

ESTIMATIVA DA ERODIBILIDADE E TOLERÂNCIA DE PERDAS DE SOLO NA REGIÃO DO CENTRO LESTE PAULISTA

Edvania Aparecida CORRÊA¹, Isabel Cristina MORAES¹, Sérgio dos Anjos Ferreira PINTO²

(1) Geógrafa, Doutoranda em Geografia pela Universidade Estadual Paulista, IGCE/UNESP/Rio Claro, Av. 24A nº 1515 - Bela Vista - CEP: 13506-900, Rio Claro - SP – Brasil. Endereços eletrônicos: edvaniacorrea@ig.com.br; bel.moraes@gmail.com.

(2) Geógrafo, Professor Titular do Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento da Universidade Estadual Paulista, IGCE/UNESP/Rio Claro, Av. 24A nº 1515 - Bela Vista - CEP: 13506-900, Rio Claro - SP – Brasil. Endereço eletrônico: sanjos@rc.unesp.br.

Introdução
Caracterização das áreas de estudo
Material e métodos
Caracterização das áreas de estudo
Metodologia
Resultados e discussão
Conclusões
Agradecimentos
Referências bibliográficas

RESUMO - Visando compreender a dinâmica dos processos erosivos, o presente artigo estimou os valores de erodibilidade e tolerância de perdas de solo em função das propriedades físicas e químicas de solos derivados de arenitos e argilitos. A determinação da erodibilidade foi calculada conforme o método proposto por Denardin (1990) e para o cálculo do fator tolerância de perdas de solo foi utilizado o método proposto por Lombardi & Bertoni (1975), modificado por Bertol & Almeida (2000). Nas bacias hidrográficas do ribeirão Jacutinga e do córrego do Monjolo Grande, contribuintes da bacia do rio Corumbataí, setor centro leste paulista, realizaram-se coletas de amostras de solo distribuídas nas unidades pedológicas de Neossolo Quartzarênico, Argissolo Vermelho Amarelo e Cambissolo Háptico. Os valores extremos do fator erodibilidade variaram de 0,0075 a 0,1573 t h MJ⁻¹ mm⁻¹ respectivamente para as unidades de Cambissolo Háptico e Neossolo Quartzarênico. Os valores extremos de tolerância de perdas de solo variaram de 4,0 (Cambissolo Háptico e Argissolo Vermelho Amarelo) a 10 t ha⁻¹ ano⁻¹, (Neossolo Quartzarênico). Concluiu-se que o aumento da relação textural acarretou o aumento da erodibilidade e diminuição dos valores de tolerância de perdas. Da comparação entre solos com características físico-químicas distintas, foi verificada elevada variabilidade dos valores de erodibilidade e tolerância de perdas para amostras pertencentes à mesma classe pedológica. Ressalta-se a importância de pormenorizar o estudo das unidades pedológicas com base na variação textural e características físico-químicas dos solos, visto que podem apresentar comportamentos diferenciados frente ao processo erosivo, especialmente quando da utilização de modelos preditivos como a Equação Universal de Perda de Solo (EUPS). O método indireto do fator de erodibilidade proposto por Denardin (1990), bem como o cálculo do fator tolerância de perdas conforme Lombardi e Bertoni (1975), apresentaram capacidade satisfatória na estimativa dos valores amostrais, proporcionando maior nível de detalhamento, e contemplando características mais próximas às condições reais do cenário de estudo.

Palavras chaves: erosão hídrica, propriedades físicas e químicas dos solos, conservação do solo.

ABSTRACT - Aiming to understand the dynamics of erosion, this paper estimated the erodibility values and soil loss tolerance depending on the physical and chemical properties of soils derived from sandstones and mudstones. The determination of erodibility was calculated according to the method proposed by Denardin (1990) and to calculate the factor soil loss tolerance the method proposed by Lombardi & Bertoni (1975), modified by Bertol & Almeida (2000), was used. From the watershed of Jacutinga stream and Monjolo Grande stream, tributaries of the Corumbataí river - São Paulo east central sector, soil samples were collected in the soil units Quartzipsamment, Red Yellow Ultisol and Inceptisol. The extreme values of the erodibility factor ranged from 0,0075 to 0,1573 t h MJ⁻¹ mm⁻¹ respectively for units of Inceptisol and Quartzipsamment. The extreme values of tolerance of soil losses ranged from 4,0 (Inceptisol and Red Yellow Ultisol) to 10 t ha⁻¹ year⁻¹ (Quartzipsamment). It was concluded that the increase of the textural ratio caused an increase in erodibility and a decrease in soil loss tolerance. Comparing soils with different physical and chemical characteristics, it was found high variability of erodibility values and soil loss tolerance for samples of the same pedological class. We emphasize the importance of the variability of pedological class because it may present different behaviors against erosion, especially in the use of predictive models as USLE. The indirect method of erodibility factor proposed by Denardin (1990) and the calculation of soil loss tolerance proposed by Lombardi and Bertoni (1975) showed satisfactory capacity in the estimation of sample values, providing individualization of soil units.

Key words: water erosion, physical and chemical properties, soil conservation.

INTRODUÇÃO

A erosão hídrica do solo, a qual é definida como o processo de desagregação e arraste/transporte das partículas de solo (Lepsch, 2011; Morgan, 2005; Lal, 1988), é ocasionada, basicamente, pelos processos de interação entre chuva, solo, relevo, cobertura

vegetal e manejo agrícola (Guerra, 2009). No entanto, alguns solos, quando em condições similares de chuva, declividade, cobertura vegetal e práticas de manejo, apresentam valores diferentes de perda. Resultante da interação entre as características físicas

(textura, estrutura, permeabilidade e densidade), químicas, mineralógicas e biológicas do solo, a erodibilidade é a propriedade que representa a capacidade de regular a infiltração da água no solo, a desagregação e desprendimento pelo impacto das gotas de chuva e a resistência ao transporte pelo escoamento superficial (Bertoni & Lombardi Neto, 2010; Correchel, 2003; Lal, 1988; Wischmeier & Mannering, 1969; Wischmeier et al., 1971; Lombardi Neto & Bertoni, 1975).

No Brasil, estima-se que a cada ano são perdidas em torno de 600 milhões de toneladas de solo agricultável, sendo que para o Estado de São Paulo este valor é estimado em 194 milhões de toneladas por ano (Veiga Filho et al., 1992). Sobre as características intrínsecas dos solos, a erosão hídrica atua na perda de nutrientes e matéria orgânica, na alteração das classes texturais, na perda da estrutura e diminuição das taxas de infiltração e retenção de água no perfil (Bertoni & Lombardi Neto, 2010; Wolman, 1985; Ferraz de Mello et al., 1989). Neste sentido, a erosão hídrica é tida como um dos maiores e mais temíveis problemas ambientais, na medida em que ocasiona declínio nos rendimentos agrícolas, aumento nos custos da produção, queda da lucratividade agrícola e diminuição dos alimentos disponíveis à população (Cogo et al., 2004), além da contaminação das águas superficiais ocasionadas pelos excedentes hídricos que chegam à rede de drenagem transportando sedimentos, nutrientes e agroquímicos (Souto & Crestana, 2000).

A estimativa do fator erodibilidade, conforme normas estabelecidas pela Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS), é realizada por meio da instalação de parcelas padrão de perdas de solo no campo e monitoramento durante vários anos sob condições de chuva natural ou simulada. Tal avaliação experimental envolve custos consideráveis e demanda um longo período de tempo nas determinações. Diante de tais dificuldades, muitos trabalhos foram realizados objetivando a aplicação de métodos indiretos na estimativa do fator erodibilidade. Dentre os principais, têm-se aqueles desenvolvidos por Wischmeier et al. (1971); Römken et al. (1977); Young & Mutchler (1977); Lima et al.

(1990); Denardin (1990), Roloff & Denardin (1994), Chaves (1994), Marques et al. (1997) e Silva et al (1999).

Para os solos brasileiros, Denardin (1990) determinou a erodibilidade de 31 solos brasileiros e de 46 solos estadunidenses. A partir de dados obtidos em campo sob chuva natural e artificial, juntamente com parâmetros físicos e químicos dos solos, foi obtido um modelo matemático de estimativa do fator erodibilidade. Tal modelo matemático possui ampla utilização no cenário nacional, destacando-se os trabalhos desenvolvidos por Silva et al. (1994), Lima et al. (2007) e Arraes et al. (2010).

Silva et al. (1994) visando comparar os valores estimados de erodibilidade por 6 métodos indiretos com os valores obtidos em campo, constataram que o método proposto por Denardin (1990) foi o que mais se aproximou dos valores obtidos em campo para os Latossolos localizados em Minas Gerais. Também Lima et al. (2007), comparando quatro métodos indiretos de determinação da erodibilidade do solo na Bacia do Alto Rio Jardim – DF com os dados medidos em campo, concluíram que o método proposto por Denardin (1990) foi o que mais se aproximou dos dados coletados em campo. Arraes et al (2010), determinando a erodibilidade dos solos presentes Microbacia do Córrego do Tijuco, concluíram que o método proposto por Denardin (1990) apresentou redução proporcional da erodibilidade com o aumento dos teores de argila e matéria orgânica.

O fator erodibilidade, quando incorporado à EUPS, possibilita a estimativa, modelagem e espacialização das áreas mais vulneráveis aos processos de erosão hídrica dos solos, auxiliando na seleção de práticas conservacionistas e no manejo adequado das áreas agrícolas (Silva et al., 1999). Assim, considerando a diversidade edáfica no Brasil, a limitação de dados existentes e o elevado custo e morosidade no cálculo da erodibilidade, os modelos matemáticos que possibilitam as estimativas do fator erodibilidade tornam-se importantes ferramentas no planejamento ambiental em nível de bacias hidrográficas.

No entanto, a erosão hídrica enquanto problemática ambiental não se deve apenas às características de erodibilidade, mas também à

ocorrência do uso desordenado e ausência ou adoção de práticas inadequadas de conservação. Neste contexto, a tolerância de perdas de solo é a representação da quantidade limítrofe de solo que pode ser removida pela erosão hídrica, sem que afete os níveis iniciais de fertilidade e produtividade, por um longo período de tempo (Wischmeier & Smith, 1965; Bertoni & Lombardi Neto, 2010). Tal representação auxilia na adoção de práticas adequadas de conservação do solo, proporcionando a manutenção da produtividade ao longo do tempo.

Para o cenário brasileiro, Lombardi Neto e Bertoni (1975) estimaram a tolerância de perda de solo de 75 perfis de solo do estado de São Paulo. Para tanto, foram utilizados os valores de profundidade mínima favorável ao crescimento radicular, relação textural entre os horizontes A e B e o fator tempo, considerando este como 1000 anos. Visando aprimorar o método de estimativa de tolerância de perda, Bertol e Almeida (2000) acrescentaram os teores de argila na formulação proposta por

Lombardi Neto e Bertoni (1975). Tais aprimoramentos resultaram em valores de tolerância mais rigorosos, e por isso, mais indicados quando do planejamento ambiental de áreas agrícolas.

Visando compreender as dinâmicas do processo erosivo em áreas com solos de propriedades físicas e químicas distintas, o objetivo do presente artigo foi o de estimar os valores de erodibilidade e tolerância de perdas de solo em bacias hidrográficas do centro leste paulista, sendo estudadas a bacia do córrego do Monjolo Grande, município de Ipeúna, com predomínio de solos arenosos, e a bacia do ribeirão Jacutinga, município de Rio Claro, com o predomínio de solos argilosos. Tal proposição visa facilitar e amplificar a aplicação da EUPS na medida em que os dados de erodibilidade e de tolerância de perda de solo podem ser utilizados como ferramentas para a identificação de áreas de maior suscetibilidade erosiva, auxiliando na proposição de práticas de gestão das atividades agrícolas no âmbito de bacias hidrográficas.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização das áreas de estudo

Situadas na região do centro leste do Estado de São Paulo, as áreas de estudo referem-se às bacias hidrográficas do ribeirão Jacutinga, município de Rio Claro, e do córrego Monjolo Grande, município de Ipeúna, tributários do rio Corumbataí e rio Passa Cinco, respectivamente, pertencendo à bacia do rio Corumbataí. Localizada entre as coordenadas geográficas de 22° 16'30" e 22° 22' de latitude sul; 47° 39'30" e 47° 36' longitude oeste de Greenwich (fuso 23), a bacia do ribeirão Jacutinga compreende área aproximada de 28,9 km². A bacia do córrego Monjolo Grande localiza-se entre as coordenadas geográficas de 22° 18' e 22° 23' latitude sul; 47° 48' e 47° 42' longitude oeste (fuso 23), com área aproximada de 28 km² (Figura 1).

Considerando a distribuição anual das chuvas e as variações de temperatura, as bacias se enquadram no tipo climático CWa (conforme classificação zonal de Köppen), podendo ser associadas ao clima sub-tropical, de inverno seco e verão chuvoso. Em termos geomorfológicos, estão inseridas na província

geomorfológica da Depressão Periférica Paulista, caracterizada pela topografia pouco acidentada, com relevo colinoso, interflúvios com áreas entre 1 e 4 km², e topos aplainados. A drenagem mostra-se bem organizada na forma dendrítica, com média a baixa intensidade (IPT, 1981). O caráter comparativo dos parâmetros de erodibilidade e tolerância de perdas de solo das bacias referem-se à distinção quanto às características geológicas, as quais conferem atributos pedológicos diferenciados para as áreas de interesse.

A bacia do ribeirão Jacutinga tem como ocorrência geológica as formações Corumbataí, no médio e baixo curso, Pirambóia, no alto curso e Rio Claro no baixo curso, além de depósitos aluvionais. Tais formações ocorrem em 60,21%, 36,6%, 0,6% e 2,60% da bacia, respectivamente (Ceapla, 2013). Quanto aos solos, tem-se a predominância de Argissolos Vermelho Amarelos de textura média a argilosa (29%), oriundos da formação Corumbataí, Cambissolos Háplicos de textura variando de arenosa a muito argilosa (30,4%) presentes nas áreas de maior declividade e originados das

formações Pirambóia e Corumbataí, Neossolos Quartzarênicos (30,4%) associado à formação Pirambóia, e em menor expressão, Latossolos

Vermelho Amarelo (1,13%), associado à formação Rio Claro (Corrêa, 2013; Moraes, 2013).

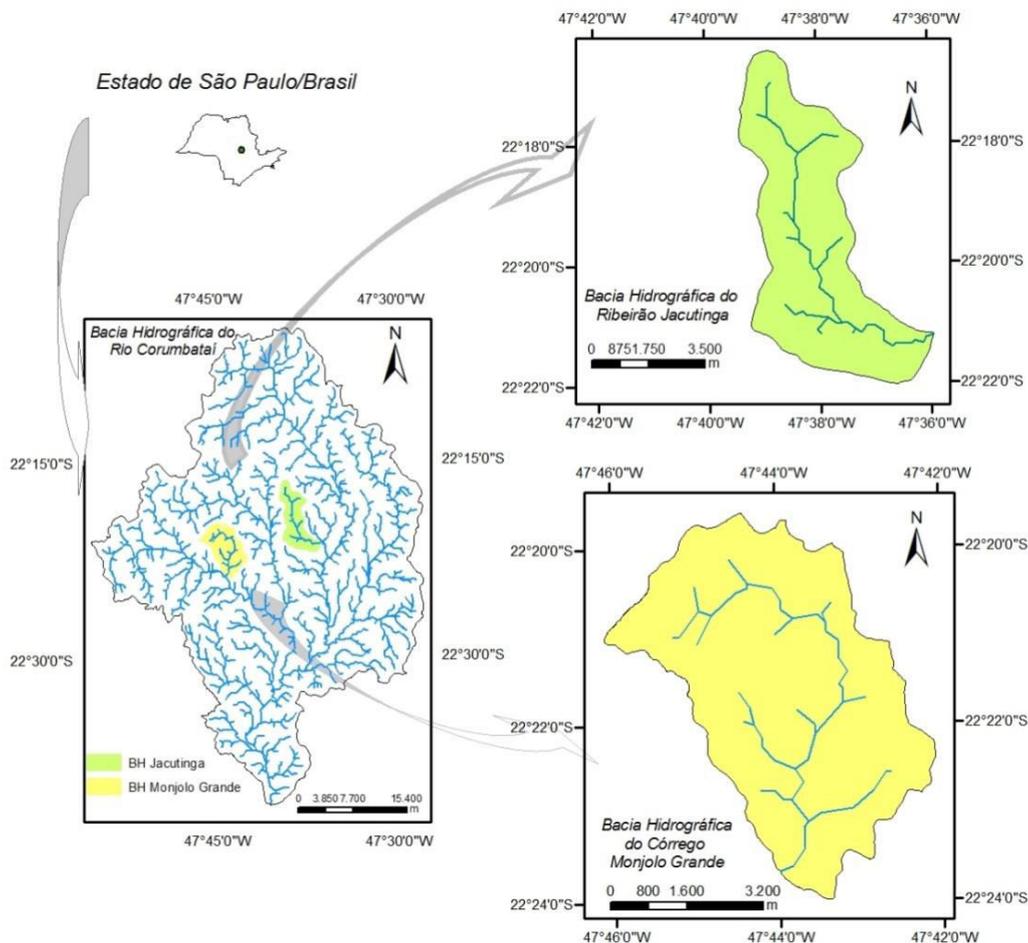


Figura 1. Localização da área de estudo.

Na bacia do córrego do Monjolo Grande, a geologia da área é constituída pelas formações Pirambóia, no alto e médio curso, Corumbataí, no baixo curso, Botucatu, Serra Geral e Itaqueri, ocorrentes junto aos morros testemunhos localizados nas proximidades do front das cuestas arenito-basálticas. Tais unidades aparecem em 68,55%, 27,71%, 2,55%, 0,83% e 0,37% da bacia, respectivamente (Ceapla, 2013). Quanto aos tipos de solos, tem-se Argissolos Vermelho Amarelos, textura franco arenosa (44%) e Neossolos Quartzarênicos (25,2%), os quais possuem como material de origem as formações Botucatu e Pirambóia. Na transição com pequenos maciços residuais da zona de cuestas arenito-basálticas, e nas áreas de maior declividade localizadas ao longo dos canais de 1ª ordem – classificação de Stralher (1957),

tem-se a ocorrência de Cambissolos Háplicos (22,1%) e Neossolos Litólicos (8,42%) (Corrêa, 2013; Moraes, 2013).

Metodologia

A partir dos levantamentos pedológicos realizados por Corrêa (2013) e Moraes (2013), foram organizadas as coletas amostrais por topossequências, as quais constituem conceitualmente o entendimento da relação relevo e desenvolvimento pedogenético. Para a definição das topossequências traçadas, buscou-se alocar as amostragens nas unidades de solos de maior ocorrência, visto que a utilização de equações para estimativas de erodibilidade e tolerância de perdas de solo exige consistência de dados representativos. Na bacia do ribeirão Jacutinga, foram coletadas 7 amostras, sendo 3 para a representação do Argissolo Vermelho

Amarelo, 3 para os Cambissolos Háplicos e 2 para o solo do tipo Neossolo Quartzarênico. Para a bacia do ribeirão Monjolo Grande foram determinados 7 pontos amostrais, sendo 4 para a classe do Neossolo Quartzarênico e 3 para o Cambissolos Háplicos.

O gradiente textural entre os horizontes superiores do solo é uma das características pedológicas mais importantes para a interpretação de seu comportamento erosivo

(Salomão, 2012), sendo que as características superficiais e subsuperficiais auxiliam na determinação de maior ou menor capacidade de propiciar erosão hídrica laminar. Assim, foram coletadas amostras de solos de pontos selecionados nas profundidades de 0-100 cm, seguindo os procedimentos de Embrapa (2013). Os solos analisados, bem como a localização estão dispostos na Tabela 1 e na Figura 2.

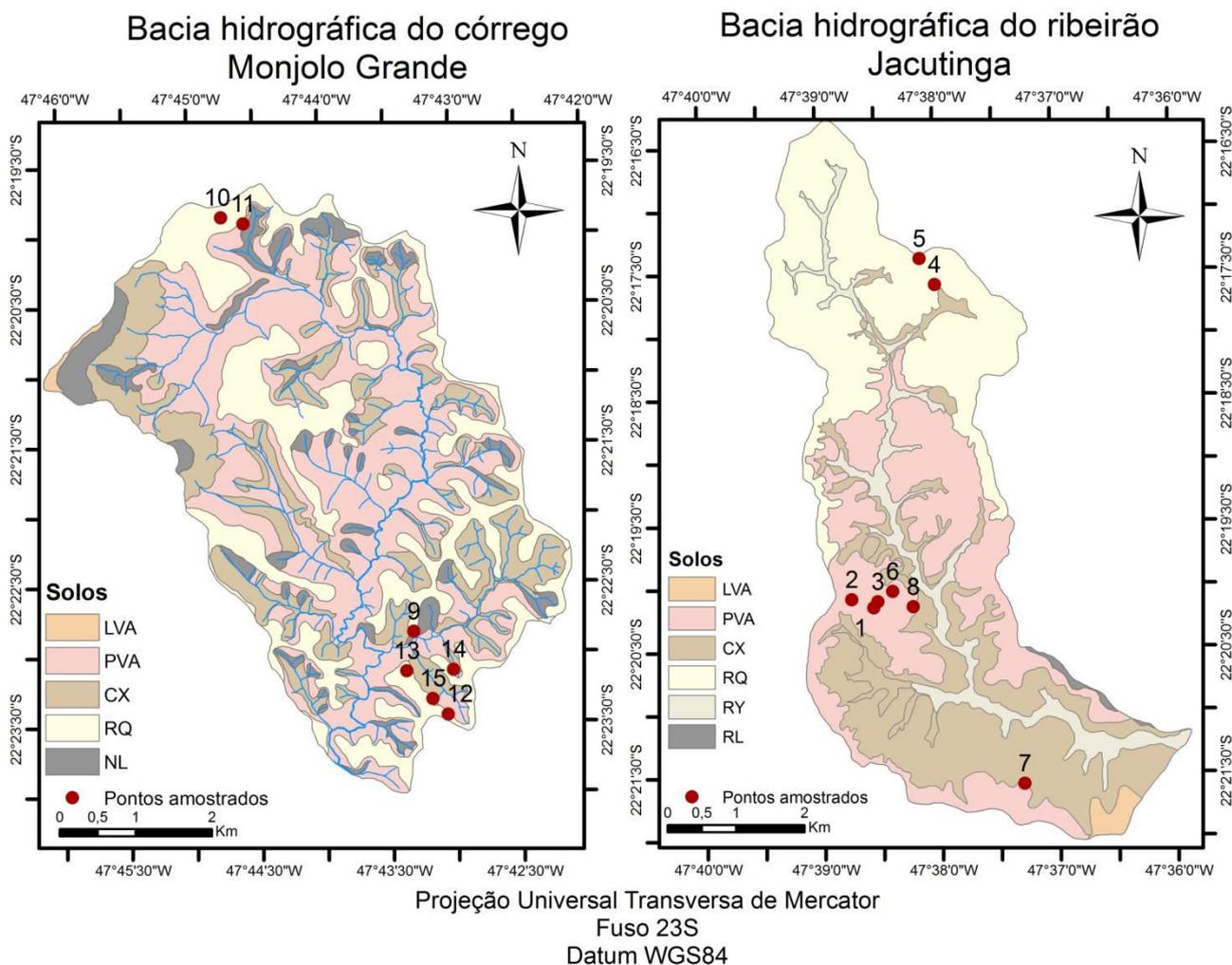


Figura 2. Localização dos pontos amostrados em ambas as áreas de estudo.

Todas as amostras coletadas foram armazenadas e analisadas em laboratório, onde foram realizadas as análises granulométricas pelo método da Pipeta, utilizando como dispersante NaOH mol.L⁻¹ e agitação lenta por 16 horas (Embrapa, 1997). Para a determinação da erodibilidade, as amostras da camada superficial (0-20 cm) foram separadas conforme Denardin (1990). Assim, as frações compostas por partículas maiores que 0,053

mm foram separadas por peneiramento, sendo estas subdivididas em areia muito grossa (2,0 a 1,0 mm), areia grossa (1,0 a 0,5 mm), areia média (0,5 a 0,25 mm), areia fina (0,25 a 0,105 mm) e areia muito fina (0,105 a 0,053 mm). Também foram realizadas análises químicas (% de matéria orgânica) e obtidos os valores do diâmetro médio das partículas (DMP) utilizando a separação por via úmida (Embrapa, 1997).

Tabela 1. Número das amostras e respectivo nome das unidades de solo.

n°	Unidade de Solo	Sigla	Localização
1	Argissolo Vermelho Amarelo, distrófico, textura média, relevo suave ondulado	PVAd	BHR Jacutinga
2	Argissolo Vermelho Amarelo, Ta distrófico, textura média, relevo suave ondulado	PVAvd	BHR Jacutinga
3	Argissolo Vermelho Amarelo, eutrófico, textura argilosa, relevo suave ondulado	PVAe	BHR Jacutinga
4	Neossolo Quartzarênico órtico, típico, relevo suave ondulado a ondulado	Rqo	BHR Jacutinga
5	Neossolo Quartzarênico órtico, típico, relevo suave ondulado a ondulado	Rqo	BHR Jacutinga
6	Cambissolo háplico Tb distrófico, textura argilosa, relevo suave ondulado	CXbd	BHR Jacutinga
7	Cambissolo háplico Tb distrófico, textura argilosa, relevo suave ondulado	CXbd	BHR Jacutinga
8	Cambissolo háplico Ta distrófico, textura argilosa, relevo suave ondulado	CXvd	BHR Jacutinga
9	Neossolo Quartzarênico órtico, relevo suave ondulado a ondulado	Rqo	BHC Monjolo
10	Neossolo Quartzarênico órtico, relevo suave ondulado a ondulado	Rqo	BHC Monjolo
11	Neossolo Quartzarênico órtico, relevo suave ondulado a ondulado	Rqo	BHC Monjolo
12	Neossolo Quartzarênico órtico, relevo suave ondulado a ondulado	Rqo	BHC Monjolo
13	Cambissolo háplico, Tb distrófico, textura média, relevo forte ondulado	CXbd	BHC Monjolo
14	Cambissolo háplico, Ta distrófico, textura média, relevo ondulado a forte ondulado	Cxvd	BHC Monjolo
15	Cambissolo háplico, Ta eutrófico, textura média, relevo ondulado a forte ondulado	CXve	BHC Monjolo

Como método indireto de estimativa, foi escolhido o método proposto por Denardin (1990), o qual é tido como o menos impreciso

para as estimativas de erodibilidade em solos brasileiros (Silva et al., 1994; Correchel, 2004, Lima et al., 2007):

$$K = 0,00000748(M) + 0,00448059(P) - 0,06311750(DMP) + 0,01039567 (REL) \quad (1)$$

Sendo:

K = erodibilidade estimada em t h MJ⁻¹ mm⁻¹;

M = novo silte x (novo silte + nova areia) , sendo o *novo silte* a soma da fração areia muito fina (%) + fração silte (%) e a *nova areia* a soma das frações com diâmetros entre 2,0 e 0,1 mm;

P = código da permeabilidade do solo, conforme a classificação proposta por Carsel &

Parrish (1988). Para cada classe textural, foi associado um valor de permeabilidade conforme a Tabela 2;

DMP = diâmetro médio ponderado das partículas menores que 2 mm, expresso em mm;

REL = multiplicação do teor de matéria orgânica (%) pelo teor da nova areia (%).

Tabela 2. Índices de permeabilidade (P) proposto por Carsel & Parrish (1988) para cada classe textural de solo.

Classes texturais	P
Arenosa, Areia Franca, Franco Arenosa	2
Franco Argilo Arenosa, Franca, Franco Siltosa	3
Argilosa, Muito Argilosa, Franco Argilo Siltosa, Franco Argilosa, Argilo Arenosa, Siltosa	4
Argilo Siltosa	5

Os valores obtidos do fator K foram reclassificados conforme Mannigel et al. (2002), sendo: extremamente alto (> 0,0600 t h MJ⁻¹ mm⁻¹); muito alto (0,0450 † 0,0600 t h MJ⁻¹ mm⁻¹); alto (0,0300 † 0,0450 t h MJ⁻¹ mm⁻¹); médio (0,0150 † 0,0300 t h MJ⁻¹ mm⁻¹); baixo (0,0090 † 0,0150 t h MJ⁻¹ mm⁻¹) e muito baixo (< 0,0090 t h MJ⁻¹ mm⁻¹).

Para o cálculo do fator tolerância de perdas de solo foi utilizado o método proposto

por Lombardi e Bertoni (1975) e modificado por Bertol & Almeida (2000), o qual é apresentado na equação 2:

$$T = h \cdot r_a \cdot 1000^{-1} \quad (2)$$

Sendo:

T = tolerância de perdas de solo (t ha⁻¹ ano⁻¹);
h = profundidade efetiva do solo (mm), sendo esta limitada a 1.000 mm;

r_a = efeito da relação textural conjuntamente com o teor de argila;
 1.000 = conforme Lombardi Neto e Bertoni (1975) constitui constante referente ao período de tempo (em anos) necessário para desgastar 1000 mm de espessura de solo.

A determinação da relação textural dos perfis foi realizada conforme a seguinte formulação:

$$RT = (\% \text{ argila B}) / (\% \text{ argila A}) \quad (3)$$

Onde:

RT = é a relação textural da fração argila;

% argila B = é a distribuição média percentual da argila nos sub-horizontes B;

% argila A = é a distribuição média percentual da argila nos sub-horizontes A.

Para cada valor de relação textural obtido conjuntamente com os valores de argila (%) no horizonte A, foi associado um valor de r_a , sendo tal classificação apresentada na Tabela 3. Para fins de comparação, os dados de tolerância de perdas obtidos foram confrontados com aqueles presentes em Bertoni e Lombardi Neto (2010).

É válido ressaltar que para as classes de Neossolos Quartzarênicos, os quais apresentam elevado valor de infiltração devido à pequena variação e quantidade de argila juntamente com a ausência de um horizonte B, foi adotado o valor de r_a igual a 1,00, conforme proposto em Bertol & Almeida (2000). Também em relação à profundidade efetiva dos solos, os dados foram obtidos em campo, sendo os valores arredondados, visando facilitar os cálculos.

Tabela 3. Valores de r_a para cada classe de relação textural e teor de argila, conforme Bertol e Almeida (2000).

Relação textural	teor de argila no horizonte A (%)	r_a
<1,5	> 40	1
	20 ÷ 40	0,9
	< 20	0,8
1,5 ÷ 2,0	> 40	0,8
	20 ÷ 40	0,7
	< 20	0,6
> 2,0	> 40	0,6
	20 ÷ 40	0,5
	< 20	0,4

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de profundidade efetiva, relação textural (r_a), frações da subdivisão das partículas de areia, silte e argila na camada superficial, bem como os valores de matéria

orgânica (%), DMP e permeabilidade (P), são apresentados na Tabela 4. Os valores de erodibilidade (K) e de tolerância de perdas (T) dos solos obtidos são apresentados na Tabela 5.

Tabela 4. Parâmetros físicos e químicos dos solos analisados.

BH	n°	Sigla	AMG	AG	AM	AF	AMF	Silte	Argila	P	DMP	MO	Prof.	Relação	Valor r_a
														textural	
													%	mm	
													%	%	mm
Jacutinga	1	PVAd	0,16	6,48	7,68	21,49	34,37	9,87	19,96	3	1,742	1,8	800	1,5 ÷ 2,0	0,6
Jacutinga	2	PVAvd	0	5,58	7,89	11,32	56,74	7,93	10,55	3	1,742	1,3	1000	> 2,0	0,4
Jacutinga	3	PVAe	1,2	3,94	2,81	8,65	16,16	15,11	52,13	4	1,742	2,8	800	1,5 ÷ 2,0	0,8
Jacutinga	4	Rqo	1,69	5,1	9,25	53,42	24,01	0,68	5,85	2	2,123	1,8	1000	1,5 ÷ 2,0	1
Jacutinga	5	Rqo	1,64	2,63	19,49	66,9	1,99	1,07	6,3	2	2,123	1,8	1000	<1,5	1
Jacutinga	6	CXbd	0,85	3,87	1,84	6,5	10,01	35,28	41,65	4	2,187	2	500	<1,5	1
Jacutinga	7	CXbd	0,58	1,23	1,31	8,53	9,31	27,06	51,99	4	2,187	1,5	500	<1,5	1

Jacutinga	8	CXvd	0,1	2,45	2,84	14,97	14,64	31,86	33,14	4	2,187	2,7	500	<1,5	0,8
Monjolo	9	Rqo	0,51	3,44	3,93	16,07	49,98	10,2	15,87	2	2,705	1,9	1000	<1,5	1
Monjolo	10	Rqo	0,27	0,53	2,63	47,62	33,12	14,42	1,4	2	2,705	1,6	1000	1,5 + 2,0	1
Monjolo	11	Rqo	0,16	1,12	5,72	33,82	37,13	2,86	19,18	3	2,705	2,2	800	<1,5	1
Monjolo	12	Rqo	8,39	0,95	1,17	16,01	53	18	2,47	2	2,123	1,8	1000	1,5 + 2,0	1
Monjolo	13	CXbd	0,66	3,19	7,62	23,04	39,85	1,15	24,5	3	1,742	1,7	700	<1,5	0,9
Monjolo	14	Cxvd	0	0,86	2,5	20,7	65,69	5,15	5,1	2	2,705	1,8	700	1,5 + 2,0	0,6
Monjolo	15	CXve	0,19	3,59	9,13	21,45	43,57	5,52	16,55	2	1,693	1,8	700	1,5 + 2,0	0,8

AMG: areia muito grossa (2,0 a 1,0 mm); AG: areia grossa (1,0 a 0,5 mm); AM: areia média (0,5 a 0,25 mm); AF: areia fina (0,25 a 0,105 mm) e AMF: areia muito fina (0,105 a 0,053 mm)

Tabela 5. Valores de tolerância de perdas dos solos e do fator erodibilidade (K) para os solos estudados.

BH	n°	Solos	Relação textural	r _a	Tolerância	Erodibilidade
					t ha ⁻¹ ano ⁻¹	t h MJ ⁻¹ mm ⁻¹
Jacutinga	1	PVAd	1,5 + 2,0	0,6	4,8	0,06
Jacutinga	2	PVAvd	> 2,0	0,4	4	0,0282
Jacutinga	3	PVAe	1,5 + 2,0	0,8	6,4	0,0402
Jacutinga	4	Rqo	1,5 + 2,0	1	10	0,1192
Jacutinga	5	Rqo	<1,5	1	10	0,1573
Jacutinga	6	CXbd	<1,5	1	5	0,0171
Jacutinga	7	CXbd	<1,5	1	5	0,0075
Jacutinga	8	CXvd	<1,5	0,8	4	0,0475
Monjolo	9	Rqo	<1,5	1	10	0,0349
Monjolo	10	Rqo	1,5 + 2,0	1	10	0,0722
Monjolo	11	Rqo	<1,5	1	8	0,0801
Monjolo	12	Rqo	1,5 + 2,0	1	10	0,0423
Monjolo	13	CXbd	<1,5	0,9	6,3	0,0536
Monjolo	14	Cxvd	1,5 + 2,0	0,6	4,2	0,0403
Monjolo	15	CXve	1,5 + 2,0	0,8	5,6	0,0512

Dentre as 15 amostras analisadas, os valores de tolerância de perdas para todas as unidades de solo variaram de 4,0 a 10 t ha⁻¹ ano⁻¹. Tendo em vista os valores extremos obtidos para os solos dos Estados Unidos, os quais variaram de 2,0 a 12,5 t ha⁻¹ ano⁻¹ (Wischmeier e Smith, 1965), juntamente com aqueles obtidos para solos brasileiros com variação de 4,2 a 15 t ha⁻¹ ano⁻¹ (Bertoni e Lombardi Neto, 2010), de 2,0 a 11,6 t ha⁻¹ ano⁻¹ (Bertol e Almeida, 2000) e de 2,68 a 12,45 t ha⁻¹ ano⁻¹ (Mannigel et al. 2002) e, considerando as recomendações da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), onde os valores extremos estabelecidos variam de 12 t ha⁻¹ ano⁻¹ para solos profundos e bem drenados e de 2 a 4 t ha⁻¹ ano⁻¹ para solos de baixa permeabilidade e profundidade (FAO, 1965), os valores estimados para as classes de solo avaliadas no presente estudo adequam-se

perfeitamente aos limites estabelecidos pela bibliografia.

Para os Neossolos Quartzarênicos, cujas profundidades efetivas nas áreas de estudo variaram de 800 a 1000 mm, os valores estimados de tolerância de perdas foram de 8 t ha⁻¹ ano⁻¹ para os solos da amostra 11, e de 10 t ha⁻¹ ano⁻¹ para as amostras 4, 5, 9, 10 e 12. A análise deste grupo amostral (6 pontos) apresentou valor médio de 9,6 t ha⁻¹ ano⁻¹ para essa unidade pedológica. Por constituírem unidades de solos com elevados teores de areia, principalmente areia fina (média de 38%) e muito fina (média de 33%), aliados aos baixos teores de argila, silte e matéria orgânica (entre 1,6 e 2,2%) e consequente fraca agregação, tal unidade demonstra baixa resistência aos processos de erosão hídrica do solo. O predomínio de relevo suave ondulado a ondulado das áreas desta unidade, indica

também que as características de declividade favorecem os processos de escoamento superficial, a remoção e o transporte de sedimentos. Tais valores demonstram que, apesar da elevada profundidade efetiva e boa drenagem de água nos perfis destes solos, algumas restrições quanto ao uso devem ser adotadas (Tabela 5).

As amostras de solos pertencentes à unidade dos Argissolos Vermelho Amarelo apresentaram valores de tolerância entre 4 e 6,4 t ha⁻¹ ano⁻¹. A variabilidade nos valores estimados se deve às diferenças nas características texturais entre os solos amostrados e as relações texturais verificadas entre os horizontes superficiais e subsuperficiais. A amostra n° 3 apresentou valor de 6,4 t ha⁻¹ ano⁻¹, o que se deve à relação textural variando de 1,5 a 2,0 aliada aos elevados teores de argila (>40%), os quais resultaram em um valor de r_a igual a 0,8. Já as amostras n° 1 e 2 apresentaram valores iguais a 4,8 e 4 t ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente. Tais amostras, por apresentarem nos horizontes superficiais valores inferiores a 20% de argila e superiores a 70% de areia total, e menores valores do efeito da relação textural (r_a de 0,6 e 0,4), são mais suscetíveis aos processos de erosão hídrica do solo. A presença de horizontes B textural verificados nestes solos favorece as diferenças de capacidade de infiltração entre os horizontes superficiais e subsuperficiais, resultando em um maior deflúvio superficial. Os valores apresentados para a classe dos Argissolos Vermelho Amarelo encontram-se em consonância com os limites estimados por Bertoni e Lombardi Neto (2010), onde os valores extremos para esta unidade variaram entre 3,4 e 13,4 t ha⁻¹ ano⁻¹.

Por último, as amostras de solo pertencentes ao grupo dos Cambissolos Háplicos apresentaram valores variando de 4,0 a 6,3 t ha⁻¹ ano⁻¹. Os baixos valores de tolerância a perdas de solo se devem à baixa profundidade efetiva, entre 500 e 700 mm. Quando da comparação entre as áreas de estudo, tem-se que os Cambissolos Háplicos de textura argilosa da bacia hidrográfica do ribeirão Jacutinga apresentaram valores, em geral, inferiores aos encontrados na bacia hidrográfica do córrego Monjolo Grande. Tal diferenciação se deve à menor profundidade

efetiva associada ao maior gradiente textural verificado nos solos argilosos. Em solos mais rasos e de maior relação textural, nos quais as camadas subjacentes apresentam aumento dos teores de argila, há maior tendência à saturação aliada ao maior impedimento à infiltração e, por conseguinte, favorabilidade de ocorrência de enxurradas, denotando aumento do potencial erosivo. Também, a textura argilosa, a qual sugere o predomínio de microporos, e por conseguinte, baixa condutividade hidráulica, contribui para a baixa permeabilidade, limitando fortemente a circulação de água no perfil e provocando o acréscimo na vazão de deflúvio.

É válido ressaltar que nos Argissolos, bem como nas demais unidades que apresentam menores valores de tolerância de perdas de solo, o atributo de distrofia acarreta maior fragilidade do meio quando comparado a solos de mesma classe, porém, que apresentem o atributo de eutrofia. Isto se deve ao fato de que solos eutróficos, quando sujeitos a processos de degradação por erosão hídrica, possuem maior capacidade de recuperação da fertilidade devido à presença de minerais primários alteráveis (Resende, 1983). Assim, a maior quantidade de solos distróficos nas áreas de estudo, aliada às condições naturais de relevo movimentado e de valores baixos a médios de tolerância de perdas, faz com que seja necessária a aplicação de adequadas práticas de manejo do solo, visando à manutenção das condições naturais dos recursos solo e água.

No que se refere aos valores de erodibilidades estimados, estes variaram de 0,0075 a 0,1573 t h MJ⁻¹ mm⁻¹, relacionados, respectivamente, às amostras de n° 7 (Cambissolo Háplico) e 5 (Neossolo Quartzarênico). Quando da comparação com os dados presentes na bibliografia, tem-se valores variando de 0,011 para Latossolo Vermelho Amarelo a 0,055 t h MJ⁻¹ mm⁻¹ para Podzolizados com Cascelhos (Bertoni e Lombardi Neto, 2010), e de 0,0044 a 0,4278 t h MJ⁻¹ mm⁻¹ para as unidades de Gleissolos e Argissolos respectivamente (Mannigel et al., 2002).

Para os Neossolos Quartzarênicos (amostras n° 4, 5, 9, 10, 11 e 12), os valores variaram de 0,0349 a 0,1573 t h MJ⁻¹ mm⁻¹, sendo estes classificados como alto e

extremamente alto. Tais solos, mesmo apresentando elevada capacidade de infiltração de água de chuva por terem elevada permeabilidade, predomínio de macroporos, homogeneidade textural e maiores valores de tolerância de perdas, apresentam elevada susceptibilidade à erosão hídrica devido à elevada porcentagem de areia fina e muito fina, além de baixo teor de matéria orgânica e fraca agregação em composição. Enquanto as partículas mais grossas de areia resistem ao processo de transporte, e as partículas de textura muito fina (argila), resistem ao processo de desprendimento, as partículas de areia fina e muito fina juntamente com as partículas de silte constituem a fração do solo mais suscetível aos processos erosivos.

Aliado aos fatores físicos intrínsecos do Neossolo Quartzarênico, estas unidades ocorrem em áreas de relevo suave ondulado a ondulado, ou indicando também que a declividade favorece a formação de escoamento superficial direto e conseqüentemente, o transporte de sedimentos. O transporte das frações de areia fina e muito fina é verificado na Figura 3a, onde, após um evento chuvoso, verificou-se em campo o transporte destas frações em área com cultivo de cana-de-açúcar. Por outro lado, devido às condições inadequadas de uso agrícola, tem-se em alguns pontos uma concentração do escoamento superficial e um rápido aprofundamento erosivo, como é apresentado na Figura 3b.



Figuras 3a e 3b. a) Transporte de frações de areia fina/muito fina visualizado após evento chuvoso em cultura de cana-de-açúcar; b) escoamento superficial concentrado com aprofundamento erosivo em área de solos arenosos.

Já os valores de erodibilidade para os solos pertencentes às unidades dos Argissolos, amostras n° 1, 2 e 3, foram de 0,0600, 0,0282 e 0,0402 t h MJ⁻¹ mm⁻¹, classificados em muito alto, médio e alto, respectivamente. Sob chuva natural, Bertoni e Lombardi Neto (2010) identificaram valores de erodibilidade variando de 0,028 a 0,043 t h MJ⁻¹ mm⁻¹ para os Argissolos Vermelhos Amarelos do estado de São Paulo. Também Mannigel et. al. (2002), identificaram valores de erodibilidade entre 0,004 e 0,045 t h MJ⁻¹ mm⁻¹ para esta unidade em diversos estados do Brasil.

Os elevados valores de erodibilidade obtidos na classe dos Argissolos mostraram maior susceptibilidade erosiva. Solos com alto gradiente textural apresentam horizonte A mais

arenoso que B, e assim, solos com horizonte B textural são, geralmente, mais suscetíveis à erosão que os solos do tipo latossólico. Assim, a variabilidade dos valores estimados está relacionada ao gradiente textural entre os horizontes, ou seja, quanto maior a relação textural entre os sub-horizontes A e B, maior será a erodibilidade dos solos.

As amostras pertencentes a unidade dos Cambissolos Háplicos da bacia hidrográfica do ribeirão Jacutinga apresentaram valores extremos entre 0,0075 e 0,0475 t h MJ⁻¹ mm⁻¹, sendo o menor valor para a amostra 7, com o maior teor de argila (51,99%), e o maior valor relacionado à amostra 8, de menor teor de argila (33,14%) e menor relação textural (0,8). Os valores obtidos para as amostras de n° 6, 7

e 8 foram classificados em médio, muito baixo e alto, respectivamente. A homogeneidade textural, teores de argila superiores a 35% em todos os horizontes, baixo gradiente textural e a predominância de relevo suave ondulado e ondulado, caracterizam solos de baixa a média suscetibilidade à erosão hídrica.

Já os valores de erodibilidade relativos aos Cambissolos da bacia do córrego Monjolo Grande, que variaram de 0,0403 a 0,0536 t h MJ⁻¹ mm⁻¹, foram classificados como muito altos. Sua elevada susceptibilidade erosiva se deve à baixa profundidade, textura média, baixo teor de matéria orgânica e perfis pouco desenvolvidos associados a relevos ondulados a fortemente ondulados (Tabelas 1 e 5).

As características intrínsecas dos Cambissolos de cada área de estudo são apontadas pelos valores médios diferenciados. Enquanto que a erodibilidade média dos

Cambissolos na bacia hidrográfica do ribeirão Jacutinga foi de 0,024033 t h MJ⁻¹ mm⁻¹, na bacia do córrego Monjolo Grande foi de 0,048367 t h MJ⁻¹ mm⁻¹. Para esta classe de solo, Mannigel et al. (2000) encontraram valores entre 0,0254 e 0,044 t h MJ⁻¹ mm⁻¹. Valores de 0,0105 t h MJ⁻¹ mm⁻¹ e de 0,0355 t h MJ⁻¹ mm⁻¹ também foram obtidos, sob chuva natural, por Bertol et al (2002) e Silva et al (2009), demonstrando que os resultados obtidos aproximam-se dos valores presentes na bibliografia.

Quando da análise da amplitude dos dados apresentados na Tabela 6, tem-se valores médios de tolerância de perda de solos de 5,017, 5,067 e 9,600 t ha⁻¹ ano⁻¹, e de erodibilidade de 0,036, 0,043, 0,084 t h MJ⁻¹ mm⁻¹, para as unidades dos Cambissolos Háplicos, Argissolos Vermelhos Amarelos e Neossolos Quartzarênicos, respectivamente.

Tabela 6. Análise estatística dos dados estimados.

Unidades de solos	Tolerância de Perda		Erodibilidade	
	média	desvio padrão	média	desvio padrão
Argissolo Vermelho Amarelo	5,067	1,222	0,043	0,016
Neossolo Quartzarênico	9,600	0,816	0,084	0,047
Cambissolo Háplico	5,017	0,859	0,036	0,019

Quanto à regularidade dos dados, os Argissolos Vermelho Amarelos apresentaram o maior desvio padrão para tolerância de perda, de 1,222, e menor desvio padrão, de 0,016 para o fator de erodibilidade. A maior variabilidade dos valores de tolerância de perdas se deve à maior heterogeneidade da relação textural (valores variando de 1,5 a 2) e à profundidade efetiva dos solos. Por outro lado, por constituírem amostras de uma única área de estudo, tem-se baixa variabilidade do fator erodibilidade devido à menor variação das características granulométricas.

Os Neossolos Quartzarênicos apresentaram o menor desvio padrão quanto à tolerância à perda, de 0,816, e maior desvio padrão, de 0,047, para o fator de erodibilidade. O menor desvio padrão referente aos dados de tolerância de perda de solos são coerentes com as características de homogeneidade da relação textural e profundidade efetiva verificadas em todas as amostras de ambas as áreas de estudo. No entanto, o maior desvio padrão observado nos valores de erodibilidade se deve à

variabilidade amostral das frações areia. Enquanto na bacia hidrográfica do ribeirão Jacutinga tem-se o predomínio de frações de areia fina, na bacia hidrográfica do córrego Monjolo Grande, a qual apresentou menores valores de erodibilidade, tem-se maior ocorrência de frações de areia muito fina (Tabela 4).

Por sua vez, os Cambissolos Háplicos apresentaram regularidade média nos valores de tolerância de perda e de erodibilidade, com desvio padrão de 0,859 e 0,019, respectivamente. A relação textural desta unidade, inferior a 1,5, principalmente na bacia do ribeirão Jacutinga, elucida a comportamento regular quanto à drenagem dos perfis. Apesar da diversidade das características físicas e químicas das amostras, o alto teor de argila para as amostras da bacia do ribeirão Jacutinga, e o predomínio de areia fina na bacia do córrego do Monjolo Grande, associados à diversidade atribuída à trofia, à matéria orgânica e à estrutura dos agregados, revelaram valores

intermediários quanto à tolerância de perda de solo e fator de erosividade.

Nas unidades de Cambissolos Háplicos observou-se que o aumento dos teores de argila e de matéria orgânica proporcionou uma diminuição dos valores de erodibilidade. Assim

os Cambissolos Háplico presentes na bacia hidrográfica do ribeirão Jacutinga apresentaram valores inferiores de erodibilidade quando comparados aos solos da mesma classe localizados na bacia hidrográfica do córrego Monjolo Grande.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi possível observar que houve aumento da erodibilidade e diminuição dos valores de tolerância de perdas com o aumento da relação textural para todos os solos analisados. Os valores estimados de tolerância foram maiores em solos mais profundos e de baixa relação textural.

Da comparação entre solos com características físico-químicas distintas, foi verificada elevada variabilidade dos valores de erodibilidade e tolerância de perdas para amostras pertencentes à mesma classe pedológica. Assim, solos pertencentes a uma mesma unidade taxonômica podem apresentar comportamentos diferenciados frente ao

processo erosivo, especialmente quando da utilização de modelos preditivos como a EUPS.

A análise integrada do fator de erodibilidade, tolerância de perdas, e relação textural também possibilitou a interpretação e entendimento do comportamento erosivo para diferentes tipos de solos, auxiliando na adequação de práticas de manejo em bacias hidrográficas tropicais.

Por fim, os resultados obtidos neste artigo podem auxiliar na estimativa de perdas de solos de áreas localizadas no centro leste paulista, resultando em modelagens mais precisas e auxiliando no planejamento do uso da terra em bacias hidrográficas rurais.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelas bolsas de doutorado concedidas e pelo apoio financeiro por meio do projeto "Avaliação da erosão hídrica, química e mecânica entre arenitos e argilitos: uma contribuição à evolução geomorfológica da bacia do Rio Corumbataí (SP)" e pelo apoio da Prefeitura Municipal de Ipeúna, juntamente com a Coordenadoria de Assistência Técnica Integral - CATI, pelo suporte às atividades de campo.

REFERENCIAS

1. 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, 2010.
2. BERTOL, I. & ALMEIDA, J.A. Tolerância de perda de solo por erosão para os principais solos do Estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, n.3, p.657-668, 2000.
3. BERTOL, I.; SCHICK, J.; BATISTELA, O.; LEITE, D. & AMARAL, A.J. Erodibilidade de um Cambissolo Húmico aluminoso léptico, determinada sob chuva natural entre 1989 e 1998 em Lages (SC). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, p. 465-471, 2002.
4. BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 7. ed. São Paulo: Editora Ícone. 2010.
5. CARSEL, R. F. & R. S. PARRISH. Developing joint probability distributions of soil water retention characteristics. **Water Resources Research**. v.24, n.5, p. 755-769, 1988.
6. CEAPLA. CENTRO DE ANÁLISE E PLANEJAMENTO AMBIENTAL. **Atlas Ambiental da Bacia do Rio Corumbataí**. Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/igce/ceapla/atlas/>>. Acesso em 25/06/2013.
7. CHAVES, H.M.L. Aplicacion de los métodos de predicción de riesgo de erosion potencial y actual en la planificación de suelos y águas a nivel de microcuencas. In: FAO (Roma, Itália). **Erosion de suelos en America Latina**. Santiago, p.187-190, 1994.
8. COGO, N. P. et al. Retomada, redefinição e intensidade da pesquisa em erosão do solo no Brasil. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA: manejo integrado a ciência do solo na produção de alimentos, 15. 2004, Santa Maria - RS. **Anais...** Curitiba: UFSM, 2004. p.1-18.
9. CORRÊA, E. A. **Avaliação da cultura de cana-de-açúcar como fator protetor em termos da erosão hídrica do solo e a sua associação com a resposta espectral por meio e diferentes sensores**. Relatório interno. Rio Claro, SP, 2013.
10. CORRECHEL, V. **Avaliação de Índices de erodibilidade do solo através da técnica da análise da redistribuição do "fallout" do ¹³⁷C**. Piracicaba, 2003. 79f. Tese (Doutorado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.
11. DENARDIN, J.E. **Erodibilidade do solo estimada por meio de parâmetros físicos e químicos**. Piracicaba, 1990. 113 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) -

- Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
12. EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 2 ed. Rio de Janeiro, 212 p. 1997.
 13. EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. – Rio de Janeiro, 353 p. 2013.
 14. FERRAZ DE MELLO, F. M.; BRASIL SOBRINHO, M. C. B.; ARZOLLAS, S.; SILVEIRA, R. I.; COBRA NETTO, A.; KIEHL, J.C. **Fertilidade do solo**. São Paulo: Nobel, 400 p., 1989.
 15. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Soil Erosion by water: some measures for its control on cultivated lands**. Rome: FAO, 284p., 1965.
 16. GUERRA, A.T. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, A. J, T.; CUNHA. S.B. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 9ª Ed. p.149-210., 2009.
 17. IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: IPT, 1981.
 18. LAL, R. Erodibility and erosivity. In: LAL, R. (Ed.). **Soil erosion research methods**. Ankeny : Soil and Water Conservation Society, p.141-160. 1988.
 19. LIMA, J.M.; CURTI, N.; RESENDE, M. & SANTANA, D.P. Dispersão do material de solo em água para avaliação indireta da erodibilidade em latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 14, n. 1. p. 85-90, 1990.
 20. LIMA, J. E. F. W.; SILVA, E. M da; EID, N. J.; MARTINS, E. de S.; KOIDE, S.; REATTO, A. 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**. v.8, n.2, p. 23-36, 2007.
 21. LOMBARDI NETO, F. & BERTONI, J. **Tolerância de perdas de terras para solos do Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 12p. (Boletim Técnico, 28). 1975.
 22. MANNIGEL, A. R.; CARVALHO, M. P.; MORETI, D. & MEDEIROS, L. R. Fator erodibilidade e tolerância de perda dos solos do Estado de São Paulo. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1335-1340, 2002.
 23. MARQUES, J.J.G.S.M.; CURTI, N.; FERREIRA, M.M.; LIMA, J.M.; SILVA, M.L.N. & CAROLINO DE SÁ, M.A. Adequação de métodos indiretos para estimativa da erodibilidade de solos com horizonte B textural no Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, n.3. p. 447-456, 1997.
 24. MORAES, I. C. **Análise de desempenho dos modelos de perda de solo MEUPS e WEPP: contribuição a aplicação em bacias hidrográficas**. Relatório interno. Rio Claro, SP, 2013.
 25. MORGAN, R.P.C. **Soil Erosion and Conservation**. Blackwell, Oxford, 304 p., 2005.
 26. RESENDE, M. Bruno-Non-Cálcico: interpretação de um perfil. Mossoró: ESAM/FGD/UFV, 165p., 1983.
 27. RÖMKENS, M.J.M.; ROTH, C.B. & NELSON, D.W. Erodibility of selected clay subsoils in relation to physical and chemical properties. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 41, n. 5. p. 954-960, 1977.
 28. ROLOFF, G.; DENARDIN, J.E. Estimativa simplificada da erodibilidade do solo. In. Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, Florianópolis. 10., **Anais...** Florianópolis: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p.150-151, 1994.
 29. SALOMÃO, F.X.T. Controle e prevenção de processos erosivos. In: GUERRA, A.T.; SILVA, A.S.; BOTELHO, R.G.M. **Erosão e conservação dos solos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 7ª Ed. p.101-126, 2012.
 30. SILVA, M.L.N.; CURTI, N.; OLIVEIRA, M.S.; FERREIRA, M.M. & LOMBARDI NETO, F. Comparação de métodos direto e indiretos para determinação da erodibilidade em latossolos sob cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.11, p.1751-1761, 1994.
 31. SILVA, A. M.; SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; AVANZI, J. C.; FERREIRA, M. M. Erosividade da chuva e erodibilidade de Cambissolo e Latossolo na região de Lavras, sul de Minas Gerais. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, vol.33, n.6, p. 1811-1820, 2009.
 32. SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; FERREIRA, M. M.; LIMA, J. M. da; FERREIRA, D. F. Proposição de modelos para estimativa da erodibilidade de latossolos brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 12, p. 2287-2298, 1999.
 33. SOUTO, A. R. CRESTANA, S. Identificação das áreas potenciais de produção de sedimentos com o modelo AGNPS e técnica de SIG em uma microbacia hidrográfica. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v.4, n.3, p.429-435, 2000.
 34. STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Transactions American Geophysical Union**, v. 38, p. 913-920, 1957.
 35. VEIGA FILHO, A. A.; SOUZA, M. V. M.; MARTIN B, N. B.; YANAGUIISH, C. T.; MATSUNAGA, M. Análise de investimentos em adoção de tecnologias e conservação do solo no estado de São Paulo. **Agricultura em São Paulo**, v. 39, n.1. p.133-154, 1992.
 - i.YOUNG, R.A. & MUTCHLER, C.K. Erodibility of some Minnesota soils. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 32. p. 180-182, 1977.
 36. WISCHMEIER, W.H.; JOHNSON, C.B. & CROSS, B.V. A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. **Journal of Soil and Water Conservation**, v.26. p.189-193, 1971.
 37. WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses from cropland east of the Rocky Mountain**. Washington, DC: ARS/USDA, 1965.
 38. Wischmeier, W.H.; Smith, D.D. Predicting rainfall erosion losses – a guide for conservation planning. U.S. Department of Agriculture, **Agriculture Handbook**. n. 537, 58 p, 1978.
 39. WOLMAN, M. G. Soil erosion and crop productivity: a worldwide perspective. In R. F. FOLLET; B. A. STEWARTS. **Soil Erosion and Crop Productivity**. American Society of Agronomy, Madison, Wis. USA, p. 9–21, 1985.
 40. WISCHMEIER, W.H.; MANNERING, J.V. Relation of soil properties to its erodibility. **Soil Science Society of America. Proceedings**, Madison, v.33, n.1, p.131-137, 1969.

*Manuscrito recebido em: 21 de Maio de 2014
Revisado e Aceito em: 01 de Julho de 2015*