de Denardin (1990) teve menor confiabilidade, pois os resultados de K por ela obtidos dificultaram a distinção de solos com diferentes graus de suscetibilidade à erosão;

- A equação de Mannigel et al. (2002) apresentou resultados muito altos em solos com teor de areia + silte superior a 840 $g.kg^{-1}$, e valores muito baixos em solos de textura Muito argilosa;

- A tolerância de perda de solo na Sub-Bacia do Ribeirão das Perobas foi influenciada pelo fator de correção f ;

- Os Argissolos apresentaram tolerância média de perda de solo inferior aos Latossolos em função do gradiente textural existente entre os horizontes A e Bt, de permeabilidade e drenagem diferentes;

– Para os estudos futuros de conservação do solo na área de estudo, recomenda-se a análise e descrição de novos perfis de solo em trincheiras de maneira a caracterizar melhor as classes de solo identificadas no mapeamento, já que seus atributos químicos, físicos e morfológicos são variáveis na mesma classe de solo, conforme identificado nas análises das amostras coletadas com trado holandês.

5 REFERÊNCIAS

- ARRAES, C. L.; BUENO, C. R. P.; PISSARRA, T. C. T. Estimativa da erodibilidade do solo para fins conservacionistas na Microbacia Córrego do Tijuco, SP. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 6, p. 849-857, nov./dez., 2010. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/7218/6604>>. Acesso em: 21 nov. 2012.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 5. ed. São Paulo: Ícone, 2005. 355 p.
- CORRÊA, E. A. **Caracterização da cobertura vegetal na Equação Universal de Perda de Solos (fator C) por meio de geotecnologias**. 2011. 167 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2011.
- DENARDIN, J. E. **Erodibilidade do solo estimada por meio de parâmetros físicos e químicos**. 1990. 81 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1990.
- DISSMEYER, G. E.; FOSTER, G. R. **A guide for predicting sheet and rill erosion on forest land**. Atlanta: USDA Forest Service, 1980. 40 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. rev. atual. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1).
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.
- FARINASSO, M. et al. Avaliação qualitativa do Potencial de Erosão Laminar em grandes áreas por meio da EUPS – Equação Universal de Perdas de Solos utilizando novas metodologias em SIG para os cálculos dos seus fatores na região do Alto Parnaíba – PI-MA. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Uberlândia, v. 7, n. 2, p. 73-85, 2006. Disponível em: <http://www.ugb.org.br/home/artigos/SEPARATAS_RB_G_Ano_7_n_2_2006/RBG_Ano_7_n_2_2006_73_85.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2012.
- FUJIHARA, A. K. **Predição de erosão e capacidade de uso do solo numa microbacia do oeste paulista com suporte de geoprocessamento**. 2002. 118 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa de vegetação do Brasil**. Rio de Janeiro, 2004. Escala: 1:500.000.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (São Paulo). **Mapa Geológico do Estado de São Paulo**. São Paulo, 1981. Escala: 1:500.000.
- LEPSCH, I. F. Levantamentos de solos. In: _____. **19 lições de Pedologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. cap. 16, p. 341-359.
- LI, L. et al. An overview of soil loss tolerance. **Catena**, Amsterdam, v. 78, n. 2, p. 93-99, August, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2009.03.007>>. Acesso em: 10 nov. 2012.
- LIMA, J. E. F. W. et al. Desenvolvimento e verificação de métodos indiretos para a estimativa da erodibilidade dos solos da Bacia Experimental do Alto Rio Jardim – DF. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Uberlândia, v. 8, n. 2, p. 23-36, jul./dez., 2007. Disponível em: <http://www.ugb.org.br/home/artigos/RBG_8_2/RBG_SF03.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2012.
- LOMBARDI NETO, F.; BERTONI, J. **Erodibilidade de solos paulistas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1975a. 12 p. (Boletim Técnico, 27).
- LOMBARDI NETO, F.; BERTONI, J. **Tolerância de perdas de terra para solos do Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1975b. 12 p. (Boletim Técnico, 28).
- MANNIGEL, A. R. et al. Fator erodibilidade e tolerância de perda dos solos do Estado de São Paulo. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1335-1340, 2002. Disponível em: <<http://edueojs.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAgron/article/view/2374/1787>>. Acesso em: 10 abr. 2012.
- MIRANDA, M. J. et al. **Clima dos municípios paulistas**. Campinas: CEPAGRI/UNICAMP, 2005. Disponível em: <<http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima-dos-municipios-paulistas.html>>. Acesso em: 20 abr. 2012.
- OLIVEIRA, J. B. **Solos do Estado de São Paulo: descrição das classes registradas no mapa pedológico**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1999. 112 p. (Boletim Científico, 45)
- PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, Göttingen, v. 11, n. 5, p.1633-1644, October, 2007. Disponível em: <<http://www.hydrol-earth-syst-sci.net/11/1633/2007/hess-11-1633-2007.pdf>>. Acesso em: 15 abr. 2012.

RAIJ, B. V. et al. (Ed.). **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285 p.

RENARD, K.G. et al. **Predicting soil erosion by water: guide to conservation planning with Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)**. Washington: US Gov. Print Office, 1997. 404 p. (Agriculture Handbook, 703). Disponível em:
<<http://www.techtransfer.osmre.gov/NTTMainSite/Library/hbmanual/rusle703.htm>>. Acesso em: 8 mar. 2012.

RESENDE, M. et al. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. 5. ed. rev. Lavras: Ed. UFLA, 2007. 322 p.

ROLIM, G. S. et al. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 4, p. 711-720, 2007. Disponível em:
<<http://www.scielo.br/pdf/brag/v66n4/22.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2012.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: FFLCH-USP, 1997. Escala: 1:500.000.

SANTOS, R. D. et al. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5. ed. rev. e ampl. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo: UFV; [Rio de Janeiro]: Embrapa Solos: UFRRJ, 2005. 92 p.

SMITH, R. M.; STAMEY, W. L. How to establish erosion tolerances. **Journal of Soil and Water Conservation**, Baltimore, v. 19, n. 3, p. 110-111, May/June, 1964. Disponível em:
<http://www.weru.ksu.edu/new_weru/publications/Andrew_pdf/845.pdf>. Acesso em: 1 maio 2012.

STONE, R. P.; HILLBORN, D. **Universal Soil Loss Equation (USLE)**. Canadá: Ontário Ministry of Agriculture and Food (OMAFRA), 2002 (Factsheet). Disponível em:
<<http://www.gov.on.ca/OMAFRA/english/engineer/facts/00-001.htm>>. Acesso em: 25 Fev. 2014.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **National Soil Survey Handbook n. 430**. Washington, DC: USDA, 1983.

VAN DER KNIJFF, J. M.; JONES, R. J. A.; MONTANARELLA, L. **Soil erosion risk assessment in Italy**. European Soil Bureau. Joint Research Center of the European Commission, 1999. 52 p (Report). Disponível em:
<http://eussoils.jrc.ec.europa.eu/ESDB_Archive/pesera/pesera_cd/pdf/er_it_new.pdf>. Acesso em: 25 Fev. 2014.

WISCHMEIER, W. H.; JOHNSON, C. B.; CROSS, B. V. A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v. 26, n. 5, p. 189-193, 1971.

ZIMBACK, C. R. L. **Levantamento de solos**. Botucatu: [s.n.], 2003. 16 p. (Apostila)