

Boletim de Pesquisa 20 e Desenvolvimento

ISSN 1806-3322
Dezembro, 2011

Valoração ambiental de serviço ecossistêmico da perda de solo no Município de Araras, SP



ISSN 1806-3322
Dezembro, 2011

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Monitoramento por Satélite
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento20

Valoração ambiental de serviço ecossistêmico da perda de solo no Município de Araras, SP

Sérgio Gomes Tôsto
Lauro Charlet Pereira
João Alfredo de Carvalho Mangabeira
João Paulo de Carvalho

Embrapa Monitoramento por Satélite
Campinas, SP
2011

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Monitoramento por Satélite
Av. Soldado Passarinho, 303 – Fazenda Chapadão
CEP 13070-115 Campinas, SP
Telefone: (19) 3211-6200
Fax: (19) 3211-6222
www.cnpm.embrapa.br
sac@cpnm.embrapa.br

Comitê Local de Publicações

Presidente: *Cristina Criscuolo*

Secretária-Executiva: *Shirley Soares da Silva*

Membros: *Bibiana Teixeira de Almeida, Daniel de Castro Victoria, Davi de Oliveira Custódio, Graziella Galinari, Luciane Dourado e Vera Viana dos Santos*

Supervisor editorial: *Cristina Criscuolo*

Revisor de texto: *Bibiana Teixeira de Almeida*

Normalização bibliográfica: *Vera Viana dos Santos*

Diagramação eletrônica: *Shirley Soares da Silva*

Foto(s) da capa: *Sérgio Gomes Tôsto* (Foto principal: Plantio de cana-de-açúcar com colheita mecanizada);
Editora Horizonte, São Paulo (Foto destaque: Colheita de cana-de-açúcar com o uso da queimada)

1ª edição

1ª impressão (2011): versão digital.

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) Embrapa Monitoramento por Satélite

Tôsto, Sérgio Gomes

Valoração ambiental de serviço ecossistêmico da perda de solo no Município de Araras, SP / Sérgio Gomes Tôsto, Lauro Charlet Pereira, João Alfredo de Carvalho Mangabeira, João Paulo de Carvalho. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2011.

23 p.: il. (Embrapa Monitoramento por Satélite. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 20). ISSN 1806-3322.

1. Economia do ambiente. 2. Equação universal de perda de solos. 3. Erosão do solo. I. Pereira, Lauro Charlet. II. Mangabeira, João Alfredo de Carvalho. III. Carvalho, João Paulo de. IV. Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento por Satélite (Campinas, SP). V. Título. VI. Série.

CDD 631.45

© Embrapa, 2011

Sumário

Resumo	4
Abstract	5
Introdução.....	6
Material e Métodos	8
Resultados e Discussão	14
Conclusões.....	19
Referências	20

Valoração ambiental de serviço ecossistêmico da perda de solo no Município de Araras, SP

*Sérgio Gomes Tôsto*¹

*Lauro Charlet Pereira*²

*João Alfredo de Carvalho Mangabeira*³

*João Paulo de Carvalho*⁴

Resumo

O setor agropecuário é responsável por produzir grande quantidade de alimentos e de fibras. O uso de tecnologias inadequadas nesse setor tem ocasionado uma série de efeitos indesejáveis no sistema produtivo. Uma das formas de degradação ambiental em terras brasileiras é a erosão hídrica, considerada a mais importante, que tem causado graves prejuízos tanto em áreas agrícolas quanto nas cidades. Este trabalho foi realizado no Município de Araras, SP, e teve como objetivo valorar monetariamente as perdas de solos em termos de nutrientes perdidos para os usos e as ocupações das terras no espaço rural desse município. Utilizou-se a equação universal de perda de solo para quantificar a perda de solo e o método do custo de reposição para valorar os nutrientes perdidos. Os resultados mostram que a taxa de erosão da cana-de-açúcar queimada é 3,8 vezes superior à da cana-de-açúcar mecanizada, e o custo para a reposição de nutrientes perdidos foi de R\$ 19,47 para a cana-de-açúcar mecanizada e de R\$ 73,98 para a cana-de-açúcar queimada. Conclui-se que o método de cálculo da taxa de erosão pode ser um instrumental útil para a avaliação da sustentabilidade ambiental das atividades agrícolas.

Termos para indexação: Equação universal de perda de solos, economia ambiental, método de reposição.

¹ Engenheiro Agrônomo, Doutor em Desenvolvimento, Espaço e Meio Ambiente, pesquisador na Embrapa Monitoramento por Satélite, sgtosto@cnpm.embrapa.br

² Engenheiro Agrônomo, Doutor em Planejamento e Desenvolvimento Rural Sustentável, Pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, lauro@cnpm.embrapa.br

³ Engenheiro Agrônomo, Doutor em Desenvolvimento, Espaço e Meio Ambiente, pesquisador na Embrapa Monitoramento por Satélite, manga@cnpm.embrapa.br

⁴ Técnico de apoio à pesquisa do Instituto Agronômico de Campinas – IAC, jotape@iac.sp.gov.br

Environmental valuation of ecosystemic services involved in the loss of soil at Araras, SP, Brazil

Abstract

The agricultural sector is responsible for producing a large amount of food and fiber. The use of inappropriate technologies in this sector has led to a series of undesirable effects to the production system. One of the forms of environmental degradation in the Brazilian territory is erosion, which is considered the most important one and which has caused serious losses, both in agricultural and in urban areas. This work was conducted at the Municipality of Araras, SP, and aimed at monetarily valuing soil losses in terms of nutrients lost for the use and occupation of land in rural areas at Araras. We used the universal soil loss equation to quantify soil loss, and the replacement cost method to value nutrient loss. The results show that the erosion rate for burned sugarcane is 3.8 times that of mechanized sugarcane, and the cost of replacement of lost nutrients was of R\$ 19.47 for mechanized sugarcane and of R\$ 73.98 for burned sugarcane. We concluded that the method of calculating erosion rate can.

Index terms: Universal soil loss equation, environmental economics, replacement method.

Introdução

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

O setor agropecuário é responsável por produzir grande quantidade de alimentos e de fibras, e dado o uso de tecnologias inadequadas, tem ocasionado uma série de efeitos indesejáveis ao meio ambiente. O solo é ainda o recurso natural mais intensivamente utilizado para a produção de alimentos e fibras, e a exploração agropecuária realizada sem o conhecimento adequado dos fundamentos conservacionistas tem criado problemas socioeconômicos e ambientais. Em terras brasileiras, a erosão hídrica é a mais importante e tem causado graves prejuízos, tanto em áreas agrícolas quanto nas cidades. O fenômeno da erosão hídrica caracteriza-se pelo desprendimento e arraste de partículas de solo decorrentes da ação das chuvas. Bertoni e Lombardi Neto (1995) citam que os primeiros trabalhos voltados à predição de perdas de solo datam de 1940, na região do Corn Belt, nos Estados Unidos. Posteriormente, outros trabalhos permitiram novos progressos e adaptações no método (SMITH, 1941; BROWNING et al., 1947; ZINGG, 1950). No Brasil, os trabalhos iniciais sobre a equação universal de perdas de solos – EUPS – foram desenvolvidos por Bertoni et al. (1975) para as condições do Estado de São Paulo. A partir de então, autores como Cavalcanti (1995), Crosson (1997) e Tôsto (2010) vêm utilizando essa equação para avaliar as perdas de solo e, também, como guia para o planejamento de uso das terras.

A erosão do solo coloca um desafio à sustentabilidade da produção agrícola. Como a erosão é um fenômeno universal e está condicionada a diversos fatores ambientais e antrópicos, reconhece-se a necessidade

de se fazer estimativas locais ou regionais para que sejam tomadas providências compatíveis com os objetivos de sustentabilidade da agricultura.

Embora seja relevante o conhecimento das perdas físicas do solo para uma determinada área, sabe-se que as estimativas econômicas são indicadores importantes no processo de tomada de decisão por parte dos agricultores e dos formuladores de políticas agrícolas e ambientais.

Como o processo de erosão causa um custo implícito no processo de produção agrícola, torna-se necessário utilizar técnicas e métodos que possam mostrar esses valores. Entre os métodos mais utilizados para o cálculo do custo associado à erosão do solo está o método do custo de reposição dos nutrientes perdidos, que considera que as perdas de nutrientes levam a reduções na produtividade que podem ser evitadas pela sua reposição. Contudo, a reposição, por meio de fertilizantes industrializados – sulfato de amônia, superfosfato, cloreto de potássio, entre outros –, resulta em custos adicionais incorridos pelos produtores. Vários autores têm utilizado o método do custo de reposição de nutrientes para dar valor à erosão agrícola em diferentes níveis de abrangência – estado (SORRENSON; MONTOYA, 1989; BASTOS FILHO, 1995), bacias hidrográficas (MARQUES, 2002); MICHELLON, 2002; TÔSTO, 2010) – ou simultaneamente no nível de propriedades rurais e bacias hidrográficas (KIM; DIXON, 1987).

O objetivo deste trabalho foi estimar a perda de solos, bem como estimar monetariamente a perda de nutrientes pela erosão considerando dois tipos de manejos na cultura de cana-de-açúcar – corte com queima e corte mecanizado – no Município de Araras, SP. Os resultados obtidos podem subsidiar a elaboração de políticas públicas conservacionistas de solos.

Material e Métodos

Caracterização da área de estudo

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.

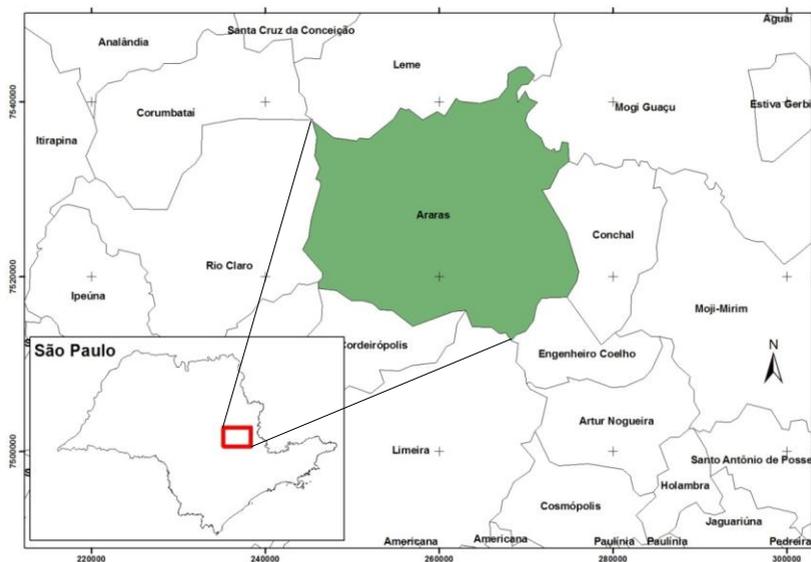


Figura 1. Localização do Município de Araras, SP.

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).

Método para obtenção das perdas de solo

As taxas de perda de solo na área de estudo foram estimadas, a partir do modelo USLE – Universal Soil Loss Equation (WISCHMEIER; SMITH, 1978) –, também conhecido por equação universal de perda de solo, que foi adaptada para uso nas condições brasileiras por Bertoni e Lombardi (1999). 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-se uma série de observações de 20 anos ou mais (WISCHMEIER; 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 $\text{Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$.

R = Fator erosividade da precipitação e da enxurrada, em $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. A erosividade foi calculada utilizando-se o modelo proposto por Lombardi Neto e Moldenhauer (1992) e os registros pluviométricos mantidos pelo Instituto Agrônômico de Campinas (IAC), adotando-se então o valor de $R = 6.828$.

K = Fator erodibilidade do solo, definido pela intensidade de erosão por unidade de índice erosivo 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 25 m, em $\text{Mg ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$. Para a estimativa do fator K foram utilizados os valores calculados para as principais classes de solo do Estado de São Paulo, conforme Bertoni e Lombardi Neto (1999). Para o Município de Araras, calculou-se a média ponderada do fator K para as classes de solos do município e obteve-se o valor de $K = 0,0250$.

L = Fator comprimento da encosta, definido pela relação de perdas de solo entre uma encosta com um comprimento qualquer e uma encosta com 25 m 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.

LS = Fator topográfico que resulta da composição do grau de inclinação e do comprimento de rampa. O valor encontrado foi de 1,35 (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999).

C = Fator de cobertura e manejo da cultura, definido pela relação de perdas de solo entre um terreno cultivado em determinadas condições e um terreno mantido continuamente descoberto em condições semelhantes àquelas em que o fator K é avaliado, adimensional.

Os valores de C foram aqueles calculados por Bertoni e Lombardi Neto (1999). Para a colheita de cana-de-açúcar queimada usou-se o valor de $C = 0,07540$ e, para o manejo da cana-de-açúcar com corte mecanizado, $C = 0,03770$.

P = Fator prática de controle de erosão, relação de perdas de solo entre um terreno cultivado com determinada prática e as perdas quando planta-se morro abaixo, adimensional. O fator P refere-se às práticas conservacionistas utilizadas no plantio da cana-de-açúcar, tais como plantio em contorno, terraceamento, cultivo alternado e faixa de retenção, e está relacionado ao fator de declividade da área. Os valores de P foram obtidos utilizando-se a fórmula desenvolvida por Bertoni e Lombardi Neto (1999) e Wischmeier e Smith (1978), de acordo com a expressão $P = 0,69947 - 0,08911 * S + 0,01184 * S^2 - 0,000335 * S^3$, onde S é a declividade em porcentagem.

Método do custo de reposição

O método do custo de reposição (MCR) apresenta uma das ideias básicas quando se pensa em prejuízo, isto é, a reparação de um dano provocado. Assim, o MCR baseia-se no custo de reposição ou restauração de um bem danificado e entende esse custo como uma medida do seu benefício (PEARCE; TURNER, 1993). Para esse autor, o MCR é frequentemente utilizado como medida do dano causado. Essa abordagem é correta nas situações em que é possível argumentar que a reparação do dano deve acontecer por causa de alguma outra restrição. Outra situação de aplicação válida da abordagem do custo de reposição é quando se configura uma restrição total a não permitir um declínio na qualidade ambiental. É o que se chama de “restrição à sustentabilidade”. Sob essas condições, os custos de reposição apresentam-se como uma primeira aproximação dos benefícios ou do dano (PEARCE; TURNER, 1993).

A operacionalização desse método é feita pela agregação dos gastos efetuados na reparação dos efeitos negativos provocados por algum distúrbio na qualidade ambiental de um recurso utilizado numa função de produção. Neste caso, os gastos com todo o processo de recuperação do bem, ou do serviço ambiental, servem como medida aproximada do benefício que a sociedade auferir por ter um determinado recurso.

Existem várias aproximações para a estimação do valor econômico da erosão, sendo a mais comum delas a mensuração dos custos de reposição dos nutrientes perdidos via aplicação de fertilizantes industrializados. A aplicação do método do custo de reposição de nutrientes¹, cuja ideia básica é a quantificação das perdas de nutrientes usando como parâmetro a equivalência de preços de fertilizantes encontrados no mercado, envolve quatro procedimentos:

- i. quantificação das perdas de solo por cultura;
- ii. identificação da quantidade de nutrientes carregada pelo processo erosivo (nitrogênio – N, fósforo – P, potássio – K, cálcio e magnésio – Ca + Mg);
- iii. conversão da quantidade de nutrientes em equivalentes de fertilizantes necessários para repor a fertilidade do solo (sulfato de amônia, superfosfato simples, cloreto de potássio e calcário dolomítico);
- iv. mensuração dos custos de aplicação dos fertilizantes.

No presente trabalho, utilizou-se uma adaptação do método do custo de reposição dos nutrientes proposto por Marques (1995), complementado pelo custo de aplicação dos fertilizantes, que visa atribuir valor monetário aos impactos relacionados à erosão do solo nos dois sistemas de manejos considerados, conforme a formulação abaixo.

¹ Para saber mais detalhes sobre o método do custo de reposição de nutrientes, ver, entre outros, Marques (1995).

Valor econômico de perda de solo agrícola = $\sum_{i=1}^n (Q_n * P_n)^n + Caf$,
onde:

Q_n = Quantidade de nutrientes necessários para reposição da fertilidade do solo;

P_n = Preço de mercado de cada fertilizante industrializado;

Caf = Custo de aplicação dos fertilizantes (transporte e aplicação).

O uso de geotecnologia

O uso de sistema de informação geográfica (SIG) possibilitou o desenvolvimento de um mapeamento do uso e da cobertura dos solos, que foi elaborado 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 possibilitou a determinação das áreas com colheita de cana-de-açúcar mecanizada e áreas com colheita com o uso de fogo, além dos outros tipos de cultivos.

O mapa de solos do Município de Araras foi derivado do mapa pedológico do Estado de São Paulo (OLIVEIRA et al., 1982). A integração 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 cultivo da cana-de-açúcar com colheita mecanizada e colheita com o uso de fogo.

Resultados e discussão

Com o conjunto de dados e informações gerado foi possível estimar as taxas de perdas de solos para os dois sistemas de cultivos da cana-de-açúcar adotados no município. No sistema mecanizado, a taxa de perda de solos foi de $3,95 \text{ T ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ e, para o manejo com corte mecanizado, a taxa de erosão do solo foi da ordem de $14,88 \text{ T ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, ou seja, cerca de 3,76 vezes menor (Tabela 1). Isso significa que o sistema de corte mecanizado oferece maior proteção ao solo, menor taxa de erosão, maior ganho econômico dado o menor custo de produção e maior proteção ambiental.

Tabela 1. Taxa de perda de solo nos dois sistemas de cultivos.

Uso da terra	Taxa de perda de solos ($\text{T ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$)
Cana-de-açúcar mecanizada	3,95
Cana-de-açúcar queimada	14,88

Além dos benefícios econômicos, a incorporação da palhada com o uso da colheita mecanizada influencia a interceptação das águas da chuva ao atenuar seu impacto no solo. Essa cobertura vegetal atua diretamente na produção de matéria orgânica, que afeta a agregação das partículas do solo que formam e estabilizam os agregados. Vários trabalhos, como Bertol e Almeida (2000), Lopes e Levien (1987) e Amado et al. (1989), têm demonstrado esse efeito, evidenciado pelo fato de que um solo com aproximadamente 20% de sua superfície coberta pode reduzir em até 60% as perdas por erosão em comparação às perdas totais de um solos descoberto. A manutenção da palhada da cana-de-açúcar na superfície do solo contribui efetivamente para o controle da erosão hídrica, conforme mencionam Thompson et al. (2001) e Bezerra e Cantalice (2006).

Solos, água e ar são três recursos naturais básicos dos quais depende a maior parte da vida. O balanço entre viabilidade econômica e destruição em geral está sujeito ao manejo da base de recursos de solos. A história tem mostrado repetidamente que o manejo inadequado pode resultar em pobreza, malnutrição e desastre econômico mesmo em países com políticas de proteção local e global, por conta dos processos de erosão, acidificação, salinização, perdas de nutrientes, perdas de propriedades de cultivo e de propriedades biológicas e acúmulo de material tóxico (SORRENSON; MONTOYA, 1989).

Numa análise mais ampla, observou-se que a área de cultivo mecanizado, mesmo possuindo extensão quase três vezes maior que a extensão da área que utiliza a queima, apresentou valores de perdas, tanto de solos quanto de nutrientes (N, P, K, Ca + Mg), cerca de 35% menores (Tabela 2).

Tabela 2. Perda total de solo e de nutrientes, nos dois tipos de uso das terras.

Uso da terra	Área (ha)	Perda solo t ha ⁻¹ ano ⁻¹	Perda N t ano ⁻¹	Perda P t ano ⁻¹	Perda K t ano ⁻¹	Perda Ca + Mg t ano ⁻¹
Cana mecanizada	25.472	100,77	97,50	2,67	10,15	95,60
Cana queimada	9.099	135,40	131,00	3,58	13,61	128,46

O passo seguinte do trabalho resultou na conversão das quantidades perdidas de nutrientes em equivalentes de fertilizantes. Isso foi feito utilizando-se a seguinte equação e o índice de equivalência fornecido por Bellinazzi Júnior et al. (1981)²:

² Conforme Bellinazzi Júnior et al. (1981), são necessários 5 kg de sulfato de amônia para repor 1 kg de nitrogênio, 5,56 kg de superfosfato simples para 1 kg de fósforo, 1,72 kg de cloreto de potássio para 1 kg de potássio e 2,63 kg de calcário dolomítico para repor 1 kg de cálcio+magnésio.

$$QF_i = \sum_{i=1}^n NS_j * TF_i$$

onde:

QF_i = quantidade correspondente de fertilizantes (t);

NS_j = teor médio do j-ésimo nutriente perdido nos solos da bacia (t);

TF_i = índice de equivalência entre nutrientes e fertilizantes.

Inicialmente calcularam-se as quantidades de fertilizantes necessárias para repor a fertilidade do solo, perdida no processo de erosão no município. Em seguida, com base nos preços de mercado dos fertilizantes considerados (sulfato de amônia, superfosfato simples, cloreto de potássio e calcário dolomítico)³, foi possível conhecer o custo monetário de aquisição dos fertilizantes necessários (Tabelas 3 e 4).

Tabela 3. Quantidades de fertilizantes necessárias para a reposição dos nutrientes perdidos (kg).

Uso da terra	Sulfato de amônia	Superfosfato simples	Cloreto de potássio	Calcário dolomítico
Cana mecanizada	487,48	14,79	17,43	251,44
Cana queimada	655,04	19,88	23,42	337,86

³ Os dados de preço dos fertilizantes foram retirados da base de dados do Instituto de Economia Agrícola (IEA) e correspondem à média dos preços pagos pela agricultura. Os dados encontram-se disponíveis em <http://www.iea.sp.gov.br/out/banco/menu.php> (pesquisa realizada em 11/08/2011).

Tabela 4. Preço médio dos fertilizantes.

Fertilizante	Preço médio (R\$ T ⁻¹)
Sulfato de amônia	832,79
Superfosfato simples	650,80
Cloreto de potássio	1.083,67
Calcário dolomítico	31,25

Fonte: IEA (2011).

A etapa final de aplicação do método consistiu em agregar ao custo monetário calculado o custo de aplicação dos fertilizantes. Estes custos foram obtidos a partir do relatório do Projeto ECOAGRI4. As Tabelas 5 e 6, respectivamente, apresentam os custos de fertilizantes e os custos de sua aplicação para a reposição da fertilidade do solo.

Tabelas 5 e 6, respectivamente, apresentam os custos de fertilizantes e os custos de sua aplicação para a reposição da fertilidade do solo.

Tabela 5. Custo de fertilizantes.

Uso da terra	Sulfato de amônia	Superfosfato simples	Cloreto de potássio	Calcário dolomítico
Cana mecanizada	405.968,47	9.625,33	18.888,37	7.857,50
Cana queimada	545.510,76	12.937,90	25.379,55	10.558,13

⁴ Projeto ECOAGRI – Diagnóstico da Agricultura no Estado de São Paulo: bases para um Desenvolvimento Rural Sustentável –, financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP, processo número 2002/06685-0).

Tabela 6. Custo de aplicação dos fertilizantes.

Uso da terra	Sulfato de amônia	Superfosfato simples	Cloreto de potássio	Calcário dolomítico
Cana mecanizada	20.471,38	621,40	732,09	32.382,89
Cana queimada	26.301,77	798,38	940,60	41.605,77

O custo total de reposição de fertilizantes (despesas com fertilizantes e aplicações) na área de cana queimada, conforme mostra a Tabela 7, foi cerca de 35% superior ao valor total encontrado para a cana mecanizada. Isto demonstra que a prática da queima não só favorece o indesejável processo erosivo, com forte perda de solos e nutrientes, mas também eleva o custo de produção, além de contribuir para o comprometimento da qualidade ambiental do município.

Tabela 7. Estimativa do custo de reposição de fertilizantes.

Uso da terra	Sulfato de amônia	Superfosfato simples	Cloreto de potássio	Calcário dolomítico	Total (R\$)
Cana mecanizada	426.439,85	10.246,73	19.620,46	40.240,39	496.547,43
Cana queimada	571.812,57	13.736,28	26.320,15	52.163,90	664.032,90

A diferença entre os custos de reposição de fertilizantes, para os dois tipos de cultivos de cana-de-açúcar, ficou mais evidenciada quando fez-se o cálculo das despesas por hectare, visto que os valores encontrados foram de R\$ 19,49 para a cana mecanizada e de R\$ 72,98 para a cana queimada, o que representa um custo 3,8 maior para este sistema de manejo (Tabela 8).

Tabela 8. Estimativa do custo de reposição de fertilizante (custos dos fertilizantes + custos de aplicação).

Uso da terra	Custo de reposição de nutrientes (R\$ ha-1)
Cana-de-açúcar mecanizada	19,49
Cana-de-açúcar queimada	72,98

Fonte: dados gerados pela pesquisa.

Conclusões

- a) A valoração dos recursos naturais pode constituir-se num fator relevante para a gestão eficiente do espaço rural, sobretudo no que tange à sustentabilidade, à qualidade ambiental e ao balanço econômico das atividades agrícolas).
- b) Entre os dois sistemas de cultivos estudados, o sistema de colheita mecanizada foi o que apresentou menor custo monetário.
- c) As estimativas apresentadas (taxas de perdas de solo e custos de reposição) podem servir como parâmetros tanto para tomadas de decisão com vistas à adoção de práticas conservacionistas quanto para subsidiar planos de uso sustentáveis na propriedade agrícola.
- d) O trabalho pautou-se nos princípios da Economia Ambiental e, com isso, seus resultados refletem apenas parcialmente os danos ambientais. Recomenda-se, portanto, a realização de estudos adicionais tanto para ampliar a valoração de outros serviços ecossistêmicos da perda de solos quanto para criar métodos que contemplem simultaneamente os aspectos sociais, ecológicos e institucionais e que sejam direcionados para o planejamento e a gestão ambiental, além do subsídio a políticas públicas globais.

Referência

- AMADO, T. J. C.; COGO, N. P.; LEVIEN, R. Eficácia relativa do manejo do resíduo cultural de soja na redução das perdas de solo por erosão hídrica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 13, n. 2. p. 251-257, 1989.
- ANGELOCCI, L. R.; PEREIRA, A. R.; SENPELHAS, P. L. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002.
- BASTOS FILHO, G. S. **Contabilizando a erosão do solo: um ajuste ambiental para o produto agropecuário paulista**. 1995. 127 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- BELLINAZZI JUNIOR, R.; BERTONI, D.; LOMBARDI NETO, F. A ocorrência de erosão rural no Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO SOBRE O CONTROLE DA EROSIÃO, 2., 1981, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABGE, 1981. p. 117-137.
- BERTOL, L.; ALMEIDA, J. A. Tolerância de perdas de solo por erosão para os principais solos do Estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 657-668, 2000.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F.; BENATTI JÚNIOR, R. **Equação de perdas de solo**. Campinas, SP: Instituto Agrônomo, 1975. 25 p. (Boletim Técnico, 21).
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **A conservação do solo**. 3. ed. São Paulo: Ícone, 1999. 355 p.
- BEZERRA, S. A.; CANTALICE, J. R. B. Erosão entressulcos em diferentes condições de cobertura vegetal de solo, sob cultivo da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 565-573, 2006.
- BROWNING, G. M.; PARISH, C. L.; GLASS, J. A. A method for determining the use and limitation of rotation and conservation practices in control of soil erosion in Iowa. **Journal of the American Society of Agronomy**, Winsconsin, v. 39, p. 65-73, 1947.

CAVALCANTI, J. E. A. Impactos econômicos das perdas de solo no Vale do Rio São Francisco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 33., 1995, Curitiba. **Anais...** Curitiba: SOBER, 1995. v. 2. p. 1097-1103.

CROSSON, P. Will erosion threaten agricultural productivity? **Environmental**, v. 39, n. 8, p. 4-31, 1997.

IEA. Instituto de Economia Agrícola. **Banco de dados**. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/banco/menu.php>>. Acesso em: 11 ag. 2011.

KIM, S. H.; DIXON, J. A. **Economic valuation techniques for the environment: a case study workbook**. Baltimore: The Johns Hopkins University, 2003. 1987 p.

LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W. C. **Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com perdas de solo em Campinas, SP**. **Bragantia**, Campinas, v. 51, n. 2, p. 189-196, 1992.

LOPES, P. R. C.; LEVIEN, R. Eficácia relativa de tipos e quantidades de resíduos culturais espalhados uniformemente sobre o solo na redução da erosão hídrica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 11, p. 71-75, 1987.

MAGINI, C.; CHAGAS, R. L. Microzoneamento e diagnóstico físico-químico do Ribeirão das Araras, Araras – SP. **Geociências**, v. 22, n. 2, 2008. Disponível em: <http://drifte.rc.unesp.br/revistageociencias/22_2/8.pdf>. Acesso em: 18 fev. 2003.

MARQUES J. F. Custos da erosão do solo devido aos seus efeitos internos e externos à área de produção agrícola. **Revista Brasileira de Economia e Sociologia Rural**, v, 36, n. 1 jan./fev./mar. 2002.

MARQUES, J. F. **Efeitos da degradação do solo na geração de energia elétrica: uma abordagem da economia ambiental**. 1995. 257 f. Tese (Doutorado em Economia) - Universidade de São Paulo, São Paulo.

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

MICHELLON, E. **Políticas públicas, mercados de terras e o meio ambiente: uma análise a partir do Paraná.** 2002. 191 f. Tese (Doutorado em Economia) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Economia, Campinas.

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. 180 p.

PEARCE, D. W.; TURNER, R. K. **Economics of natural resources and the environment.** London: Harvester/Wheatsheaf, 1993.

SENTELHAS, P. C.; NUNES, L. H.; PEREZ A. **CEPAGRI.** Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_038.html> Acesso em: 10 out. 2009.

SMITH, D. D. Interpretation of soil conservation data for Field use. **Agricultural Engineering**, St. Joseph, v. 22, p. 173-175, 1941.

SORRENSON, W. J.; MONTOYA, L. J. Implicações econômicas da erosão do solo e do uso de algumas práticas conservacionistas no Paraná. Londrina: IAPAR, 1989. 110 p. (Boletim Técnico, 21).

THOMPSON, A. L.; GHIDEY, F.; REDMI, T. P. Raindrop energy effects on chemical and sediment transport. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 44, n. 4, p.835-841, 2001.

TÔSTO, S. G **Sustentabilidade e valoração de serviços ecossistêmicos no espaço rural do Município de Araras, SP.** 2010. 217 f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Economia, Campinas.

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

ZINGG, A. W. Degree and length of land slope as it affects soil loss in runoff. **Agriculture Engineering**, St. Joseph, v. 21, p. 59-64, 1950.



Monitoramento por Satélite

Ministério da
**Agricultura, Pecuária
e Abastecimento**

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO E PAÍS SEM POBREZA