

Artigo Científico

Resumo

O fator topográfico representa a influência do comprimento de rampa e da declividade na intensidade de erosão hídrica em um solo. O presente trabalho tem como objetivo testar o uso Sistema de Informação Geográfica (SIG) na determinação do fator topográfico (LS) da equação universal de perdas de solo, EUPS. A área de estudo ocupa 8007,4 ha, apresenta relevo suave ondulado formado por duas classes de solos (Latosolo Vermelho e Argissolo Vermelho Amarelo). A análise dos dados foi realizada por meio do sistema de informação geográfica, no cálculo do fator topográfico. Os resultados obtidos mostraram a predominância de áreas com valores baixos a moderados para o fator topográfico. Apesar de a microbacia apresentar um relevo predominantemente suave ondulado a ondulado, o fator (LS) exerceu uma influência importante no processo erosivo principalmente à montante da microbacia onde o relevo é mais ondulado. Em contra partida, encontrou-se altos valores do comprimento de rampa (L) a jusante da microbacia, mostrando maiores valores do fator topográfico nestas áreas.

Palavras-chave: geoprocessamento, declividade, comprimento de rampa.

**Aplicação do sistema de
informação geográfica para
determinação do fator topográfico
em bacias hidrográficas**

Célia Regina Paes Bueno¹

Christiano Luna Arraes²

Daniela Popim Miqueloni³

**Aplicación del sistema de información geográfica para la
determinación del factor topográfico en las cuencas hidrográficas**

Resumen

El factor topográfico representa la influencia de la longitud de la rampa y la pendiente en la intensidad de la erosión de un suelo. Este estudio tiene como objetivo probar el uso de Sistema de Información Geográfica (SIG) para determinar el factor topográfico (LS) de la ecuación universal de pérdida de suelo, (EUPS). El área de estudio abarca 8007,4 hectáreas, presenta un relieve suave ondulado constando de dos clases de suelos (Latosolo Rojo y Argiloso Rojo Amarillo [Oxisol y Ultisol]). La análisis de los datos se realizó mediante un sistema de información geográfica, en lo cálculo del factor topográfico. Los resultados demostraron el predominio de las zonas con valores bajos a moderados para el factor topográfico. A pesar de la cuenca presentar un relieve predominantemente suave ondulado a ondulado, el factor (LS) ejerció una influencia importante en la erosión, principalmente en la montante de la cuenca donde el terreno es más ondulado. Por el contrario, se verificó altos valores de la longitud de la rampa (L) en la jusante de la cuenca, con valores más altos del factor topográfico en estas áreas.

Palabras clave: Geoprosesamiento, pendiente, longitud de la rampa.

Recebido em: 17/04/2011

Aceito para publicação em: 14/08/2011

1 - Dr^o. Professora Assistente, Depto. Solos e Adubos, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP. Via de Ac. Prof. Paulo Donato Castellane, s/n. 14884-900 - Jaboticabal - SP. Brasil. crbueno@fcav.unesp.br

2 - Pos-Graduando, Faculdade de Engenharia Agrícola - UNICAMP Campinas, christianoarrees@yahoo.com.br.

3 - Pos-Graduanda, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP Jaboticabal, danimique@yahoo.com.br.

Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia v.4, n.2, Mai/Ago (2011)

Print-ISSN 1983-6325 (On line) e-ISSN 1984-7548

Introdução

A equação universal de perdas de solo, EUPS, é um dos modelos mais utilizados para a estimativa da erosão hídrica do solo. Sua análise resulta de diversos fatores que influenciam o processo erosivo, quais sejam: fator erosividade da chuva (R); fator erodibilidade do solo (K); fator uso e manejo (C); fator práticas conservacionistas (P) e fator topográfico (LS), representado pelos efeitos do comprimento de rampa (L) e da declividade (S) (WISCHMEIER e SMITH, 1978).

Para estes autores o comprimento de rampa (L) em metros é referido como sendo a distância do ponto de origem do caimento da água até um canal definido. O grau de declividade da encosta (S) expresso em porcentagem é caracterizado como a tangente do ângulo ou índice da inclinação do terreno.

Esses dois fatores têm sido pesquisados separadamente, no entanto, para aplicação prática, é mais conveniente considerá-los conjuntamente como um fator topográfico (LS).

O fator comprimento de rampa (L) pode ser obtido por medições diretas em cartas topográficas ou através da razão entre a área da bacia em (m²) e o somatório de todos os cursos de água da bacia hidrográfica em metros, segundo a metodologia do retângulo equivalente modificada por VILELA e MATTOS (1975).

O fator declividade (S), em porcentagem, pode ser estimado por meio do Modelo Digital de Elevação (MDE).

Tendo em vista as dificuldades encontradas para o cálculo do fator topográfico, SILVA (2003) procurou determiná-lo, utilizando-se para o cálculo do comprimento de vertente (L), o algoritmo de DESMET e GOVERS (1996) e para o cálculo da declividade da encosta a metodologia de WISCHMEIER e SMITH (1978).

Outros autores, como ROCHA et al. (1996), desenvolveram uma sequência metodológica de aplicações em SIG sobre o MDE, resultando num plano de informação (PI) de comprimento de rampa em estrutura poligonal. Enquanto isso, CASTRO e VALÉRIO FILHO (1997) aplicando outro procedimento automático sobre o MDE para a determinação do PI comprimento de rampa, indicam a

utilização do cruzamento entre os PI de orientação das vertentes e da distância relativa a canais de drenagem.

Como todos os fatores desta equação podem ser especializados, tem sido comum o uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) na avaliação das perdas de solo. Os SIG's constituem uma das ferramentas mais modernas e promissoras de armazenamento e manipulação temáticas e até em substituição aos mapas impressos (FORMAGGIO et al., 1992). Os mapas temáticos de declividade e comprimento de rampa, expressos, respectivamente, pelos fatores S e L, antes feitos manualmente, podem ser gerados automaticamente por meio dos sistemas de informações geográficas.

Aplicações de SIG e dados cartográficos para análises e predição do fator LS estão registrados na literatura. VALERIANO (2002) verificou a ocorrência de erros nas determinações do comprimento de rampa onde estes erros prevaleceram em áreas de relevo acidentado com declividades altas e rampas curtas, o que indica a necessidade de estabelecer procedimentos mais sofisticados de ajuste para os resultados do SIG. WEILL e SPAROVEK (2008), também utilizando o SIG para o cálculo do fator LS observaram que na maior parte da área estudada o fator LS foi igual ou inferior a 1,599, podendo esse valor ser associado com comprimento de rampa em torno de 35 m e declividade ao redor de 10%.

Nesse cenário, a discretização espacial do fator topográfico (LS) é um dos maiores desafios para a modelagem matemática da erosão. Seu cálculo ainda segue modelos matemáticos propostos por BERTONI e LOMBARDI NETO (1999), utilizados pelos autores BUENO e STEIN (2004), SILVA et al. (2005) e FREITAS et al. (2007), que observaram que o fator topográfico foi o que teve maior influência no processo erosivo.

Muitos dos estudos para o cálculo do fator topográfico são por métodos manuais, onde se utiliza pontos amostrados, com os resultados extrapolando para toda área estudada. Embora a declividade seja relativamente mais fácil de ser mensurada por meio de cartas planialtimétricas, medir o comprimento de rampa se torna um entrave devido às dificuldades de operação, podendo obter diferentes resultados (SILVA, 2003).

As técnicas digitais apresentam vantagens operacionais permitindo o mapeamento do comprimento de rampa em alta resolução, compensando parcialmente os erros de precisão numérica da estimativa. VALERIANO (2002) concluiu que a estimativa do comprimento de rampa por SIG foi afetada pela conformação local do relevo, com melhores estimativas em áreas de terreno suave e erros mais frequentes em torno de vertentes com alta declividade e pequeno comprimento de rampa.

O presente trabalho tem como objetivo testar o uso Sistema de Informação Geográfica (SIG) na determinação do fator topográfico (LS) da equação universal de perdas de solo, EUPS.

Material e métodos

A área de estudo compreende a microbacia Córrego do Tijuco, pertencente à bacia hidrográfica do Córrego Rico na unidade de gerenciamento do Rio Mogi Guaçu, pertencente aos Municípios de Jaboticabal e Monte Alto, Estado de São Paulo. Essa área localiza-se entre as coordenadas geográficas 45° 19' 50" a 48° 27' 26" longitude WGr e 21° 18' 10" a 21° 12' 53" Latitude S, Datum horizontal Córrego Alegre, MG., com aproximadamente 8007,4 ha (Figura 1).

A cultura da cana-de-açúcar principal uso ocorreu em 83% da área de estudo seguido

por uso menos intensivo, pastagens (8%), Mata (0,5%), vegetação ciliar (8%) e culturas anuais (0,5%) da área de estudo, geologicamente constituída por arenitos da formação Adamantina e Marília ambos do Grupo Bauru.

Na área predominam duas classes de solos classificados como Latossolos Vermelhos Distróficos (LVd), horizonte "A" moderado, textura média, relevo plano e suave ondulado que ocupam 2700 ha e Argissolos Vermelho-Amarelos Eutrófico (PVAe), abrupto, textura arenosa/média, relevo suave ondulado que ocupam 5300 ha de área de estudo.

A base cartográfica da Microbacia Córrego do Tijuco utilizada para os planos de informação (PI) relativos ao contorno da área, às curvas de nível e à hidrografia foi elaborada a partir das Cartas do Brasil, planialtimétrica, do Instituto Brasileiro Geografia e Estatística (IBGE), escala 1:50.000, Folhas de Jaboticabal (SF 22-Z-B-III-3) e Taiúva (SF 22-X-D-III-2), imagem do satélite CBERS - 2/CCD módulo multiespectral com 3 bandas, resolução de 20m.

O clima, pela classificação de Köppen, é mesotérmico de inverno seco (Cwa), com temperatura média anual 22 °C e precipitação média anual de 1.400 mm. O relevo local é predominantemente suave ondulado, com cotas variando entre 488 e 700 m, Datum vertical, Mareógrafo de Imbituba, SC.

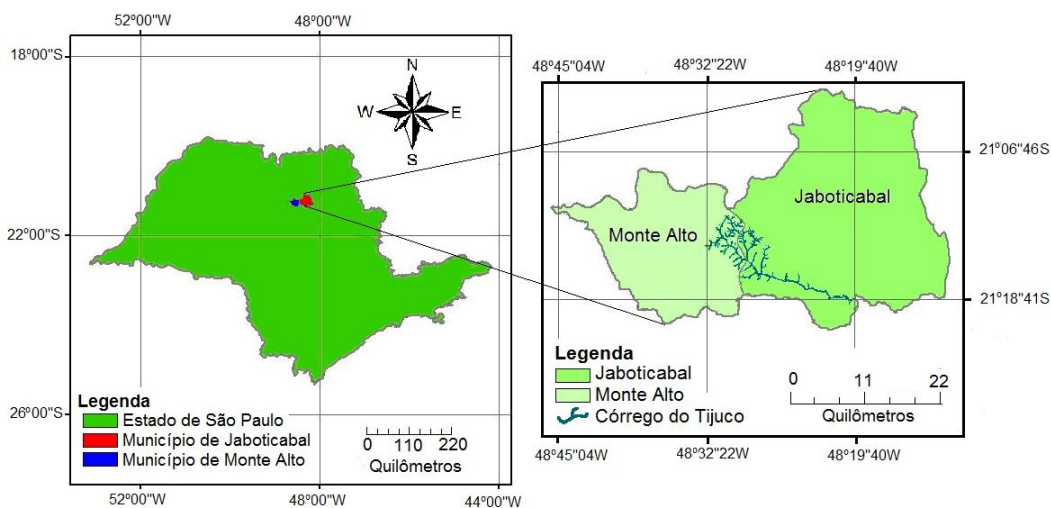


Figura 1. Localização da Microbacia Córrego do Tijuco, SP.

O Mapa Base foi elaborado a partir da Carta do Brasil, IBGE, o qual consta a rede de drenagem da Microbacia do Córrego do Tijuco, SP. As Carta do Brasil (Taiuva e Jaboticabal), escala 1:50.000, foram escaneadas em 300DPI e, posteriormente, introduzidas no IDRISI para o georrefenciamento, adotando-se o sistema de referência UTM 22 Córrego Alegre, meridiano central 45° WGr e elipsóide South American 1969-SAD69. A digitalização dos planos de informação foi realizada utilizando o programa CARTALINX.

O comprimento da rampa (L), e o grau de declividade (S) foram agrupados em um único fator, denominado fator topográfico (LS) e calculado de acordo com a equação (1), proposta por BERTONI e LOMBARDI NETO (1999).

$$LS = 0,00984.C^{0,63}.D^{1,18} \quad (1)$$

sendo: LS = fator topográfico (adimensional); C = comprimento médio da rampa, em metros; D = declividade, em %.

Para o cálculo do comprimento de rampa a partir do método do retângulo equivalente utilizou-se a equação 2:

$$C=A / 4.L \quad (2)$$

sendo: C = comprimento médio de rampa, em (m); A = área de contribuição hídrica da microbacia (m²); L = somatório do comprimento de todos os cursos d'água da microbacia.

O método do retângulo equivalente consiste na determinação do valor C (VILLELA e MATTOS, 1975). Este comprimento é compreendido pela distância média da encosta, a qual a água das chuvas, por escoamento superficial, atinge o leito dos rios. Esta distância considera a área da bacia em estudo como um retângulo, tendo no centro um rio de comprimento (l), correspondendo ao somatório do comprimento de todos os cursos d'água componentes da rede de drenagem da bacia. A determinação deste comprimento é realizada para cada área de contribuição hídrica a partir da elaboração de um PI contendo as redes hidrográficas.

Para se determinar a área de contribuição hídrica da microbacia (A) utilizou-se o módulo área presente no menu Analysis do IDRISI. O somatório do comprimento total dos cursos d'água (L) foi estimado no CARTALINX utilizando-se do banco de dados gerados na vetorização dos cursos de água.

Para obter o Comprimento Médio de Rampa (C) de cada área de contribuição hídrica gerou-se um banco de dados no formato - .AVL (arquivos de valores), com o menu Edit para as 31 áreas de contribuição hídrica e o comando Assign para adicionar os valores criados no banco de dados (Figura 2).

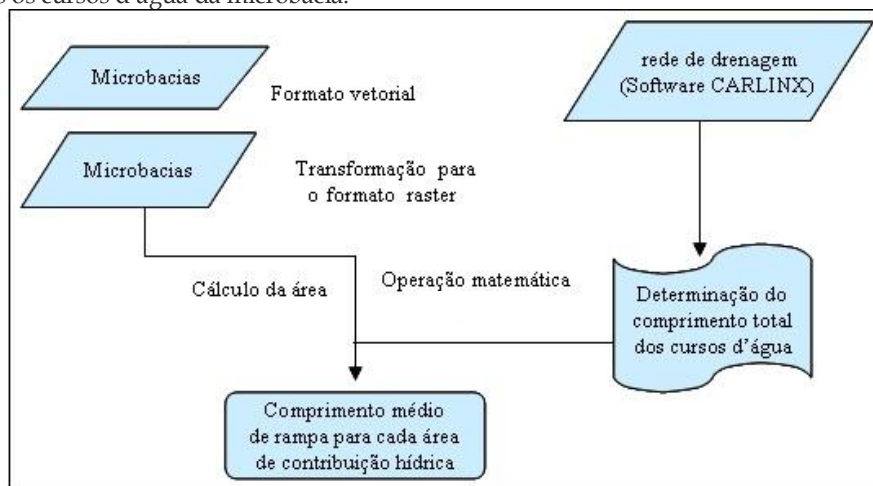


Figura 2. Fluxograma para a elaboração do mapa comprimento médio de rampa (C) para cada área de contribuição hídrica.

Os valores de declividade (D) do fator topográfico foram obtidos a partir do modelo numérico do terreno (MNT), gerado no IDRISI com a vetorização das curvas de nível das folhas de Jaboticabal e Taiuva, das Cartas do Brasil, utilizando-se o menu *Gis Analysis > Surface Analysis > Interpolation > Tin Interpolation* e por fim o comando *Tin*. Após a geração da grade triangular (TIN) efetuou-se o

comando *Surface* na opção de saída em porcentagem (Figura 3).

Para obter os valores do Fator Topográfico (LS) foi necessário gerar os mapas do comprimento médio de rampa (C) para cada área de contribuição hídrica (L), e declividade (S), com o módulo *Image Calculator* do IDRISI e procedeu-se a execução da expressão matemática correspondente.

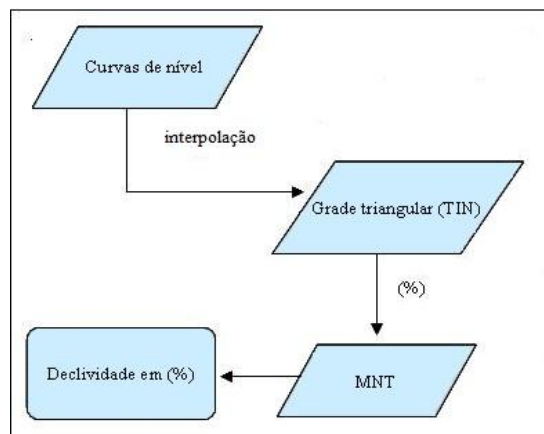


Figura 3. Fluxograma para elaboração do mapa de declividade (D) em porcentagem.

O resultado foi gerado a partir da junção dos mapas do comprimento médio de rampa para cada área de contribuição hídrica e o mapa de declividade (Figura 4). Para a classificação dos valores do fator topográfico, adotaram-se as

classes desenvolvidas por BERTONI e LOMBARDI NETO (1999): muito baixo (< 1), baixo (1 a 5), moderado (5 a 10), alto (10 a 20) e muito alto (>20).

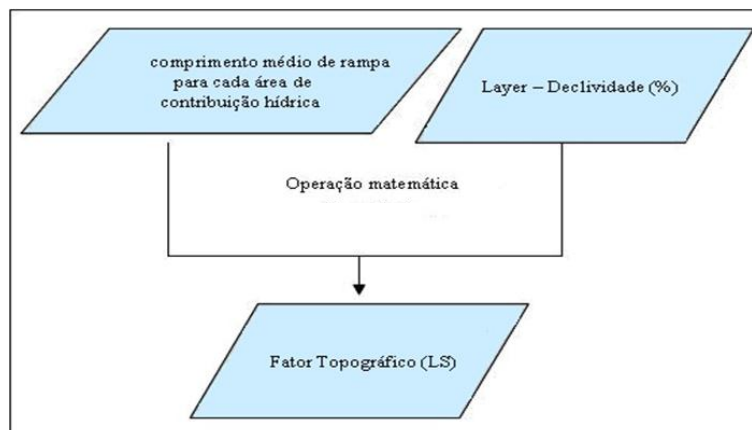


Figura 4. Fluxograma para obter o fator topográfico (LS).

Resultados e discussão

Na avaliação do potencial de erosão, as características das encostas preponderantes (declividade e seu comprimento) constatou-se que quanto maior a declividade e o trecho percorrido, maior será a energia produzida pela enxurrada que se acumula e maior a erosão resultante.

As classes predominantes no mapa da

declividade (Tabela 1 e Figura 5) mostram à jusante um predomínio de áreas plana e declive suave ondulado (3 a 8%) com escoamento superficial muito lento, não favorecendo a erosão hídrica e áreas a montante, com relevo moderadamente ondulado (8 a 13%) nos quais o escoamento superficial para a maior parte dos solos é médio ou rápido, já ocorrendo erosão.

Tabela 1. Classes de declividade da Microbacia Córrego do Tijuco, SP.

Classificação	Classe definida (%)	Área	
		(ha)	(%)
Plano	0 - 3	1108,4	13,8
Suave ondulado	3 - 8	4240,2	52,9
Moderadamente ondulado	8 -13	1945,7	24,2
Ondulado	13 - 20	604,6	7,5
Forte ondulado	> 20	109,5	1,3

Em estudos regionais de avaliação de erosão (CASTRO e VALÉRIO FILHO, 1997; BUENO e GARCIA, 2003; SILVA et al., 2005) os autores observaram maior influência do fator declividade sobre o fator comprimento de rampa no processo erosivo. Contudo, apesar de a

microbacia não apresentar um relevo acentuado, o fator comprimento de rampa apresentou influência no processo erosivo em intensidade e quantidade de material transportado, estando de acordo com resultados obtidos por SILVA et al. (2003).

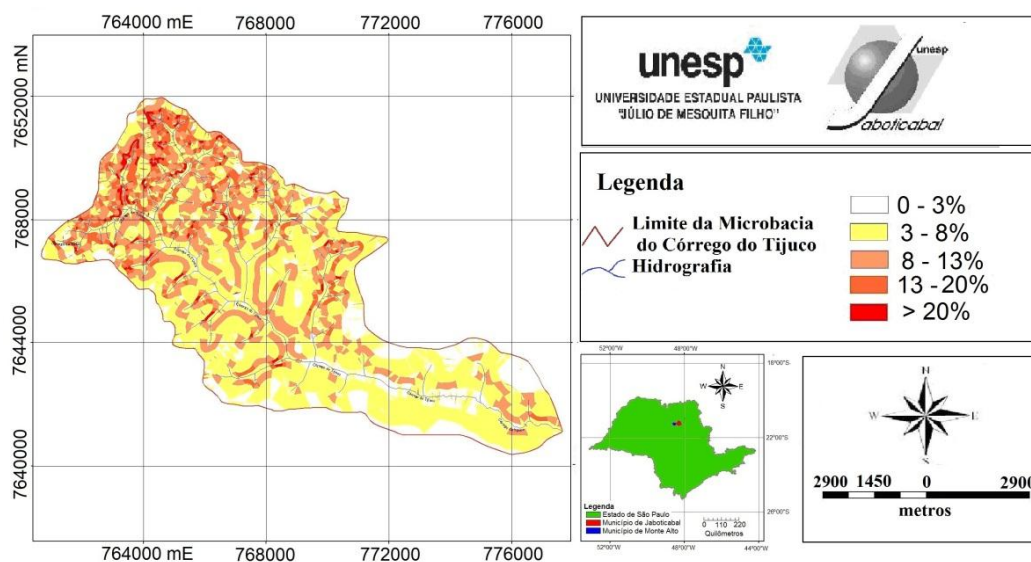


Figura 5. Mapa da Declividade para a Microbacia Córrego do Tijuco, SP.

À jusante da microbacia, em áreas onde a contribuição hídrica foi maior, obteve-se maior comprimento médio de rampa (3.195 m),

contribuindo, desta forma para a obtenção de maiores valores do fator topográfico, conforme se pode verificar na Figura 6.

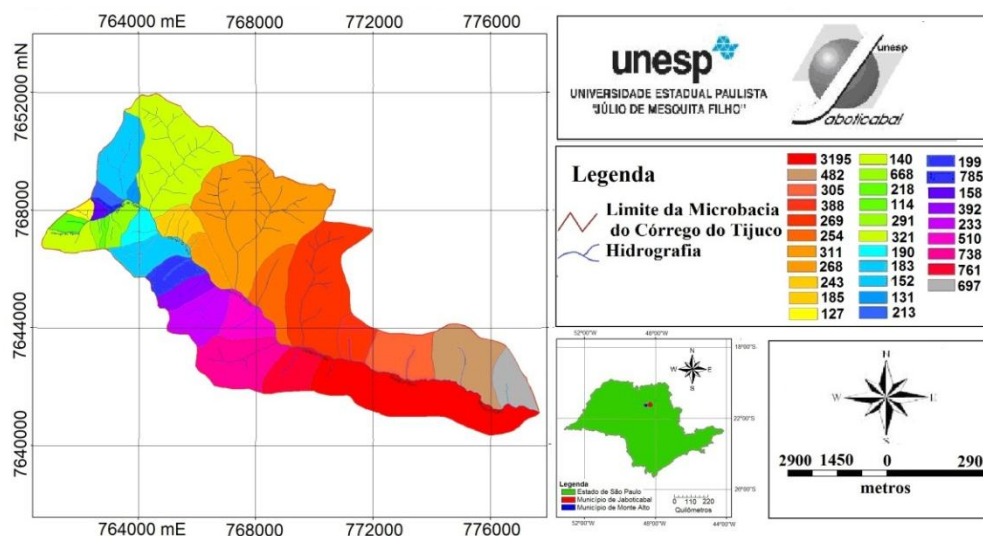


Figura 6. Mapa do comprimento médio de rampa de cada área de contribuição hídrica, para a Microbacia Córrego do Tijuco, SP.

Para o fator topográfico da área de estudo observa-se a predominância de áreas entre valores de 1 a 5, seguida de áreas com valores de 5 a 10. (Tabela 2 e Figura 7). Enquanto isso, WEILL e SPAROVEK (2008) encontraram valor médio do fator LS, ponderado para sua área de estudo de 1,8.

O mapeamento do fator LS tem sido utilizado como um dos parâmetros para a perda de solo anual e é de extrema importância para demonstrar área de maior ou menor

comprimento de rampa, as quais podem ter maior velocidade do escoamento superficial das águas correspondendo ao maior processo erosivo. Estes resultados estão de concordância com os valores estimados por BATISTA et al. (1998), que utilizaram o método do retângulo equivalente para o cálculo do comprimento médio de rampa em microbacia e por WEILL e SPAROVEK (2008) que concluíram que o fator LS foi o que mais influenciou a variação observada nas taxas estimadas de erosão.

Tabela 2. Classes de ocorrência do fator topográfico definidas por Bertoni e Lombardi Neto (2008) e suas respectivas áreas para a Microbacia Córrego do Tijuco, SP.

Classificação	Classe definida (Adimensional)	Área	
		(ha)	(%)
Muito baixo	< 1	446,4	5,5
Baixo	1 a 5	5323,4	66,4
Moderado	5 a 10	1789,0	22,3
Alto	10 a 20	423,0	5,2
Muito alto	> 20	26,5	0,3

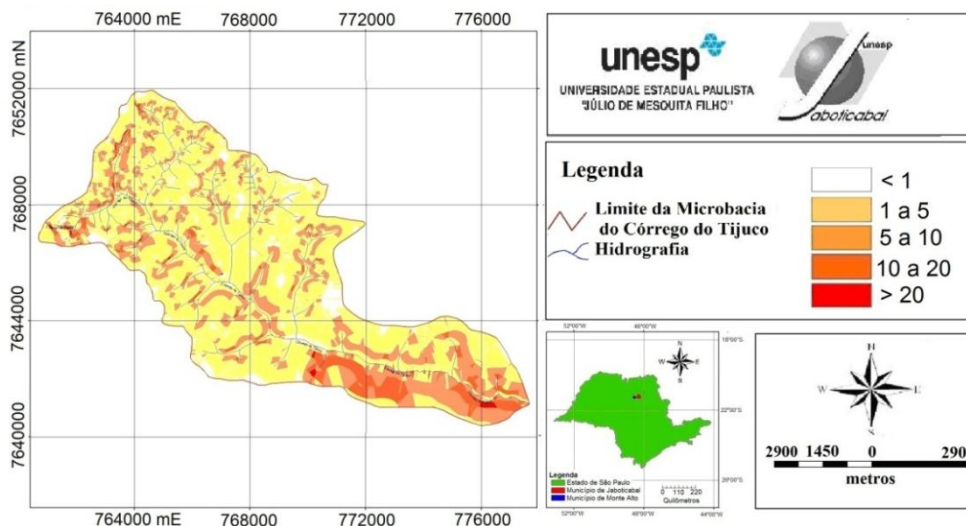


Figura 7. Mapa do Fator Topográfico para a Microbacia Córrego do Tijuco, SP.

Conclusões

- O SIG foi capaz de gerar imagens necessárias para a análise do fator LS.
- A estimativa do fator topográfico mostrou as áreas com maiores probabilidades de ocorrer a erosão hídrica.
- A jusante da microbacia com predomínio de áreas plana e declive suave ondulado (3 a 8%) e escoamento superficial muito lento, não favoreceu a erosão hídrica.

Agradecimentos

Agradecemos a FUNDUNESP pelo apoio financeiro.

Referencias

BATISTA, G.M.M.; EID, N.J.; OLIVEIRA, A.L. Utilização do método do retângulo equivalente modificado para o cálculo do comprimento médio de rampa de bacias hidrográficas, por meio de um SIG. In: *Anais do 2º Simpósio De Usuários Idrisi - SIDRIS, 1998, Campinas, Unicamp, 1998.* p.93-95.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. *Conservação do Solo*. São Paulo: 4. ed. Ícone. 355p. 1999.

- BUENO, C.R.P.; GARCIA, G.J. Expectativa de erosão dos solos da alta e média bacia do Rio Jacaré-Pepira - SP. **Engenharia Agrícola**, v.23, n.1, p.78-87, 2003.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. São Paulo: 4. ed. Ícone. 355p. 1999.
- BUENO, C. R. P.; GARCIA, G. J. Expectativa de erosão dos solos da alta e média bacia do Rio Jacaré-Pepira - SP. **Engenharia Agrícola**, v.23, n.1, p.78-87, 2003.
- BUENO, C. R. P.; STEIN, D. Potencial natural e antrópico de erosão na região de Brotas, estado de São Paulo. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.26, n.1, p.1-5, 2004.
- CASTRO, A. G.; VALÉRIO FILHO, M. Simulação da expectativa de perdas de solo em microbacias sob diferentes manejos florestais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, n.2, p.419-426, 1997.
- DESMET, P. J. J.; GOVERS, G. A. GIS procedure for automatically calculating the USLE LS factor on topographically complex landscape units. **Journal of Soil and Water Conservation**, v.51, n.5, p.427-433, 1996.
- FORMAGGIO, A. R.; ALVES, D. S.; EPIPHANIO, J. C. N. Sistemas de informações geográficas na obtenção de mapas de aptidão agrícola e de taxa de adequação de uso das terras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.16, n.1, p.249-256, 1992.
- FREITAS, L. F.; CARVALHO JR., O. A.; GUIMARÃES, R. F.; GOMES, R. A. T.; SOUZA, E. de; LOEBMANN, D. G. Determinação do potencial de erosão a partir da utilização da EUPS na Bacia do Rio Preto. **Espaço & Geografia**, v.10, n.2, p.431-452, 2007.
- ROCHA, J. V.; LOMBARDI NETO, F.; BACELLAR, A. A. A. Metodologia para determinação do fator comprimento de rampa (L) para a Equação Universal de Perdas de Solo. In: **Anais do Simpósio De Usuários Idrisi**, Campinas, Unicamp, 1996. p.3-6.
- SILVA, V. C. da. Cálculo automático do fator topográfico (LS) da EUPS, na bacia do Rio Paracatu. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.33, n.1, p.29-34, 2003.
- SILVA, A. M.; RANZINI, M.; GUANDIQUE, M. E. G., ARCOVA, F. C. S.; DE CICCO, V. Estudo integrado do processo erosivo numa microbacia experimental localizada no município de Cunha - SP. **Geociências**, v.24, n.1, p.43-53, 2005.
- VALERIANO, M. M. Mapeamento do comprimento de rampa em microbacias com sistema de informação geográfica. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.24, n.5, p.1541-1551, 2002.
- VILLELA, S. M., MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo, MacGraw Hill do Brasil, 1975. 247p.
- WEILL, M. A. M.; SPAROVEK, G. Estudo da erosão na microbacia do Ceveiro (Piracicaba, SP). I - Estimativa das taxas de perda de solo e estudo de sensibilidade dos fatores do modelo EUPS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.4, p.801-814, 2008.
- WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. 1978. **Predicting rainfall erosion losses** - a guide to conservation planning. Washington, 58p. (Agriculture handbook, 537).