

# Comparação entre o uso e ocupação e perda de solo, nos anos de 1995 e 2010, na microbacia hidrográfica do Ceveiro

## Comparison between use and occupancy and soil loss, in the years 1995 and 2010, in the Ceveiro watershed

Pedro Paulo da Silva Barros<sup>1(\*)</sup>  
Peterson Ricardo Fiorio<sup>2</sup>  
Juliano Araújo Martins<sup>3</sup>  
José Alexandre Melo Demattê<sup>4</sup>

### Resumo

O presente trabalho avaliou a perda de solo entre os cenários de 1995 e 2010 da Microbacia Hidrográfica do Ceveiro (MBC) com o auxílio da USLE. Para tanto foram utilizadas carta topográfica 1:10000, imagem HRC do satélite CBERS-2B e demais informações que foram incorporadas ao banco de dados do SIG/SPRING. Como requisito para estimar perda de solo estabeleceu-se o uso atual da terra na Microbacia Hidrográfica do Ceveiro, situada no município de Piracicaba, SP. Observou-se um aumento das áreas de pasto e uma diminuição das áreas de pasto sujo de 136,43 ha. Com relação à cana-de-açúcar, não foi observada grandes alterações em valores de área, mas sim uma reorganização desse uso na MHC. Foi possível notar uma redução das perdas de solo de 1995 para 2010. Sendo que para o uso de 2010 observou-se uma diminuição nas perdas de solo de 57,77 ha para a classe de 20 a 50 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, 50,82 ha para a classe de 50 a 100 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> e 31,48 ha para a classe maior que 100 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> em relação ao uso de 1995 o que foi confirmado pela exatidão do produtor e exatidão do usuário. Na comparação dos mapas foi utilizado o índice Kappa obtendo-se um valor de 0,67.

**Palavras-chave:** USLE; SIG; perda de solo.

- 1 MSc.; Engenheiro Agrônomo; Doutorando em Engenharia de Sistemas Agrícolas na Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, ESALQ, Universidade de São Paulo, USP; Endereço: Avenida Pádua Dias, 11, Caixa Postal: 09, CEP: 13418-900, Piracicaba, São Paulo, Brasil; E-mail: pedropaulo76@gmail.com (\*) Autor para correspondência.
- 2 Dr.; Engenheiro Agrônomo; Professor do Departamento de Engenharia de Sistemas Agrícolas na Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, ESALQ, Universidade de São Paulo, USP; Endereço: Avenida Pádua Dias, 11, Caixa Postal: 09, CEP: 13418-900, Piracicaba, São Paulo, Brasil; E-mail: fiorio@usp.br
- 3 Dr.; Engenharia de Sistemas Agrícolas, USP-ESALQ; Engenheiro Agrônomo; Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, IFMT, Campus Sorriso; Endereço: Avenida dos Universitários, 799, Bairro: Santa Clara, CEP: 78.890-000, Sorriso, Mato Grosso, Brasil; E-mail: julianoaraujo3@gmail.com
- 4 Dr.; Professor Titular do Departamento de Ciências do Solo da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, ESALQ, Universidade de São Paulo, USP; Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq; Endereço: Avenida Pádua Dias, 11, Caixa Postal: 09, CEP: 13418-900, Piracicaba, São Paulo, Brasil; E-mail: jamdemat@usp.br

Recebido para publicação em 06/10/2014 e aceito em 23/09/2015

Ambiência Guarapuava (PR) v.12 n.2 p. 513 - 523 Maio/Ago. 2016 ISSN 2175 - 9405  
DOI:10.5935/ambiencia.2016.02.01

## Abstract

This study evaluated soil losses between 1995 and 2010 scenarios of *Ceveiro* watershed basin with the aid of USLE. For this end, we used 1:10000 topographic map, HRC image of CBERS-2B satellite and extra information was incorporated into the GIS database / SPRING. As requirement to estimate soil loss it was established the current land use in *Ceveiro* watershed basin, located in *Piracicaba, São Paulo*. It was observed an increase in pasture areas and a reduction in dirty pasture areas with 136,43 ha. Concerning sugar cane, it was not observed major changes in value area, but a reorganization of this use in MHC. It was also noted a reduction of soil losses from 1995 to 2010. As to the use of 2010 there was a decrease in soil loss of 57,77 ha for the class 20 – 50 Mg ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>, 50,82 ha for the class 50 - 100 Mg ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> and 31,48 ha to the class greater than 100 Mg ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> in relation to the use of 1995 which was confirmed the accuracy of the producer and user accuracy. The comparison of the maps it was used Kappa index obtaining a value of 0,67.

**Key words:** USLE; GIS; soil loss prediction.

## Introdução

Dentre os principais fatores relacionados com o aumento da degradação ambiental estão as frequentes alterações não planejadas no uso da terra, acima da capacidade de suporte do solo. Nas zonas rurais, o manejo inadequado do solo, sem a observância dos limites e riscos de degradação ambiental, tem provocado o desenvolvimento de processos erosivos acelerados, sendo um dos principais fatores causadores da degradação e deterioração da qualidade ambiental (GUERRA; CUNHA, 1996; PRUSKI et al., 2006).

Segundo Alatorre e Begueria (2009), a modelagem da erosão é baseada no entendimento das propriedades físicas da matéria que controlam os processos de desprendimento e transporte das partículas do solo.

No ano de 1958, baseando-se nos trabalhos anteriores e experimentação própria, Wischmeier propôs uma metodologia para

estimar a erosividade da chuva e, em 1959, o mesmo autor em conjunto com Smith combinou vários fatores como a erosividade (R), erodibilidade (K), a topografia (LS), a cobertura vegetal (C) e as práticas de conservação agrícolas (P). Assim surge a primeira versão da Equação Universal de Perda do Solo (USLE), melhorada em 1965 e depois em 1978, expressando a quantidade de perda do solo em unidades Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (WISCHMEIER; SMITH, 1978).

Entre os modelos de predição de perda de solo, a USLE é amplamente usada por pesquisadores de todo o mundo para estimar as perdas de solo por atividades agrícolas (BAKKER et al., 2005). Permitindo traçar as primeiras estratégias de controle reduzindo o risco de perda de qualidade dos solos e água, otimizando o uso dos recursos na conservação dos solos e utilizando ferramentas espaciais na avaliação das taxas de perda do solo (MITASOVA et al., 1996; GAREN; GETER, 1999).

Os processos hidrológicos associados ao uso e manejo da terra claramente possuem um papel dominante na produção e transporte de sedimentos. Weill (2008) comenta que a principal fonte de variação das estimativas de perda para a Microbacia Hidrográfica do Ceveiro (MHC) relaciona-se com os fatores C e P da EUPS. Fiorio et al. (1999) observaram as mudanças de uso da terra de 1962 até 1995 na MHC bem como os impactos ambientais causados pelas perdas de solo nesse período utilizando geotecnologias.

O uso de geotecnologias, bem como a observação a campo para a classificação do uso da terra, monitoramento de bacias hidrográficas e os impactos tanto nos recursos hídricos como na vegetação nativa, hoje em dia, vem se tornando muito utilizadas (SANTOS et al., 2000).

A hipótese desse trabalho é verificar se nestes 15 anos, de 1995 a 2010, ocorreram mudanças no uso e ocupação bem como nas perdas de solo nessa microbacia. O presente trabalho teve por objetivo utilizar geotecnologias para mapear o uso e ocupação da terra e comparar as perdas de solo na MHC para o ano de 1995 e 2010.

## Material e Métodos

A Microbacia Hidrográfica do Ceveiro (MHC) está situada entre as latitudes 22° 41' 6.87" – 22° 36' 50.68" Sul e longitudes 47° 47' 14.96" – 47° 41' 59.48" Oeste de Greenwich, Datum Córrego Alegre, município de Piracicaba. O relevo na MHC caracteriza-se por apresentar morros em cotas variando entre 460 e 580 m de altitude. O clima da região é o Cwa segundo Köppen, definido como mesotérmico subtropical com inverno seco e verão chuvoso, temperaturas média do mês mais quente superiores a 22 °C e

do mês mais frio a média não excede 18 °C. As chuvas ocorre principalmente nos meses relacionados ao período de verão e as menores quantidades de precipitações ocorrem nos períodos de inverno.

O mapa de uso da terra do ano de 1995 utilizado no trabalho foi o apresentado por Fiorio et al. (2000). O mapa do uso atual da terra foi feito através da imagem mais atual fornecida pelo satélite CBERS 2B sensor *High Resolution Camera* (HRC) o qual possui resolução espacial de 2,5 m e resolução temporal de 130 dias. A cena utilizada foi:

C B E R S \_ 2 B \_  
HRC\_20100202\_155\_A\_125\_5\_L2\_  
BAND1

Para a obtenção dos mapas de perda de solo foi utilizada a Equação Universal de Perda de Solo (USLE), desenvolvida por Wischmeier e Smith (1978) sendo a equação (1) é expressa da seguinte maneira:

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P \quad (1)$$

Sendo:  $A$ = perda de solo média anual ( $\text{Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ );  $R$ = fator de erosividade da chuva ( $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ );  $K$ = fator de erodibilidade do solo  $\text{t ha}^{-1}$  ( $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ );  $L$ = fator de comprimento de encosta, adimensional;  $S$ = fator de declividade de encosta, adimensional;  $C$ = fator uso e manejo do solo, adimensional e  $P$ = fator de prática conservacionista, adimensional.

O fator R foi obtido conforme a equação (2) proposta por Lombardi Neto e Moldenhauer (1992). Os dados da precipitação média mensal e anual foram obtidos da estação meteorológica da ESALQ/USP a partir de uma série histórica de 93 anos (1917 a 2010). Os dados pluviométricos foram trabalhados em planilha eletrônica

para que pudessem ser processados para o cálculo das médias mensais.

$$(EI) = 67,355x(Pm^2 / P)^{0,85} \quad (2)$$

Sendo:  $(EI)$  = média mensal do índice de erosão em MJ mm (h ha)<sup>-1</sup>;  $Pm$  = Precipitação média mensal (mm);  $P$  = Precipitação média anual (mm).

Para determinação do fator R, os resultados dos valores mensais foram somados, conforme equação (3), o resultado do índice de erosividade obtido para a MHC foi 6.378,04 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>;

$$R = \sum_{j=1}^{12} EI_j \quad (3)$$

Tabela 1 - Valores utilizados no trabalho para erodibilidade para cada tipo de solo e o trabalho em que foi proposto

Solo (Sigla)	Fator K	Fonte
Argissolo Vermelho Amarelo (PVA)	0,034	Silva et al. (2009)
Argissolo Vermelho (PV)	0,044	Lanzanova (2009)
Luvissolo Crômico (TC)	0,042	Silva et al. (2009)
Nitossolo Vermelho (NV)	0,020	Denardin (1990)
Cambissolo Háplico (CX)	0,037	Denardin (1990)
Gleissolo Háplico (GX)	0,035	Denardin (1990)
Neossolo Litólico (RL)	0,040	Ribeiro e Alves (2008)
Neossolo Flúvico (RY)	0,040	Ribeiro e Alves (2008)

Fonte: Barros, P. P. S. et al. (2014).

Foi elaborado um mapa temático com o Fator R constante para toda MHC, como feito por Fiorio (2000) e Weill (2008). Posteriormente utilizando a operação de ponderação via linguagem LEGAL do *software* SPRING foi gerado uma grade numérica com resolução espacial de 2,5 x 2,5m.

Para a obtenção do fator K foram utilizados dados já existentes na literatura. Foram atribuídos valores de erodibilidade, conforme tabela 1, para todos os solos encontrados na MHC com o sistema SPRING por meio da operação de ponderação, via linguagem LEGAL.

No presente trabalho foi utilizada para a obtenção do fator LS a equação proposta por Bertoni e Lombardi Neto (2008), equação (4), mostrada a seguir:

$$LS = 0,00984 \cdot C^{0,63} \cdot D^{1,18} \quad (4)$$

Sendo:  $LS$  = Fator Topográfico;  $C$  = Comprimento da vertente em m e  $D$  = Declividade em %. A partir das curvas de nível foi gerada uma grade triangular. Desta grade foi obtida a declividade em porcentagem. O comprimento da vertente foi criado usando as drenagens e a opção de mapa de distância, tendo como resultado uma grade de distância com resolução de 2,5 x 2,5m. Posteriormente integrou-se a declividade com o comprimento da vertente via linguagem LEGAL.

O fator uso e manejo do solo, tabela 2, é conceituado como a relação esperada entre as perdas de solo em um terreno cultivado e em um terreno desprotegido. Conforme o uso da terra estabelecido pelo mapa de uso preferencial, os valores de CP foram obtidos na literatura para o cálculo da USLE. Posteriormente, foi realizada

uma ponderação das classes por meio da linguagem LEGAL.

Tabela 2 - Valores do fator CP utilizados no trabalho

Uso	Fator CP
Urbano	0,0000
Corpo aquoso	0,0000
Reflorestamento	0,0010 <sup>(1)</sup>
Mata	0,0001 <sup>(1)</sup>
Cana-de-açúcar	0,3066 <sup>(2)</sup>
Pasto	0,0080 <sup>(3)</sup>
Pasto sujo	0,0100 <sup>(3)</sup>
Culturas anuais	0,5500 <sup>(4)</sup>

Fonte: <sup>(1)</sup> Extraído de Santos (1993) citado por Weill (2008). <sup>(2)</sup> Estimado com base nos trabalhos de Machado et al. (1982) e Wischmeier e Smith (1978). <sup>(3)</sup> Extraído de Menk (1993) citado por Weill (2008). <sup>(4)</sup> Adaptado de Bertoni e Lombardi Neto (2008).

Segundo Landis e Koch (1977) o valor da estatística Kappa permite analisar comparativamente os resultados da análise dos mapas resultantes da utilização de dados de sensoriamento remoto (Fotografias aéreas e imagens de satélite), dentro de certas restrições.

Para maior detalhamento das áreas que tiveram mudanças entre o uso atual e o uso no ano de 1995, os mapas do modelo temático foram comparados entre si através do índice Kappa (Tabela 3).

O índice Kappa é uma análise multivariada discreta e segundo Congalton e Green (2008) é calculado da seguinte forma, equação (5):

$$K = \frac{\theta_1 - \theta_2}{1 - \theta_2} \quad (5)$$

Tabela 3 - Classes de concordância para o índice Kappa

Valor de Kappa	Concordância
< 0	Sem concordância
0-0,19	Pobre
0,20-0,39	Fraca
0,40-0,59	Moderada
0,60-0,79	Forte
0,80-1,00	Excelente

Fonte: Câmara et al. (1996)

Sendo:

$$\theta_1 = \frac{\sum_{i=1}^r x_j}{N} \quad (6)$$

$$\theta_2 = \frac{\sum_{i=1}^r x_{i+ \rightarrow x+j}}{N^2} \quad (7)$$

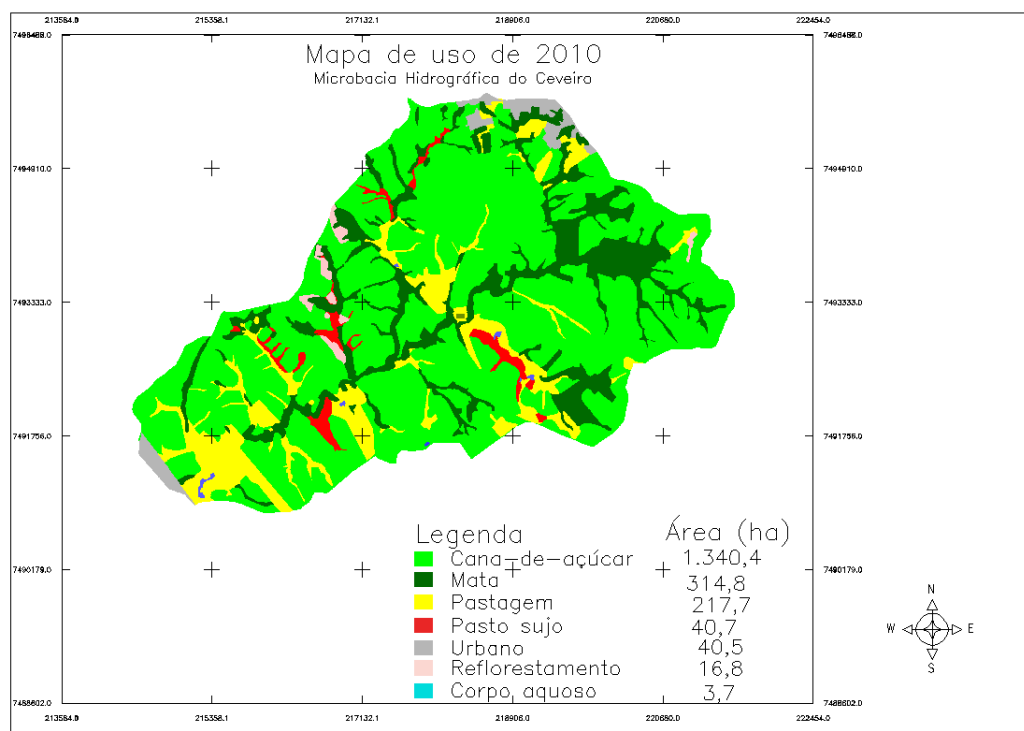
$x$  = número de observações na linha  $i$  e coluna  $j$  da diagonal principal;  $i+ x$  e  $j x+$  = os totais marginais da linha  $i$  e da coluna  $j$ , respectivamente;  $N$  = número total de observações da matriz de erros.

## Resultados e Discussão

Para verificar a estimativa de perda de solo entre o uso em 1995, realizado por Fiorio et al. (1999) e o uso em 2010, gerou-se o mapa do uso atual que pode ser observado na figura 1.

Na MHC podemos notar que como verificado em 1995, ainda predomina a cultura da cana-de-açúcar ocupando cerca de 1.340,4 ha da área total no uso de 2010. As áreas de mata representam 314,8 ha, pastagem 217,7 ha, pasto sujo 40,7 ha, área urbana 40,5 ha, reflorestamento com 16,8 ha e corpo aquoso com 3,7 ha (Tabela 4).

Figura 1 - Representação do mapa de uso do solo para o ano de 2010



Fonte: Barros, P. P. S. et al. (2014).

Tabela 4 - Uso do Solo para a MHC para o ano de 1995 e 2010

Classes de uso	1995 (ha)	1995 (%)	2010 (ha)	2010 (%)	Diferença (ha)
Cana-de-açúcar	1.332,2	67,5	1.340,4	67,9	8,12
Pastagem	92,3	4,7	217,7	11,0	125,40
Mata	275,1	13,9	314,8	15,9	39,65
Reflorestamento	55,3	2,8	16,8	0,8	-38,57
Pasto sujo	177,1	9,0	40,7	2,1	-136,43
Urbano	34,2	1,7	40,5	2,1	6,29
Culturas anuais	2,9	0,1	0,0	0,0	-2,94
Corpo aquoso	4,8	0,2	3,7	0,2	-0,94
Total	1.974,6	100,0	1.974,6	100,0	

Fonte: Barros, P. P. S. et al. (2014).

Comparando o uso atual e o de 1995, na tabela 4, os valores das diferenças de áreas quando positivos indicam um aumento de área desse uso e quando negativos uma diminuição de área desse

uso. Assim, podemos observar que as áreas de cana-de-açúcar aumentaram em 8,12 ha, quando comparadas, o que não é tão evidente quanto o aumento das áreas de pastagem, que passaram de 92,3 ha para



217,7 ha. Outro fator que chama atenção se deve ao fato que, na classificação do mapa de uso de 2010, não foi observado no campo e nas imagens a classe culturas anuais que no ano de 1995 representava 2,9 ha da área total da microbacia.

Fiorio et al. (2000), trabalhando com a cronologia do uso da terra da MHC verificaram grande aumento da cultura da cana-de-açúcar principalmente entre os anos de 1978, incentivo do Proálcool e 1995. Nesse trabalho após quinze anos verificamos um aumento de apenas 8,2 ha, porém, uma redistribuição significativa das áreas de cana.

Para este trabalho foi gerado o mapa de perda de solo tanto para o uso de 1995, figura 2, como para o uso atual, figura 3. As perdas de solo obtidas nos mapas em ambos os anos predominam nas classes de 0 a 20 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> e maior que 100 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> como pode ser observado na tabela 5. As diferenças com valores positivos indicam um aumento da área das classes de perda de solo e valores negativos indicam diminuição na área das classes de perda de solo. Observa-se ainda na tabela 5 que as áreas de perda de solo de 1995, tinham 578,15 ha na classe 0 a 20 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, 138,82 ha para a classe 20 a 50 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, 262,47 ha para a classe 50 a 100 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> e 992,54 ha para a classe perdas maiores do que 100 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

Tabela 5 - Área para cada classe de perda de solo para os anos de 1995 e 2010

Classes (Mg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	1995 (ha)	2010 (ha)	Diferença (ha)
0 – 20	578,15	717,47	139,32
20 – 50	138,82	81,05	-57,77
50 – 100	262,47	211,65	-50,82
> 100	992,54	961,06	-31,48

Fonte: Barros, P. P. S. et al. (2014).

Em comparação ao uso de 1995, observa-se na tabela 5 que para o uso em 2010 a classe de 0 a 20 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> aumentou 139,32 ha, tendo como área 717,47 ha. Enquanto que as classes 20 a 50 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, 50 a 100 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> e maior que 100 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> perderam 57,77 ha, 50,82 ha e 31,48 ha, respectivamente, tendo áreas de 81,05 ha, 211,65 ha e 961,06 ha.

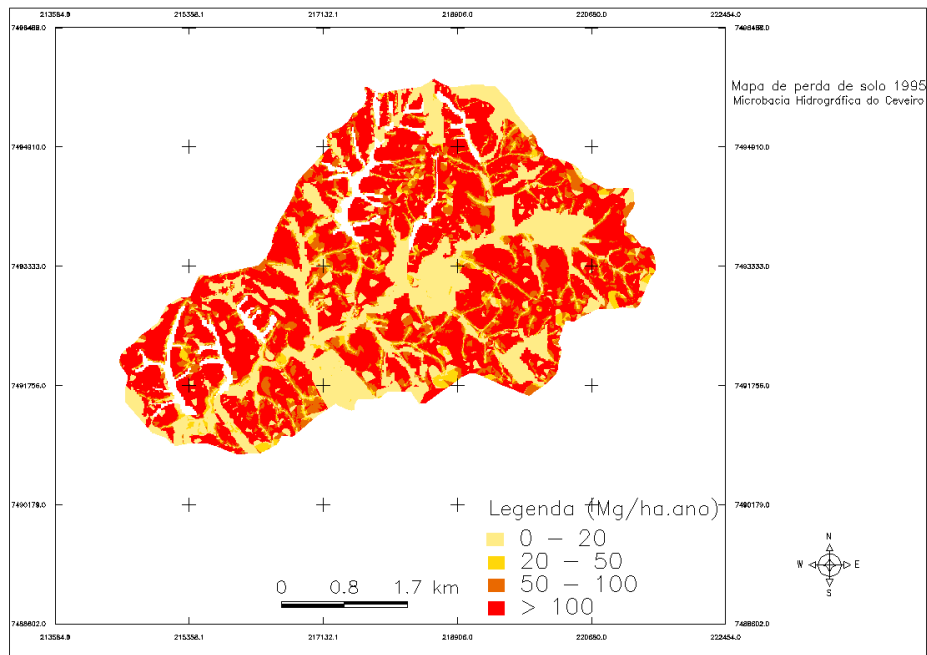
A diminuição dos valores de perda de solo para o uso em 2010 em relação a 1995 deve estar associada à diminuição das áreas de pasto sujo com valor CP maior (0,01) e um aumento de área para valores de CP menores, 0,0001 e 0,000, para mata e área urbana respectivamente (Tabela 2).

Para verificar o grau de correspondência entre os mapas de perdas de solo foi utilizado o índice Kappa. As comparações envolvendo os dois, os mapas de potencial de perdas de solo para o uso em 2010 e 1995, o resultado foi de 0,67 sendo considerado forte (CÂMARA et al., 1996). O índice de acertos foi de 0,80 entre os mapas de perda de solo de 2010 e 1995.

Para uma análise mais detalhada foi calculada a exatidão do produtor e do usuário que verifica quanto de uma classe de perda de solo, exemplo de 0 a 20 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, do mapa de uso atual identifica, ou seja ocupa a mesma área, em relação ao que foi encontrado pela referência que é o mapa de 1995.

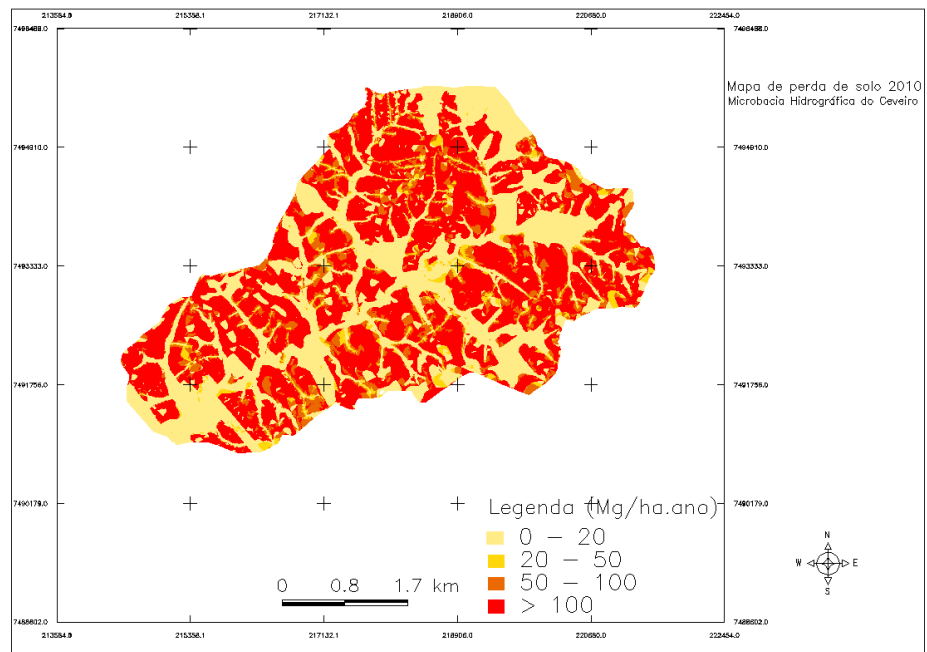
A exatidão global é indicativo simples da concordância entre os mapas, ele representa a divisão da somatória da diagonal principal (número de pixel em concordância nos dois mapas) pelo número total de amostras, entre o mapa de uso atual e o de referência que foi o mapa de uso de 1995 sendo que o resultado foi de 0,80 ou 80%. Este valor não está dentro do patamar estabelecido por Congalton e Green (2008), que estabelecem como aceitável 85%.

Figura 2 - Representação do mapa da estimativa de perda de solo para uso do ano de 1995



Fonte: Barros, P.P.S. et al. (2014).

Figura 3 - Representação do mapa da estimativa de perda de solo para uso atual



Fonte: Barros, P.P.S. et al. (2014).



Para estes autores, para uma análise mais detalhada deve-se proceder o cálculo de exatidão do produtor e do usuário. Ao observar a tabela 6 notamos que o valor para a classe de perda de solo entre 0 e 20 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> na coluna de exatidão do produtor é de 77,83%. No entanto, quando se observa a exatidão do usuário na coluna ao lado, pode-se afirmar que em apenas 64,31% das vezes em que o mapa de uso de 1995 (mapa de referência) indica que uma área pertence à categoria de perda de solo 0 a 20 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, ela realmente corresponderá a verdade posicional no mapa de uso atual 2010 (mapa validado).

Tabela 6 - Exatidão do produtor e exatidão do usuário

Classes (Mg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	Exatidão Produtor (%)	Exatidão do Usuário (%)
0-20	77,83	64,31
20-50	52,45	76,20
50-100	74,02	88,59
>100	85,97	89,89

Fonte: Barros, P. P. S. et al. (2014).

O valor mais baixo de exatidão do produtor foi para a classe 20 a 50 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, com 52,45%, indicando que há uma diferença acentuada entre os dois mapas nessa classe apesar de 76,20% das vezes os pixels estarem na mesma posição como indica a exatidão do usuário. O que corroboram a redução da perda de solo em 2010 também para as classes de 50 a 100 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>

e maior que 100 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> quando comparadas com 1995.

Ao se observar os resultados obtidos pode-se afirmar que eles comprovam o aumento de área da classe 0 a 20 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> que apresenta alto valor de exatidão produtor quando comparado com as classes 20 a 50 e 50 a 100 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> que tiveram valores mais baixos, mostrando que essas classes perderam área. A classe maior que 100 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> teve exatidão do produtor maior do que a classe 0 a 20 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> por ter perdido menos área do que as outras. Enquanto que na coluna de exatidão do usuário os valores mostram que houve um rearranjo dos pixels na classe 0 a 20 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, e das classes 20 a 50, 50 a 100 e maior que 100 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> os pixels foram poucos alterados de sua posição.

## Conclusão

As áreas de cana-de-açúcar não apresentaram aumento expressivo nesses quinze anos (1995-2010), porém foi observada uma redistribuição das áreas para esta cultura. As maiores diferenças no uso da terra da MHC foram relacionadas ao expressivo aumento da área de pastagem e com a diminuição de área de pasto sujo e culturas anuais.

O mapa de uso atual obteve perda de solo menor que o mapa de uso de 1995 apesar da expansão agrícola. O maior decréscimo de perda de solo ocorreu para as classes de 20 a 50 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> e 50 a 100 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> do mapa de uso atual em comparação a 1995.

## Referências

ALATORRE, L.; BEGUERIA, S. Identification of eroded areas using remote sensing in a badlands landscape on marls in the central Spanish Pyrenees. 2. ed. **Catena**, Amsterdam, v. 76, n. 3, p. 182-190, 2009.

BAKKER, M. M.; GOVERS M.; KOSMAS, G.; VANACKER, C.; OOST, V.; ROUNSEVELL, V. Soil erosion as a driver of land-use change. Agriculture, **Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 105, p. 467-481, 2005. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880904002002>>. Acesso em: 28 out. 2012.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 6. ed. São Paulo: Ícone, 2008. 355 p.

CÂMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J. SPRING: integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modeling. **Computers and Graphics**, New York, v. 20, n. 3, p. 395-403, May/June 1996. Disponível em: <[http://pdf.aminer.org/000/306/098/modelling\\_data\\_integration\\_in\\_an\\_object\\_based\\_geographical\\_information\\_system.pdf](http://pdf.aminer.org/000/306/098/modelling_data_integration_in_an_object_based_geographical_information_system.pdf)>. Acesso em: 28 out. 2012.

CONGALTON, R. G.; GREEN, K. **Assessing the accuracy of remote sensing data: principles and practice**. 2<sup>nd</sup> ed. Boca Raton: CRC Press; Francis and Taylor Group, 2008.

FIORIO, P. R.; DEMATTÊ, J. A.; MELEM JÚNIOR, N. J.; MAZZA, A. M. Potencialidade do uso da terra na microbacia hidrográfica do córrego do Ceveiro na região de Piracicaba. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, p. 1273-1280, 1999. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-90161999000500032&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-90161999000500032&script=sci_arttext)>. Acesso em: 28 out. 2012.

FIORIO, P. R.; DEMATTÊ, J. A. M.; SPAROVEK, G. Cronologia do uso da terra seu impacto ambiental na microbacia hidrográfica do córrego do Ceveiro, Piracicaba (SP). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 4, p. 671-679, 2000. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-204X2000000400001&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-204X2000000400001&script=sci_arttext)>. Acesso em: 28 out. 2012.

GAREN, D.; GETER, F. A user agency's view of hydrologic, soil erosion and water quality modelling. **Catena**, Amsterdam v. 37, n. 3-4, p. 277-289, 1999. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.177.3194&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 28 out. 2012.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. Degradação ambiental. In: CUNHA S. B. (Org.). **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. p. 337-379.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, Arlington, v. 33, n. 1, p. 159-174, 1977.

LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W. C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com as perdas de solo em Campinas (SP). **Bragantia**, Campinas, n. 2, 1992. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0006-87051992000200009&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0006-87051992000200009&script=sci_arttext)>. Acesso em: 11 ago. 11.

MACHADO, E. C.; PEREIRA, A. R.; FAHL, J. I.; ARRUDA, H. V.; CIONE, J. Índices biométricos de duas variedades de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 17, n.9, p.1323-1329, 1982.

MITASOVA, H.; HOFIERKA, J.; ZLOCHA, M.; IVERSON, L.R. Modeling topographic potential for erosion and deposition using GIS. **International Journal of Geographical Information Systems**, 1996. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.29.4226&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 28 out. 2012.

PRUSKI, F. F. (Ed.). **Conservação do solo e água**: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica. Viçosa: UFV, 2006. 240p.

SANTOS, C. A. G.; SUZUKI, K.; WATANABE, M.; SRINIVASAN, V. S. Influência do tipo da cobertura vegetal sobre a erosão no semiárido paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 92–96, 2000. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v4n1/v4n1a17.pdf>>. Acesso em: 28 out. 2012.

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, p. 801-814, 2008. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S010006832008000200034&lng=en&nr m=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010006832008000200034&lng=en&nr m=iso)>. Acesso em: 28 out. 2012.

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