

**CUSTOS ECONÔMICOS DA EROSÃO: Bacia dos Rios Pardo-Mogi\*.**

MARQUES, J. F. 1 ; JENNER, F. M. L.2.; ROMERO, A. R.3; L OMBARDI NETO, F.2

1- Embrapa Meio Ambiente (marques@cnpma.embrapa.br)

2- Instituto Agronômico de Campinas (flombardi43@uol.com.br; jener@iac.gov.sp.br)

3- Universidade Estadual de Campinas (ademar@eco.unicamp.br)

\* Pesquisa realizada no âmbito do Projeto **ECOAGRI** financiado pela **FAPESP** Processo N. 02/06685-0

**RESUMO:** Os custos econômicos resultantes da erosão do solo acelerada na Bacia do Pardo-Mogi- SP foram determinados em três etapas. Na primeira etapa, foram calculadas as perdas de solo, em toneladas, por meio do uso da EUPS. Na segunda etapa foram calculadas as perdas de nutrientes carregados pela erosão laminar do solo agrícola e posteriormente foram estimadas as necessidades de reposição destes nutrientes, por meio da equivalência em fertilizantes, com vistas a repor os índices de fertilidade. Finalmente, foram calculados os custos econômicos ou os valores monetários associados aos custos de reposição dos nutrientes perdidos pelo processo erosivo a que está submetido o solo agrícola da Bacia do Pardo-Mogi. O custo econômico da degradação do solo a partir da abordagem do custo de reposição de nutrientes no solo, perdidos devido ao processo erosivo, na Bacia do Pardo-Mogi é composto dos custos referentes ao montante de fertilizantes equivalentes aos nutrientes perdidos e aos custos envolvidos nos processos de transporte e aplicação dos fertilizantes no solo. Os valores encontrados para a Bacia do Pardo Mogi, por volta de \$ 109,2 milhões de reais/ano, ou \$ 36,40 por hectare por ano, sugere que os gastos com a implantação de medidas como: uso mais adequado do solo, a adoção de práticas conservacionistas serão mais que compensados na medida em que provoquem a redução na erosão solo da bacia.

**PALAVRAS-CHAVE:** *erosão, custos econômicos, impactos econômico.*

**INTRODUÇÃO:** Os impactos econômicos da erosão do solo são complexos, podem ser divididos em duas categorias: custos "on site" e custos "off site". Dentre os custos "on site" está a redução potencial na fertilidade do solo. Esta redução pode ser causada pela queda nas taxas de infiltração de água no solo, redução na capacidade de armazenamento de água, queda na disponibilidade de nutrientes e na matéria orgânica, biota do solo e na profundidade do solo ( PIMENTEL et al., 1995). Estas perdas podem ser compensadas pelo aumento da aplicação de fertilizantes para repor os nutrientes perdidos, e, de fato, o aumento na aplicação de fertilizantes pode, inclusive, aumentar os rendimentos das culturas a despeito das taxas de erosão do solo. No entanto, se a erosão for muito "severa" reduções eventuais na produtividade são inevitáveis, independentemente, do montante de fertilizantes utilizados (REPPETO & CRUZ, 1991; PIMENTEL et al., 1993; ALFSEN et al. 1996). Entretanto, a relação entre o montante de solo erodido, as alterações na fertilidade do solo e a repercussão na produtividade das culturas é bastante complexa.

Muitas pesquisas continuam a se apoiar no uso do método do custo de reposição de nutrientes do solo, não obstante as limitações contidas nesta abordagem. (FRANCISCO & LOS ANGELES, 1998).

Os custo econômicos devido à erosão, estimados com base no método do custo de reposição de nutrientes do solo é um método que não obstante sua limitação tem sido amplamente utilizado. Os cálculos das perdas de solo, por meio do uso da EUPS, levam em conta os fatores relativos à erosividade da chuva, a erodibilidade do solo, o comprimento e grau de declive das rampas, o fator relacionado ao uso e manejo do solo e o fator associado às práticas conservacionistas.

**MATERIAL E MÉTODOS:** A área de estudo refere-se à Bacia Hidrográfica dos Rios Pardo e Mogi – SP. Trata-se de uma área com mais de três milhões de hectares ocupados pela agricultura e pecuária e de elevada importância econômica no Estado, destacando-se a cultura da cana-de-açúcar, pastagem, fruticultura e culturas anuais, principalmente. A área caracteriza -se por uma grande diversidade de solos, existindo desde os mais profundos, naturalmente férteis e de boa drenagem interna, até aqueles mais rasos, de baixa fertilidade natural e mal drenados. Mais de 88% da área coberta pela bacia hidrográfica é composta por solos do tipo latossolo vermelho (60%), Argissolo vermelho, Argissolo vermelho-amarelo (17%) e Latossolo vermelho-amarelo (11%). O relevo apresenta, grande

variação em toda a bacia. Para o caso do cálculo de perdas de solo, adotou-se Equação Universal de Perdas de Solo – EUPS (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1995),

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

em que:

A = perda de solo calculada por unidade de área (t/ha)

R = fator erosividade (MJ.mm/ha.h)

K = fator erodibilidade (Mg.h/MJ.mm)

L = fator comprimento do declive

S = fator grau de declive

C = fator uso e manejo

P = fator prática conservacionista

Os teores de nutrientes – nitrogênio, potássio, cálcio e magnésio - (OLIVEIRA, 1999) e fósforo (BELINAZZI JÚNIOR et al., 1981) - foram obtidos para o horizonte superficial dos solos predominantes na bacia. Foi calculado o teor médio de cada um dos nutrientes para os solos predominantes na bacia do Pardo-Mogi.

$$N_{sj} = \sum_{i=1}^4 PS * TM_i$$

Em que as variáveis (1) representam:

$N_{sj}$  = corresponde ao teor médio do j –ésimo nutriente perdido dos solos da bacia, em t;

PS = corresponde a perda de solo, em t;

$TN_i$  = corresponde à média do teor de nutrientes nos tipos de solo da bacia, em percentagem;

i = 1, nitrogênio

i = 2, fósforo

i = 3, potássio

i = 4, cálcio + magnésio

Com base nos teores médios de nutrientes nos solos e das taxas de erosão da Bacia do Pardo-Mogi foram realizadas estimativas das perdas dos macronutrientes devido ao processo erosivo, por tipo de uso e ocupação do solo.

Como requisito do método, fez-se o cálculo das necessidades de fertilizantes com vistas a repor os nutrientes carreados pela erosão do solo. Os fertilizantes (sulfato de amônia para nitrogênio, cloreto de potássio para o potássio, superfosfato simples para fósforo e calcário dolomítico para cálcio e magnésio) mais utilizados na região foram estimados segundo a formula:

$$QF_i = \sum_{j=1}^4 N_{sj} * TF_j$$

$QF_i$  = correspondente a quantidade equivalente de fertilizantes;

$N_{sj}$  = corresponde ao teor médio do j –ésimo nutriente perdido dos solos da bacia, em t;

$TF_i$  = índice de equivalência entre nutrientes e fertilizantes.

No presente estudo, o custo econômico da degradação do solo a partir da abordagem do custo de reposição de nutrientes no solo, perdidos devido ao processo erosivo, na Bacia do Pardo-Mogi é composto dos custos referentes ao montante de fertilizantes equivalentes aos nutrientes perdidos e aos custos envolvidos nos processos de transporte e

aplicação dos fertilizantes no solo. O custo de reposição dos nutrientes é um dos métodos utilizados para ao cálculo do valor econômico de danos ambientais (DIXON e HUFSCHEIDT, 1990).

O Custo Econômico da Erosão CEE do solo foi estimado pelo valor monetário dos nutrientes, em termos de equivalentes em fertilizantes, utilizando-se da seguinte fórmula:

$$CEE = \sum_{k=1}^4 (P_k \times F_k + SQ_k) \quad \text{Em que}$$

CEE = valor monetários dos fertilizantes, expressos em de reais, média mensal de 2005;

P<sub>k</sub> = preço dos fertilizantes, expressos em de reais, média mensal de 2005;

F<sub>k</sub> = quantidade dos fertilizantes, em toneladas;

SQ<sub>k</sub> = custo monetário dos serviços de transporte e de a aplicação dos fertilizantes nos solo da bacia, expressos em de reais, média mensal de 2005.

Assim, a mensuração física das perdas de solo e dos nutrientes nele contidos, bem como dos fertilizantes necessários à reposição das condições reprodutivas, constituem-se nas variáveis que devidamente calculadas atendem as premissas básicas do método. Embora seja um método que subestime os valores econômicos da erosão do solo agrícola, ele tem sido muito utilizado, dado ao seu fácil entendimento e também ao fato de que os valores econômicos encontrados são relativamente expressivos ao fenômeno estudado. O cálculo econômico de reposição dos nutrientes do solo foi feito a partir das perdas de solo, por erosão, obtidas por meio da Equação Universal de Perdas de Solo. Estas perdas de solo foram transformadas em perdas de nutrientes pela relação existente entre os solos e seus teores de nutrientes perdidos, para o Estado de São Paulo. Posteriormente, foram feitas as conversões relativas aos nutrientes perdidos em fertilizantes e, finalmente, estimou-se o custo total destes fertilizantes para a quadrícula com base nos montantes de fertilizantes perdidos e nos seus respectivos preços de mercado.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Os resultados obtidos, por tipo de uso e ocupação do solo, para a Bacia do Pardo-Mogi mostram que as áreas ocupadas por cana-de-açúcar (54%) e por pastagem (13%) respondem por 67 % da área ocupada pela agricultura e pecuária e por volta de 85% de toda a perda de solo da bacia. Este resultado é revelador da importância da cana-de-açúcar tanto sob a ótica da produção quanto dos impactos ambientais sobre o solo da Bacia e do entorno.

Tabela 1. Custo Econômico da Erosão do solo na Bacia do Pardo-Mogi, fertilizantes e serviços de aplicação, em R\$1,00

Bacia do Pardo-Mogi	Sulfato Amônia	Superfosfato Simples	Cloreto Potássio	Calcário Dolomítico	Total
Uso e ocupação	\$	\$	\$	\$	\$
Cana-de-açúcar	68.131.916,89	1.864.217,78	3.227.443,04	2.736.742,28	75.960.320,00
Pastagem	15.161.727,45	414.853,47	718.218,63	609.020,59	16.903.820,14
Vegetação ripária	481.040,40	13.162,17	22.787,12	19.322,57	536.312,26
Fruticultura	3.039.165,82	83.157,31	143.966,81	122.078,08	3.388.368,02
Silvicultura	1.530.024,64	41.864,36	72.478,03	61.458,47	1.705.825,50
Cultura anual	5.941.669,40	162.575,28	281.459,86	238.666,67	6.624.371,22
Floresta secundária	182.448,10	4.992,12	8.642,66	7.328,63	203.411,51
Floresta estacional	169.074,33	4.626,19	8.009,14	6.791,43	188.501,08
Cerrado	155.261,08	4.248,24	7.354,80	6.236,57	173.100,68
Cultura anual irrigação	2.553.117,96	69.858,12	120.942,48	102.554,37	2.846.472,94
Cafeicultura	564.940,96	15.457,85	26.761,54	22.692,71	629.853,06
Seringueira	66.098,84	1.808,59	3.131,14	2.655,08	73.693,64

Total	97.976.485,88	2.680.821,50	4.641.195,23	3.935.547,44	109.234.050,05
-------	---------------	--------------	--------------	--------------	----------------

Os valores encontrados para a Bacia do Pardo Mogi, por volta de \$ 109,2 milhões de reais/ano, (Tabela 1) ou \$ 36,40 por hectare por ano, sugere que os gastos com a implantação de medidas como: uso mais adequado do solo, a adoção de práticas conservacionistas e a melhoria no manejo do solo dentre outras, serão mais que compensados na medida pela redução da erosão do solo da bacia. Os valores econômicos associados com a erosão em áreas ocupadas com cana-de-açúcar respondem por volta de 70% do total dos gastos da bacia. Dentre os nutrientes o equivalente do nitrogênio apresenta por volta de 90% do total. As culturas anuais são aquelas que apresentam os maiores custos por hectare, enquanto as florestas, a vegetação ripária e a silvicultura, devido a cobertura vegetal mais ampla e ao longo do tempo, como era de se esperar são as que apresentam os menores valores médios por hectare ocupado.

A presente análise econômica apresenta algumas limitações. A camada superficial do solo pode ser considerada como um recurso renovável, no entanto, a perda de solos além desta camada pode ser considerada irreversível, ou seja, o solo torna-se um recurso não renovável. Segundo COLACICCO et al. (1989), os danos permanentes ocorrem quando o potencial produtivo é afetado pela redução da profundidade do solo atingindo a camada do enraizamento e também a capacidade de retenção de água. Por outro lado, os danos temporários referem-se à perda do potencial produtivo causada pela queda do teor de nutrientes e outros elementos do solo que podem ser repostos. Devido a tais considerações o valor da depreciação do solo em termos de equivalentes em fertilizantes contido no material erodido tem sido considerada uma medida muito conservadora em termos de valores. Devido a falta de dados básicos e históricos, que refletem no tempo e no espaço os efeitos da erosão, esta medida tem sido amplamente utilizada com indicador dos custos "on site" da erosão do solo.

**CONCLUSÕES:** Os valores encontrados indicam que as áreas ocupadas por cana-de-açúcar, pastagens e culturas anuais são as que requerem mais cuidados, não somente porque ocupam áreas mais elevadas, mas também porque são as que mais respondem pelas perdas de solo. Embora as taxas de erosão possam parecer toleráveis em função de limites impostos pelos índices de tolerância à perda para cada classe de solo, os valores econômicos, mesmo calculados a partir de um método que não valora todos os impactos decorrentes da erosão, trazem preocupações. Assim, há razões para preocupações com a erosão na Bacia do Pardo Mogi: primeiro, a cultura da cana-de-açúcar e os índices de erosão bem como os custos associados a este tipo de ocupação do solo assumem proporções importantes pela extensão da área ocupada e pelas perspectivas de expansão; segundo, os custos da erosão, medidos em termos dos valores dos fertilizantes, tendem a aumentar uma vez que os custos de produção dos fertilizantes dependem fundamentalmente do preço do petróleo. As incertezas políticas e a constante ameaça de exacerbação dos conflitos nas principais regiões produtoras bem como os movimentos dos agentes econômicos que procurarão fazer com que os preços do petróleo venham a refletir mais intensamente a escassez presente e futura deste recurso natural, farão com que os impactos econômicos da erosão sejam mais amplamente percebidos e mais custosa será a reposição dos nutrientes e fertilizantes que tem por origem o petróleo

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFSEN, K. H., M. A. DEFRANCO, S. GLOMSROD, T. JOHNSON.. The cost of soil erosion in Nicaragua. *Ecological Economics* 16: 129-146. 1996.

BELINAZZI JUNIOR, R.; BERTOLINI, D.; LOMBARDI NETO, F. (1981). A ocorrência de erosão rural no Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO SOBRE O CONTROLE DA EROSÃO, 2., 1981. São Paulo: ABGE, 1981. p.117-137

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

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F.; BENATTI JR., R. **Equação de perdas de solo**. Instituto Agrônomo, Campinas, SP, 1975. 25p. (Boletim Técnico, 21).

COLACICCO, D. OSBORN, T. ALT, K. Economic Damage from soil erosion. *Journal of Soil and Water Conservation*, V. 44p.35-39. Jan/Fev. 1989.

CROSSON, P., DYKE, P. MIRANOWSKI, J. WALKER, D. A framework for analysing the productivity costs of soil erosion in the United States. In: *Soil erosion and crop productivity*. Wisconsin: ASA/CSSA/SSSA, 1985.

DIXON, J. A.; HUFSCHMIDT, M. M. *Economic Valuation Techniques for the environment*. 2 ed. London: The Johns

Jopkins Press, Ltd., 1990, 203p

DREGNE, H. E. Erosion and soil productivity in Africa. *Journal of soil and Water Conservation* v. 46p431-436. Jun/Aug. 1990

FRANCISCO, H. A., LOS ANGELES, M. S. Soil Resource Depreciation and Deforestation: Philippine case study in resource accounting. FAO 1998. Information Division, Food and Agriculture Organization, Viale delle Terme di Caracalla, 00100 Rome, Italy.

KRAUSS H., ALMARAS R. R. Technology masks effects of soil erosion on wheat yields: a case study in the Whiteman County Washinbgton. In: *Determinants of soil tolerance*. Madison: ASA/SSSA, 1982

OLIVEIRA, J. B. Solos do Estado de São Paulo: descrição das classes registradas no mapa pedológico. *Boletim Científico* n. 45. IAC. Instituto Agrônomo – Campinas. 1999

PIMENTEL, D., J. ALLEN, A., BEERS, L. GUINAND., A. HAWKINS, R. LINDER, P. MCLAUGHLIN, B. MEER, D. MUSONDA, PERDUE, S. POISSON, R. SALAZAR.; S. SIEBERT; K. STONNER, Soil erosion and agricultural productivity. In: *World Soil Erosion and Consevation*. Cambridge University Press, Cambridge. 1993.

PIMENTEL, D., C. HARVEY, P. RESOSUDAMO, K. SINCLAIR, D. KURZ, M. MCNAIR, S. CRIST, L. SHPRITZ. L. FITTON, R. SAFFOURI, R. BLAIR. Environmental and economic costs os soil erosion and conservation. *Science* 267: 1117-1123. 1995.

REPPETO R.; W. CRUZ. Accounts Overdue: Natural Resource Depletion in Costa Rica. TSC. Tropical Science Center, San Jose Costa Rica. 1991