

ZONEAMENTO DA EROSÃO DO SOLO COMO INSTRUMENTO DE PLANEJAMENTO AMBIENTAL

Sérgio Gomes TÔSTO
Pesquisador A da Embrapa Monitoramento por Satélite, tosto@cnpm.embrapa.br

Lauro Charlet PEREIRA
Pesquisador A da Embrapa Meio Ambiente, lauro.pereira@cnpma.embrapa.br

RESUMO

O setor agropecuário é o responsável por produzir grande parte de alimentos e de fibras, porém, dado ao uso de tecnologias inadequadas, tem ocasionado uma série de efeitos indesejáveis no sistema produtivo. Uma das formas mais severas de degradação ambiental em terras brasileiras é a erosão hídrica, que tem causado graves prejuízos, tanto em áreas agrícolas quanto nas cidades. Com uma relação direta com a escassez de alimentos e com a fome no mundo, o combate à erosão é fundamental. O objetivo deste trabalho foi elaborar o zoneamento das taxas de erosão do município de Araras, SP.

A metodologia foi composta da elaboração do mapa do uso e cobertura das terras, a compilação do mapa de solo e com a utilização das Equação Universal de Perda de Solo, foi possível estimar as taxas de erosão, que foram classificadas como de baixa, média, alta e muito alta severidade. O Zoneamento das perdas de solos do Município é composto por quatro classes e pode se constituir em uma importante ferramenta para o planejamento, subsidiando políticas públicas ambiental no combate à erosão, minimizando assim, os impactos deste importante recurso natural.

PALAVRAS-CHAVES: Equação universal de perda de solos, gestão ambiental, sustentabilidade ambiental.

ZONING OF SOIL EROSION AS A TOOL OF ENVIRONMENTAL PLANNING

ABSTRACT

The agricultural sector is responsible for producing much of food and fiber, however, due to the use of inappropriate technologies it has led to a number of undesirable effects on the production system. One of the most severe forms of environmental degradation in Brazilian lands is water erosion, which has caused serious losses in both agricultural areas and cities. With a direct relationship with food shortages and world hunger, combating erosion is essential. The aim of this study was to

elaborate the zoning of erosion rates of Araras city, SP. The methodology consisted of preparing the map of land use and cover, compiling soil map and the use of Universal Soil Loss Equation. This way, it was possible to estimate erosion rates, which were classified as low, medium, high and very high severity. The zoning of soil loss of the city is made up of four classes and may constitute an important tool for planning, supporting environmental public policies in combating erosion, thus minimizing the impact of this important natural resource.

KEYWORDS: Universal soil loss equation, environmental management, environmental sustainability

INTRODUÇÃO

Historicamente, o desenvolvimento econômico global, na grande maioria dos países, apoiou-se na exploração e na utilização dos recursos naturais, exercendo, assim, uma pressão sobre os sistemas naturais, com efeitos adversos na qualidade do meio ambiente.

O setor agropecuário é o responsável por produzir grande parte de alimentos e de fibras, porém, dada a tecnologia em uso, pode levar a uma série de efeitos indesejáveis no sistema produtivo.

A Revolução Verde, por meio do modelo industrial-produtivista de apropriação da natureza, acelerou de forma alarmante a degradação ambiental e social do espaço rural. O alto grau de industrialização trouxe, num primeiro momento, o aumento da produção e da produtividade, principalmente nos produtos de exportação – as commodities agrícolas. O incremento no uso de insumos, da mecanização e da expansão de monocultivos nas maiorias dos cultivos agrícolas, levou à degradação de grandes superfícies, muitas delas abandonadas depois de poucos anos de cultivo. O agravamento desses problemas se deu com a intensificação da produção em áreas não aptas, ou acima de sua capacidade de suporte, provocando erosão e contaminação de solos e de água com agroquímicos, tornando-os cada vez mais dependentes do aporte de energia externa e reduzindo a sua capacidade produtiva ao longo do tempo. Isso devido, em grande parte, à falta de uma visão mais abrangente entre a produtividade e a estabilidade dos ecossistemas tropicais (MARQUES *et.al.* 2003).

A degradação do solo por erosão é um grave problema mundial da atualidade, o recurso solo é finito, não renovável na escala de duração da vida humana e frágil para ser explorado de forma inadequada. podem acarretar consequências maléficas para o solo e sua biodiversidade, tais como: (i) perda da produção agrícola; (ii) redução das taxas de aporte e decomposição da matéria orgânica;

(iii) ruptura ou alterações nos ciclos globais de nutrientes; (iv) aumento das emissões de gases causadores do efeito estufa e (v) degradação de terras, erosão e desertificação; (vi) perda de água, entre outras (TÔSTO, 2010).

A degradação dos solos para Seroa da Motta (1989), é uma das diversas externalidades que ocorrem no meio rural que pode trazer consequência danosas ao meio ambiente.

A erosão do solo agrícola tem se caracterizado como um dos mais preocupantes problemas causados pela agricultura, tanto da perspectiva dos efeitos ambientais quanto dos problemas causados à própria produção agrícola (LOMBARDI NETO *et al.*, 1989).

A erosão consiste no processo de desprendimento e arraste das partículas do solo, ocasionado pela ação da água ou do vento, sendo a principal causa de degradação das terras agrícolas. A erosão hídrica é um processo natural relacionado à formação do relevo e dos solos, cuja intensidade pode ser aumentada a ponto de causar degradação ambiental, principalmente em função do uso agrícola com práticas inadequadas (LOMBARDI NETO *et al.*, 1989).

O processo erosivo compreende três etapas distintas: ruptura dos agregados, transporte de partículas e deposição dos sedimentos. Os processos de ruptura dos agregados e de transporte são mais extensos nas áreas agrícolas intensamente mecanizadas. A desagregação compreende o processo de redução do tamanho dos agregados, ou seja, a individualização das partículas agregadas do solo, que é causada, principalmente, pelo impacto direto das gotas de chuva na superfície.

As partículas desagregadas salpicam com as gotículas de chuva e retornam à superfície selando a porosidade superficial, o que reduz num segundo momento a infiltração de água. À medida que aumenta a intensidade da chuva e esta passa a ser maior que a taxa de infiltração, começa também a haver acúmulo de água sobre a superfície do solo, iniciando-se a segunda fase do processo, que é o transporte das partículas, ou seja, o escoamento superficial.

Os efeitos diretos estão relacionados aos danos causados às propriedades químicas e físicas dos solos, como a perda de nutrientes, de água disponível para as plantas, de matéria orgânica, desestruturação das propriedades físicas dos solos, e também a perda de área agricultável. Estes efeitos obrigam os produtores a utilizarem uma dosagem adicional de fertilizante para manter a fertilidade do solo, a realizar reparos em benfeitorias da propriedade, a realizar replantio, assim, há um relativo aumento nos custos de produção como reflexos dos custos financeiros causados pela erosão.

O objetivo deste trabalho é elaborar o zoneamento das taxas de perdas de solo no município de Araras, sob diferentes classes de solo e de uso agrícola das terras, como instrumento de planejamento agrícola e tomada de decisão, contribuindo assim, para a sustentabilidade ambiental municipal.

MATERIAL E MÉTODOS

O Município de Araras, SP está localizado entre as longitudes de 47°15'W e 47°30'W e as latitudes de 22°10'S e 22°30'S (Figura 1). Encontra-se distante cerca de 170 km da capital do estado e ocupa uma área de aproximadamente 64.341 ha.

O clima apresenta temperatura média anual de 21,4 °C, com mínima de 17,7 °C no mês de julho e máxima de 24,1 °C no mês de fevereiro. A precipitação anual é de 1.441 mm, com déficit hídrico entre os meses de abril a outubro (SENTELHAS *et al.*, 2009). O clima, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Cwa (mesotérmico com verões quentes e estação seca de inverno), caracterizado por ter o mês mais frio com média inferior a 18 °C, mas superior a 3 °C, e um mês mais quente com temperaturas superiores a 22 °C (ANGELOCCI *et al.*, 2002).

Em termos geológicos, a área está situada na Bacia do Rio Paraná, e engloba rochas sedimentares que variam entre arenitos (Formação Palermo), argilitos (Formação Corumbataí), argilitos, siltitos e calcários (Formação Iratí), além de rochas basálticas (Formação Serra Geral). As idades desses sedimentos remontam ao Carbonífero Superior e vão até o Cretáceo Médio (MAGINI & CHAGAS, 2003).

Para Oliveira *et al.* (1982), as principais classes de solos do município são representadas pelos Latossolos e Argissolos com textura média e arenosa. Além das pastagens, os principais produtos agrícolas do município são café, milho, feijão, citrus e cana-de-açúcar, cujos cultivos atingem cerca de 65% da área (TÔSTO, 2010).

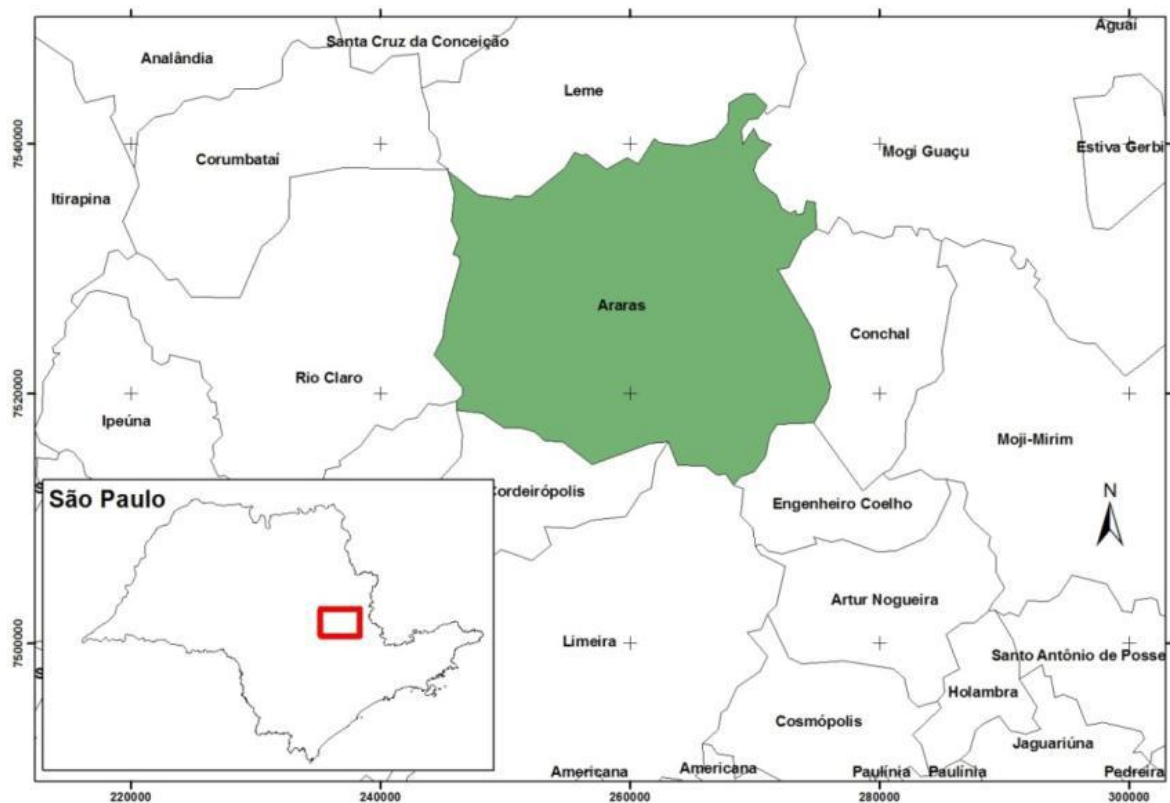


Figura 1- Mapa de localização do Município de Araras, SP.

Fonte: Mapa gerado pela pesquisa

O uso de sistema de informação geográfica (SIG) possibilitou a elaboração do mapa de uso e cobertura dos solos, a partir de interpretação analógica da imagem orbital do satélite CBERS 2, com resolução espacial de 20 m. Para a definição dos padrões de uso, foram utilizadas características das imagens como cor, textura, tonalidade, sombra, tamanho, altura e localização, entre outras. A classificação de imagens que não puderam ser definidas em laboratório foi verificada in loco, em trabalho de campo, com auxílio de sistema de posicionamento global (GPS). A caracterização do uso e cobertura possibilitou a determinação de diferentes categorias de uso das terras no município. O mapa de solos do município de Araras foi derivado do mapa pedológico do Estado de São Paulo (OLIVEIRA et al.,1982), na escala de 1:100.000.

A estimativa das taxas de perda de solo na área de estudo foi elaborada aplicando-se o modelo USLE – Universal Soil Loss Equation de Wischmeier & Smith (1978), também conhecido por Equação Universal de Perda de Solo, adaptado para uso nas condições brasileiras por Bertoni e Lombardi Neto (1989). O modelo estima a perda média de solo de locais específicos, sob sistemas de cultivo e manejo também específicos, tendo por base os valores médios de eventos de precipitação ocorridos, considerando uma série de observações de 20 anos ou mais (Wischmeier e Smith, 1978). Consiste de um modelo multiplicativo, pelo qual a perda média anual de solo é obtida pelo produto de seis fatores determinantes, de acordo com a equação:

$A = R * K * L * S * C * P$, onde:

A = perda anual de solo em $Mg.ha^{-1}.ano^{-1}$;

R = fator erosividade da precipitação e da enxurrada, em $M.J.mm.ha^{-1}.h^{-1}.ano^{-1}$;

K = fator erodibilidade do solo, definido pela intensidade de erosão por unidade de índice de erosão da chuva, para um solo específico mantido continuamente sem cobertura, mas sofrendo as operações normais, em um declive de 9% e comprimento de rampa de 25m em $Mg.ha.h/ha.MJ.mm$;

L = fator comprimento da encosta, definido pela relação de perdas de solo entre uma encosta com um comprimento qualquer e uma encosta com 25m de comprimento, para o mesmo solo e grau de inclinação;

S = fator grau de declividade, definido pela reação de perdas de solo entre um terreno com uma declividade qualquer e um terreno com declividade de 9%, para o mesmo solo e comprimento de rampa;

C = fator de cobertura e manejo da cultura, definido pela relação de perdas de solo entre um terreno cultivado e dadas condições e um terreno mantido continuamente descoberto, em condições semelhantes àsquelas em que o fator **K** é avaliado, adimensional;

P = fator prática de controle de erosão, relação de perdas de solo entre um terreno cultivado com determinada prática e as perdas quando se planta morro abaixo, adimensional.

Os fatores **R**, **K**, **L** e **S** dependem das condições naturais do clima, do solo e do terreno, definindo o potencial natural de erosão, já os fatores **C** e **P** são antrópicos ou relacionados com as formas de manejo do solo e do uso e ocupação das terras. Os valores para o fator **C** utilizados para este trabalho estão mostrados na Tabela 1.

O fator **R** foi calculado a partir do potencial erosivo da chuva (erosividade) na região do município de Araras, seguindo a metodologia estabelecida por Bertoni e Lombardi Neto (1990) e os valores encontrados para o fator erosividade (**R**) variaram entre 8.791 a 9.043 $MJ.mm.ha^{-1}.ha^{-1}.ano^{-1}$.

Tabela 1- Uso e cobertura das terras - Fator C

Uso e cobertura das terras	Fator C
Cafeicultura	0,02010
Cana-de-açúcar crua	0,03770
Cana-de-açúcar queimada	0,07540
Citricultura	0,02470
Cultura anual (soja + milho)	0,10231
Floresta secundária	0,00077
Pastagem	0,01000

Fonte: Bertoni & Lombardi Neto, 1990

A interseção do mapa de solo, mapa do uso e da cobertura das terras e a equação universal de perdas de solos em ambiente SIG, possibilitou a definição das taxas de erosão para o Município, permitindo assim, a elaboração do Zoneamento da erosão do solo, do município.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No município, o uso e cobertura das terras se distribui em oito categorias além das áreas urbanas e corpos d'água. Dentro das categorias as principais foram: a da cana-de-açúcar (53,76%), citricultura com (18,561,77) e mata ciliar com (11,77), conforme a Tabela 2 e Figura 2.

Tabela 2 - Uso e cobertura das terras

Usos e cobertura das terras	Área - km²	Área - %
Cafeicultura	328,55	0,51
Cana-de-açúcar crua	25.498,18	39,62
Cana-de-açúcar queimada	9.098,97	14,14
Citricultura	11.938,67	18,56
Cultura anual - Soja + milho	1.687,64	2,62
Floresta secundária	3.011,99	4,68
Mata ciliar	7.569,69	11,77
Pastagem	1.337,41	2,08
Áreas urbanas	3.422,05	5,32
Corpos d'água	448,45	0,70
TOTAL	64.341,60	100

Fonte: Dados gerados pela pesquisa

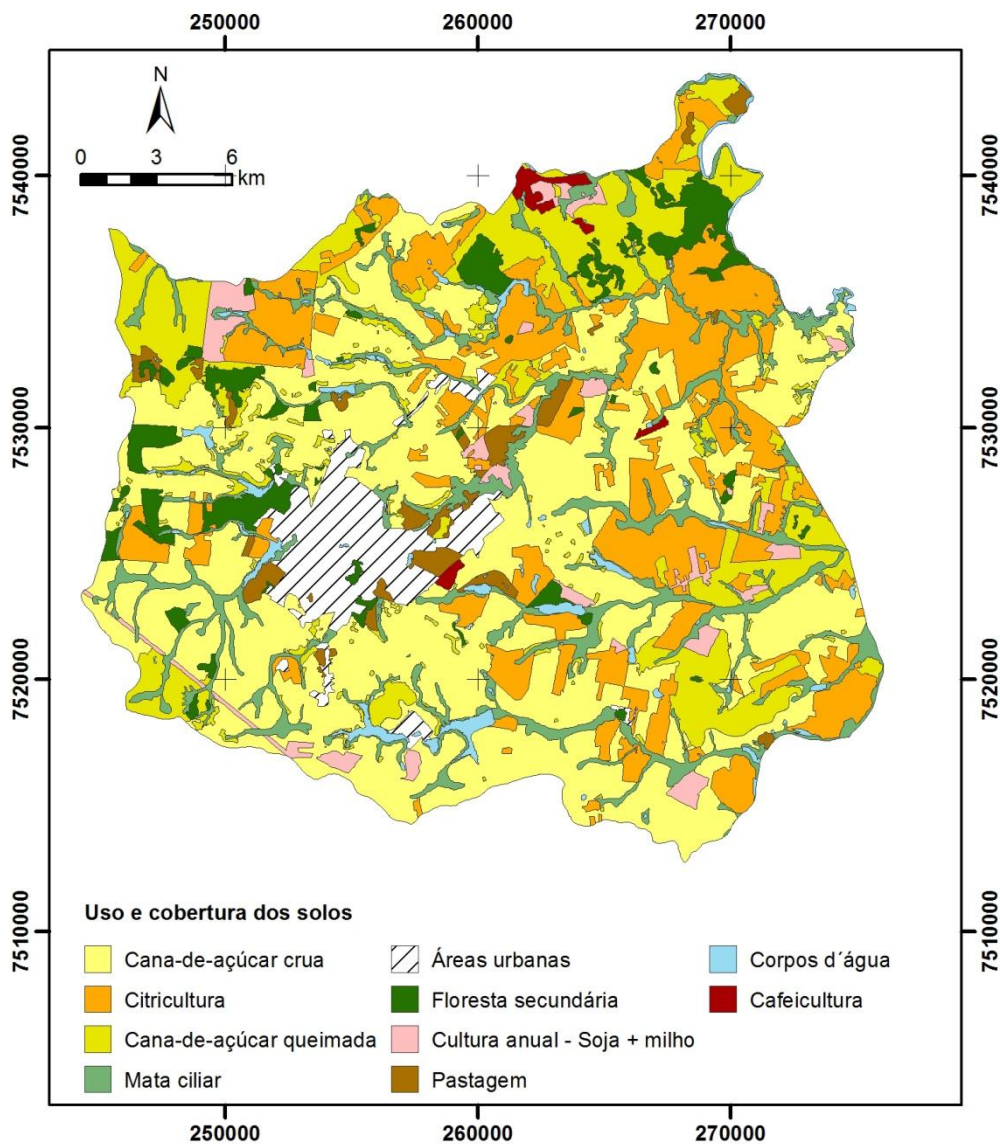


Figura 2 – Mapa de uso e cobertura das terras

Fonte: Mapa gerado pela pesquisa

Com o conjunto de dados e de informações geradas, foi elaborado o Zoneamento das perdas de solo para o município e pode-se verificar que há locais em que a taxa de perdas de solos pode atingir até $120 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$. A Figura 03 mostra o Zoneamento das perdas de solo para o município de Araras, SP.

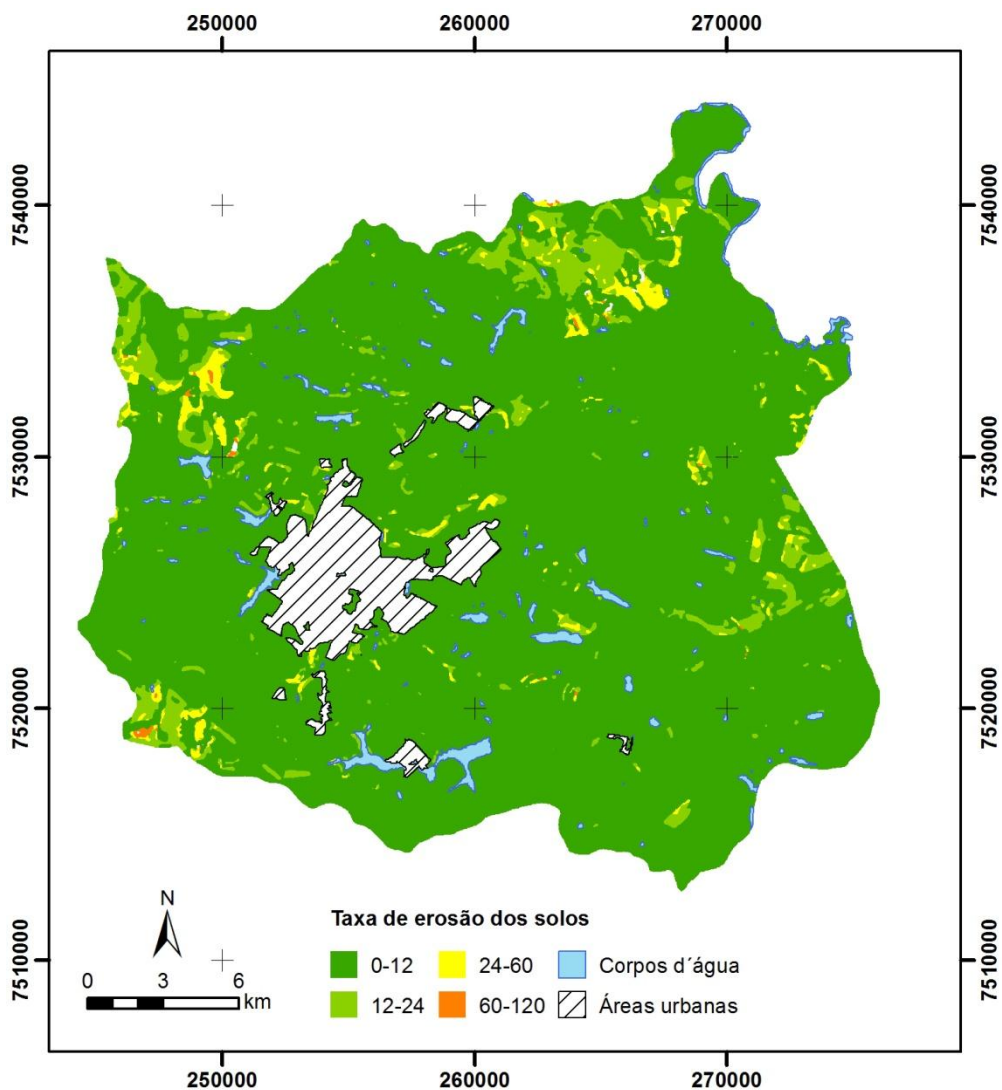


Figura 3 – Zoneamento da taxa de erosão dos solos

Fonte: Mapa gerado pela pesquisa.

O manejo sustentado do solo é uma questão estratégica do ponto de vista ambiental e econômico. Quando o solo passa a ser manejado visando uma atividade qualquer, ocorrem desequilíbrios nas relações solo-clima-planta. Neste sentido, o monitoramento das perdas de solo por erosão hídrica, através de limites estabelecidos pela tolerância de perdas de solo, é imprescindível para o manejo adequado e sustentável das atividades agrícolas (SILVA et al., 2002).

Estudos realizados por Lombardi Neto & Bertoni (1975) para o estado de São Paulo indicam que os valores de tolerância de perda de solos encontram-se de 4,5 a 13,4 e de 9,6 a 15,0 t ha⁻¹ ano⁻¹ para solos com horizontes B textural e B latossólico, respectivamente.

Quanto a taxa de erosão do município, verificou-se que 75% da área corresponde à classe baixa com perdas de até 12 t.ha⁻¹ano⁻¹. Muito embora tenham ocorrido as taxas alta e muito alta, estas corresponderam apenas a cerca de 6% da área total, conforme ilustrado na Tabela 3.

Tabela 3 – Taxas de erosão de solo - t.ha⁻¹ano⁻¹.

Taxa de erosão	Classe	Área - Km ²	Área - %
0 – 12	Baixa	48.256,20	75
12 – 24	Média	6.434,16	10
24 – 60	Alta	3.217,80	05
60 - 120	Muito Alta	0,64	01
Cidade e corpos d'água	-	5.790,07	09
Total		64.341,60	100

Fonte: Dados gerados pela pesquisa.

CONCLUSÕES

No município de Araras, há o predomínio de solos profundos, com boa drenagem, relevo plano-suave ondulado, características estas que contribuem para a ocorrência de taxas menores de erosão. Muito embora ocorram pequenas áreas, onde as taxas de erosão sejam classificadas como alta e muito alta, o zoneamento da erosão permitiu a identificação e visualização das mesmas, facilitando assim, o seu controle.

Neste contexto, a utilização do zoneamento da erosão dos solos torna-se importante para o planejamento conservacionista, além de subsidiar a formulação de políticas públicas voltadas ao controle da erosão.

BIBLIOGRAFIA

ANGELOCCI, L. R.; PEREIRA, A. R.; SENTELHAS, P. L. *Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas*. Guaíba: Agropecuária, 2002.

BERTONI, J., LOMBARDI NETO, F. *Conservação do solo*. São Paulo: Ícone. 355p. 1990.

BERTONI, J; LOMBARDI NETO, F. *A conservação do solo*. 3 ed. São Paulo: Ícone. 1989. 355p.

LOMBARDI NETO, F.; BELLINAZZI JÚNIOR, R.; GALETI, P. A.; BERTOLINI, D.; LEPSCH, I. F.; OLIVEIRA, J. B. Nova abordagem para cálculo de espaçamento entre terraços. In: *Simpósio sobre terraceamento agrícola*, Campinas, 1989. Fundação Cargill. p. 99-124.

LOMBARDI NETO, F.; BERTONI, J. *Tolerância de perdas de terras para solos do Estado de São Paulo*. Campinas: Instituto Agronômico, 1975. 12p. (Boletim Técnico, 28).

MAGINI, C.; CHAGAS, R. L. *Microzoneamento e Diagnóstico Físico-Químico do Ribeirão das Araras, Araras – SP*. Disponível em: <cmagini@csv.unesp.br>. Acesso em: fev. 2008.

MARQUES, J.F.; SKORUPA, L.A.; FERRAZ, J.M.G. *Indicadores de sustentabilidade em agroecossistema*. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente. 2003. 281p.

OLIVEIRA, J. B.; MENK, J. R. F.; BARBIERI, J. L.; ROTTA, C. L.; TREMONCOLDI, W. *Levantamento Pedológico Semidetalhado do Estado de São Paulo: Quadrícula de Araras*. Campinas: Instituto Agronômico, 1982. 180p.

SENTELHAS, P. C.; NUNES, L. H.; PEREZ A. *CEPAGRI*. Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_038.html> Acesso em: out. 2009.

SEROA DA MOTTA, R. *Manual de valoração econômica de recursos ambientais*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, 1989. 218p.

SILVA, M.L.N.; CURI, N.; LEITE, F.P.; CARVALHO NÓBREGA, D.V. Tolerância de perdas de solo por erosão hídrica no Vale do Rio Doce da região Centro Leste do Estado de Minas Gerais. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO, 14., 2002, Cuiabá. Anais...Cuiabá: *Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*, 2002. CD ROM.

TÔSTO, S.G *Sustentabilidade e valoração de serviços ecossistêmicos no espaço rural do município de Araras, SP*. Tese de Doutorado. Instituto de Economia, UNICAMP, Campinas, 2010. 217 p.

WISCHIMEIER, W. H.; SMITH, D.D. *Predicting rainfall erosion losses: a guide to a conservation planning*. Washington: USDA, 1978. 58p. (Agriculture Handbook, 537).