

Valoração Econômica dos Efeitos da Erosão: Estudo de Caso em Bacias Hidrográficas

República Federativa do Brasil

Luis Inácio Lula da Silva

Presidente

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Roberto Rodrigues

Ministro

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa

Conselho de Administração

José Amauri Dimázio

Presidente

Clayton Campanhola

Vice-Presidente

Alexandre Kalil Pires

Hélio Tollini

Ernesto Paterniani

Luis Fernando Rigato Vasconcellos

Membros

Diretoria Executiva da Embrapa

Clayton Campanhola

Diretor-Presidente

Gustavo Kauark Chianca

Herbert Cavalcante de Lima

Mariza Marilena T. Luz Barbosa

Diretores-Executivos

Embrapa Meio Ambiente

Paulo Choji Kitamura

Chefe Geral

Geraldo Stachetti Rodrigues

Chefe-Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

Maria Cristina Martins Cruz

Chefe-Adjunto de Administração

Ariovaldo Luchiari Junior

Chefe-Adjunto de Comunicação e Negócios



ISSN 1516-4691

Novembro, 2004

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento e Avaliação de Impacto Ambiental
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Documentos 40

Valoração Econômica dos Efeitos da Erosão: Estudo de Caso em Bacias Hidrográficas

João Fernando Marques
Lauro Charlet Pereira

Jaguariúna, SP
2004

Exemplares dessa publicação podem ser solicitados à:

Embrapa Meio Ambiente
Rodovia SP 340 - km 127,5 - Tanquinho Velho
Caixa Postal 69 13820-000, Jaguariúna, SP
Fone: (19) 3867-8750 Fax: (19) 3867-8740
sac@cnpma.embrapa.br
www.cnpma.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Geraldo Stachetti Rodrigues
Secretário-Executivo: Maria Amélia de Toledo Leme
Secretário: Sandro Freitas Nunes
Membros: Marcelo A. Boechat Morandi, Maria Lúcia Saito, José Maria Guzman
Ferraz, Manoel Dornelas de Souza, Heloisa Ferreira Filizola, Cláudio
Cesar de A. Buschinelli
Normalização Bibliográfica: Maria Amélia de Toledo Leme
Edição eletrônica: Alexandre Rita da Conceição

1ª edição

Todos os direitos reservados.

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

Marques, João Fernando.

Valoração econômica dos efeitos da erosão: estudo de caso em bacias hidrográficas / João Fernandes Marques, Lauro Charlet Pereira.-- Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004.

21 p.-- (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 40).

ISSN 1516-4691

1. Solo - Erosão. 2. Bacia hidrográfica. I. Pereira, Lauro Charlet.
II. Título. III. Série.

CDD 631.45

© Embrapa 2004

Autor

João Fernando Marques

Economista, Dr. em Economia, Embrapa Meio Ambiente, Rodovia SP 340 - Km 127,5 - Cep 13820-000, Jaguariúna, SP.
E-mail: marques@cnpma.embrapa.br

Lauro Charlet Pereira

Engenheiro Agrônomo, Dr. em Planejamento Ambiental, Embrapa Meio Ambiente, Rodovia SP 340 - Km 127,5 - Cep 13820-000, Jaguariúna, SP.
E-mail: lauro@cnpma.embrapa.br

Sumário

Introdução	8
Material e Métodos	9
Caracterização da Área de Estudo	9
Valoração Econômica	11
Resultados	11
Conclusões	20
Referências	21

Valoração Econômica da Erosão: Estudo de Caso em Bacias Hidrográficas

João Fernando Marques

Lauro Charlet Pereira

Introdução

As preocupações com a qualidade dos recursos ambientais e naturais constituem-se, no momento, em um fenômeno presente em todos os sistemas econômicos (Pearce & Turner, 1990). Além disso, os estudos de valoração econômica dos impactos ambientais têm recebido crescente atenção na literatura sobre economia do meio ambiente e economia-ecológica. Isto porque a valoração permite identificar os diferentes incentivos econômicos que interferem na decisão dos agentes em relação ao uso dos recursos naturais. Este trabalho busca mostrar como estudos empíricos de valoração podem colaborar para melhor entender os fenômenos associados às atividades econômicas, no presente caso, a agricultura. A valoração ambiental sob a perspectiva econômica, utilizando-se do método do custo de reposição, procura fornecer informações e subsidiar estudos mais amplos sobre a sustentabilidade dos agroecossistemas. Para isto, contudo, é necessário compreender as limitações do método e a natureza dos resultados.

A literatura mostra que a agricultura, na forma como vem sendo praticada, é produtora não só de grãos, fibras, carnes, frutas, mas também de resíduos poluidores do ambiente - sedimentos e resíduos de agroquímicos - que vão impactar negativamente uma ou mais funções que o ambiente provê ao homem.

A erosão de natureza antrópica libera partículas do solo que vão ter seu destino determinado, principalmente, pelos cursos d'água e por meio destes vão causar impactos e danos em vários compartimentos do ambiente.

Em síntese, pode-se afirmar que o processo de erosão das terras agrícolas vai causar impactos em dois grandes setores de atividade. No setor agrícola propriamente dito e no setor não - agrícola, como o ambiente aquático e as diversas formas de vida aí contidas, os reservatórios de água para abastecimento e geração de energia elétrica, a navegação, a pesca, enfim, provoca degradação na qualidade da água, irradiando efeitos deletérios a uma gama de setores que da água dependem ou estão com ela em contato permanente.

A erosão do solo tem se tornado um problema sério, tanto nos países do primeiro mundo quanto nos demais. Estudos empíricos, principalmente os relativos ao primeiro grupo de países, têm mostrado que a erosão do solo não só reduz a produtividade agrícola, mas também resulta em danos externos à propriedade agrícola também chamados de danos *off farm* ou *off site* (Clark II et al., 1985; Crosson, 1985; Gunterman et al., 1975; Haucks, 1985; Ribaud, 1989; Warford, 1987). As estimativas dos valores monetários correspondentes aos danos *off site* podem ser de magnitude superior àqueles valores estimados para os danos que se verificam *on site*, ou seja, no próprio setor agrícola (Cavalcanti, 1995; Clark II et al. 1985; Crosson, 1985; Marques, 1988; Michellon, 2002; Ortiz Toledo, 1997; Ribaud, 1989).

O presente trabalho objetiva a mensuração econômica dos efeitos internos à área de produção causados pelo processo de erosão do solo, a partir do custo de reposição dos nutrientes perdidos pelo solo agrícola verificadas nas bacias hidrográficas dos Rios Atibaia e Jaguarí. Os valores econômicos podem vir a subsidiar

a formulação de políticas públicas que visem não somente o controle da erosão do solo agrícola, mas também a melhoria da qualidade ambiental, expressa neste caso, pela qualidade dos recursos hídricos.¹

Não ignorando as demais implicações extrínsecas à área agrícola, tomou-se os efeitos da erosão nas Bacias dos Rios Atibaia e Jaguarí como um estudo de caso, onde foi exercitado o princípio da determinação do valor econômico do ambiente, por meio do método, chamado de custo de reposição. Assim, foi possível estimar o chamado valor de uso. Os outros componentes do valor econômico total do ambiente, os valores de opção, de existência e os demais valores de uso, também poderiam ser estimados, no entanto não se constituiu objetivo do presente trabalho. A partir desta perspectiva, pode-se afirmar que os valores econômicos dos danos ambientais causados pelo processo erosão, nas Bacias dos Rios Atibaia e Jaguarí, portanto, não representam o valor econômico total do ambiente.

Material e Métodos

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

As bacias hidrográficas dos Rios Atibaia e Jaguarí, juntamente com o Corumbataí e Piracicaba, formam a Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba que abrange uma área de 12.400 km² no Estado de São Paulo. As bacias do Atibaia e Jaguarí ocupam uma área de 4.290 e 2.760 km² respectivamente.

Esta é uma região altamente populosa, a Tabela 1 mostra a evolução da população da área, incluindo uma projeção para o ano 2010.

Tabela 1. Bacias Hidrográficas: População.

Bacia Hidrográfica	População (1.000 habitantes/ano)		
	1990	2000	2010
Rio Atibaia	1353	2146	3186
Rio Jaguarí	274	386	519
Total	1.627	2.532	3.705

Fonte: IBGE, Anuário Estatístico, 2000 e Plano Estadual de Recursos Hídricos, 1990.

Em função da demanda crescente de água, para usos domésticos, industrial e agrícola, os problemas relacionados com este recurso estão relacionados tanto com o seu aspecto qualitativo quanto quantitativo (Tabela 2). Desta forma, as atividades econômicas incidentes na área de drenagem da bacia do Atibaia e Jaguarí constituem-se em motivos de preocupações do poder público, da sociedade civil e dos planejadores ambientais.

Tabela 2. Bacias Hidrográficas: Demanda de água.

Bacia Hidrográfica	Demanda de água (em m ³ /s/ano)		
	1990	2000	2010
Rio Atibaia	9,96	16,07	21,95
Rio Jaguarí	3,34	4,84	7,52
Total	13,30	20,91	29,47

Fonte: Plano Estadual dos Recursos Hídricos, 1990 e São Paulo, 1994.

¹ Neste estudo, o termo recursos hídricos refere-se somente às águas superficiais - rios, lagos, reservatórios - não englobando as águas subterrâneas. Isto, porém, não deve ser interpretado como se, na realidade, ambos os mananciais fossem independentes entre si.

A agricultura, como fonte não-pontual de poluição, gera sob a forma de resíduos de agroquímicos e sedimentos, subprodutos como poluentes das águas, ao mesmo tempo em que demanda água para suas atividades de irrigação. A demanda por água para irrigação não criará problemas, desde que a sua taxa de uso não exceda a sua reposição pelo ciclo hidrológico normal. A demanda pela capacidade de assimilação dos recursos hídricos, uma das funções desempenhadas pelos recursos naturais, somente não sofrerá impactos positivos ou negativos das atividades humanas se seu poder e capacidade de regeneração, além da reciclagem dos elementos aí despejados, não excederem a capacidade natural. Como a atividade econômica, a agricultura, dada a tecnologia de produção em uso, provoca erosão do solo (Bertoni & Lombardi Neto, 1999) tem-se, então, de imediato dois efeitos: aqueles afetos à área agrícola de produção propriamente dita e aqueles situados em outros compartimentos ambientais e econômicos (Clark II et al., 1985). Conforme mencionado anteriormente, o presente trabalho objetiva o cálculo econômico da erosão do solo agrícola circunscrito às áreas de drenagem das bacias hidrográficas dos Rios Atibaia e Jaguarí e aos efeitos internos às áreas de produção agrícola.

Para efeito da presente análise foram identificadas as atividades agrícolas, pecuárias e florestais contidas nas bacias hidrográficas sob estudo. Esta tarefa compreendeu a identificação da área ocupada pelas diversas culturas: anuais, temporárias e permanentes, ao nível de município, e as taxas de erosão do solo agrícola por tipo de cultura e por atividade agrosilvipastoril. Este levantamento permitiu a agregação por bacia hidrográfica e a expressão das repercussões ambientais ao longo do ano agrícola.

A Tabela 3, a seguir, reflete uma posição agregada em termos de área de drenagem e de área cultivada para as bacias hidrográficas.

Tabela 3. Bacias Hidrográficas: área de drenagem e área agropecuária.

Bacia Hidrográfica	Área de drenagem (ha)	Área cultivada (ha)
Rio Atibaia	296.055	168.109
Rio Jaguarí	296.013	183.869

Fonte: IEA-Informações Econômicas, 1997; São Paulo.

A Tabela 4, a seguir, mostra área agrícola ocupada por grupos de cultura, lavoura, pastagens e matas para as duas bacias hidrográficas.

Tabela 4. Bacias Hidrográficas: Uso agrícola, florestal e pecuário.

Bacia Hidrográfica	Lavoura (ha)	Pastagem (ha)	Matas (ha)
Rio Atibaia	26.825	103.718	37.566
Rio Jaguarí	80.477	83.312	20.080
Total	107.302	187.030	57.646

Fonte: IEA-Informações Econômicas, 1997; São Paulo.

A região agrícola correspondente à área de drenagem da Bacia do Rio Piracicaba compreende aproximadamente 760 mil ha, o que representa, cerca de 15% da área agrícola total do Estado de São Paulo. As bacias do Atibaia e Jaguarí correspondem a aproximadamente 46% deste total. Como indicador, tanto do processo de modernização do setor quanto do potencial de impacto das práticas agrícolas, a região apresentou na última década uma relação, área agrícola/unidade de trator igual a 9,2 tratores/1.000 ha, enquanto a média para o Estado de São Paulo situa-se por volta de 6,2. Pode-se ainda perceber uma certa especialização na produção agropecuária da região. Por exemplo, o município de Bragança Paulista apresenta importância no que diz respeito ao rebanho leiteiro regional, bem como detém o principal plantel de suínos do Estado. Na bacia do Jaguarí as atividades ligadas à agricultura, pecuária e florestas, naturais ou plantadas, respondem por 62% da área total de drenagem da bacia. As florestas ocupam em torno de 11% do total, ao passo que as pastagens e a agricultura - café, laranja, cana-de-açúcar e milho - dividem a ocupação do espaço restante. Por outro lado, a bacia do Atibaia apresenta como fonte principal de

produção agrícola, a fruticultura, porém a área total destinada a agropecuária ocupa 57% do total da área de drenagem da bacia. O uso total agrícola fica assim dividida: 60% pastagem, 22% de matas nativas e reflorestadas e as culturas agrícolas respondem por 16%, destacando-se: café, abacate, pêssego, uva figo, goiaba e milho. Nos últimos anos têm havido uma tendência de crescimento da fruticultura na região. Naturalmente, tal situação deve refletir nos índices de erosão da bacia, uma vez que esta atividade não exige movimentação constante do solo e ainda propicia uma certa cobertura vegetal, reduzindo assim o escoamento superficial das águas no terreno e, conseqüentemente, as taxas de erosão.

VALORAÇÃO ECONÔMICA

Para o cálculo do valor econômico da erosão do solo utilizou-se o método do custo de reposição dos nutrientes, de acordo com os tipos de cultura e de solo da bacia hidrográfica (Michellon, 2002; Kim & Dixon, 1990; Marques, 1998).

A abordagem adotada neste trabalho, referente ao custo de reposição dos nutrientes do solo, parte da hipótese que ao perder as condições naturais de fertilidade, dado o impacto causado pela erosão hídrica, o ativo ambiental - solo - perde qualidade ambiental e a reposição desta qualidade pode, em parte, ser restabelecida pela recuperação das condições necessárias à manutenção da qualidade do ativo ambiental. Portanto, sob a perspectiva da economia ambiental, o uso do método utilizado estima valores representativos dos custos ambientais associados aos efeitos internos à área de produção agrícola.

Utilizando-se os dados de perdas médias anuais de terra por erosão, para as diferentes culturas e solos, e considerando -se as áreas ocupadas por diferentes culturas, para os municípios integrantes da bacia, pode-se estimar as perdas totais de terra em toneladas, por ano.

Os valores econômicos foram calculados a partir as perdas de solo por cultura, transformadas em perdas de nutrientes conforme os tipos de solos. Considerou -se que toda perda de terra, representa também uma correspondente perda de nutrientes.

Em termos ideais, o cálculo das estimativas monetárias pode ser assim definido:

Valor econômico das perdas de solo = $Q_n (P_n + C_a) + (P_p * Q_p)$ em que:

Q_n = fertilizantes carreados pela erosão;

P_n = preço dos fertilizantes;

C_a = custo de aplicação;

P_p = preço do produto agrícola;

Q_p = redução da produtividade a longo prazo, devido a erosão.

Para o presente cálculo não puderam ser incluídos os custos de reaplicação dos nutrientes carreados pelo escoamento superficial e nem a queda na produtividade a longo prazo, ambos devido a falta de informações específicas sobre as bacias hidrográficas estudadas.

RESULTADOS

Os resultados estimados a partir da área ocupada, por tipo de cultura e pelo índice de erosão médio para o Estado de São Paulo, permitem inferir, conforme Tabela 5, que a bacia hidrográfica do Rio Atibaia gera em torno de 316.000 t/ano, de solo perdido, inferior àquela gerada, pela bacia do Jaguarí, que foi na ordem de 675.000 t/ano (Tabela 6). Este fato decorre não só pela óbvia extensão territorial desta em relação àquela, mas também pela maior participação relativa de culturas mais erosivas. O município de Campinas, apesar do acelerado processo de urbanização das últimas décadas e da intensa transformação de sua área rural em área de lazer e ocupações industriais, é o que apresenta a maior taxa de geração de erosão agrícola, com aproximadamente 141.000t/ano, representando cerca de 45% do total da bacia do Atibaia (Tabela 5). Isto porque as culturas temporárias e anuais, predominantes no município, expõem mais intensamente o solo ao processo erosivo. Após o município de Campinas, seguem Paulínia, com 45.600t/ano e Itatiba, com 37.800t/ano, com a maior contribuição para as perdas de solo na bacia (Tabela 5). Em Paulínia há um predomínio de culturas temporárias e em Itatiba de culturas anuais.

Tabela 5. Estimativas de perdas de solo agrícola, em t/ano, por município, na Bacia do Rio Atibaia.

Municípios	Perdas de solo por tipo de cultura em t/ano						Total	%
	Anuais	Temporárias	Perenes	Pastos	Florestas			
Atibaia	13.745	930	322	4800	70	19.867	6	
Bom Jesus dos Perdões	2.120	20	10	1.200	35	3.385	1	
Itatiba	31.184	2.480	4.051	10	110	37.835	12	
Campinas	66.794	58.280	835	14.800	118	140.827	44	
Jarinu	5.935	3.968	595	1.600	64	12.162	4	
Paulínia	19.072	25.792	265	440	32	45.601	14	
Nazaré Paulista	4.003	372	5	4.400	352	9.132	3	
Piracaia	17.362	1.860	60	7.600	414	27.296	9	
Valinhos	4.689	10	521	1.320	1.335	7.875	2	
Vinhedo	11.556	124	223	800	11	12.714	4	
Total	176.475	93.806	6.889	36.960	2.544	316.674	100	

As estimativas de perdas de solo para a bacia do Rio Jaguarí podem ser observadas no Tabela 6. Assim, à exceção dos valores extremos obtidos em Cosmópolis, 155.000t/ano, como o maior gerador de perdas de solo da bacia e Morungaba, Pedreira e Jaguariúna como os menores, os demais municípios ficam no intervalo de 45.000 a 90.000 t/ano. Esta participação reflete uma relação quantitativa de extensão da área agrícola ocupada por cada município, mostrando portanto uma distribuição mais equitativa na perda de solos entre os integrantes da bacia hidrográfica.

Tabela 6. Estimativas de perdas de solo agrícola, em t/ano, por município, na Bacia do Rio Jaguarí.

Municípios	Perdas do solo por tipo de cultura em t/ano						%
	Anuais	Temporárias	Perenes	Pastos	Florestas	Total	
Amparo	24.881	33.480	1.752	6.200	226	66.539	9,9
Artur Nogueira	26.007	23.560	2.695	1.805	0	54.067	8,0
Bragança Paulista	76.909	1.240	312	10.800	170	89.431	13,0
Cosmópolis	8.290	145.080	1.007	1.040	7	155.424	23,0
Jaguariúna	11.384	23.870	745	560	15	36.574	5,4
Joanópolis	28.413	1.736	104	10.000	10.000	50.253	7,5
Monte Alegre do Sul	14.308	248	394	1.680	61	16.691	2,5
Morumgaba	6.143	124	62	2.600	82	9.011	1,3
Pedra Bela	47.539	1.240	69	0	85	48.933	7,3
Pedreira	4.119	372	126	2.405	27	7.049	1,0
Pinhalzinho	30.448	30.437	47	2.200	48	63.180	9,4
Sto Antônio da Posse	42.088	32.612	669	2.200	7	77.576	11,5
Total	320.529	293.999	7.982	41.490	10.728	674.728	100

No que se refere às perdas de nutrientes, por imposição do próprio método, que não individualiza os tipos de solos existentes em cada região e nem considera as necessidades de reposição em função do tipo de cultura, as perdas destes elementos guardam uma estreita relação com os montantes relativos às perdas totais de terra devido ao processo de erosão. Da mesma forma, pode-se entender as necessidades de reposição de fertilizantes, expressos por meio das perdas de nutrientes e de uma relação técnica de equivalência. Por esta razão, por exemplo, o município de Campinas necessita de um volume maior de fertilizantes para repor as condições de fertilidade que foram carreadas pelas águas por meio dos processos erosivos, que os demais, conforme pode-se observar na Tabela 7.

Tabela 7. Estimativas de perdas de nutrientes e fertilizantes do solo agrícola, tonelada/ano, por município, na Bacia do Rio Atibaia.

Municípios	N	P	K	Ca + Mg	Sulfato de Amônio	Super- fosfato Simples	Cloreto de Potássio	Calcário Dolomítico
	tonelada / ano							
Atibaia	19,22	0,52	2,00	18,85	96,11	2,88	3,44	49,57
Bom Jesus dos Perdões	3,26	0,09	0,34	3,19	16,28	0,49	0,58	8,40
Campinas	136,25	3,68	14,17	133,60	681,25	20,44	24,37	351,37
Itatiba	36,61	0,99	3,81	35,90	183,04	5,49	6,55	94,41
Jarinu	11,77	0,32	1,22	11,54	58,83	1,76	2,10	30,35
Paulínia	44,12	1,19	4,59	43,26	220,59	6,62	7,89	113,78
Nazaré Paulista	8,84	0,24	0,92	8,66	44,18	1,33	1,58	22,79
Piracaia	26,41	0,71	2,75	25,90	132,04	3,96	4,72	68,11
Valinhos	7,62	0,21	0,79	7,47	38,10	1,14	1,36	19,65
Vinhedo	12,30	0,33	1,28	12,06	61,50	1,85	2,20	31,72
Total	306,38	8,27	31,86	300,43	1.531,91	45,95	54,79	790,13

A relação de perdas de fertilizantes e nutrientes para a Bacia Hidrográfica do Rio Jaguarí também reflete, em termos de municípios, a maior participação daqueles municípios que perderam um volume maior de terras nos processos erosivos agrícolas. Assim, conforme demonstra o Tabela 8, Cosmópolis, Bragança Paulista e Santo Antônio da Posse também são aqueles municípios que em termos físicos têm que repor volumes maiores de fertilizantes por serem também os que mais perderam terras e nutrientes.

Tabela 8. Estimativas de perdas de nutrientes e fertilizantes do solo agrícola, tonelada/ano, por município, na Bacia do Rio Jaguarí.

Municípios	N	P	K	Ca + Mg	Sulfato	Super-	Cloreto	Calcário
					de	fosfato	de	Dolomítico
					Amônio	Simples	Potássio	
					tonelada / ano			
Amparo	64,38	1,74	6,69	63,13	321,88	9,66	11,51	166,02
Artur Nogueira	52,31	1,41	5,44	51,29	261,55	7,85	9,36	134,90
Bragança Paulista	86,52	2,33	9,00	84,84	432,62	12,98	15,47	223,14
Cosmópolis	150,37	4,06	15,64	147,45	751,86	22,55	26,89	387,80
Jaguariúna	35,39	0,95	3,68	34,70	176,93	5,31	6,33	91,26
Joanópolis	48,62	1,31	5,06	47,68	243,10	7,29	8,70	125,39
Monte alegre do Sul	16,15	0,44	1,68	15,83	80,74	2,42	2,89	41,65
Morumgaba	8,72	0,24	0,91	8,55	43,59	1,31	1,56	22,48
Pedra Bela	47,34	1,28	4,92	46,42	236,71	7,10	8,47	122,09
Pedreira	6,82	0,18	0,71	6,69	34,10	1,02	1,22	17,59
Pinhalzinho	61,13	1,65	6,36	59,94	305,63	9,17	10,93	157,64
Sto Antonio da Posse	75,05	2,02	7,80	73,60	375,27	11,26	13,42	193,56
Total	652,80	17,61	67,88	640,11	3264,00	97,91	116,75	1.683,50

O valor monetário correspondente aos custos internos devidos ao processo erosivo na Bacia do Atibaia foi estimado em US\$ 336 mil, sendo que a parcela correspondente a reposição referente ao Nitrogênio, repostado pelo fertilizante sulfato de amônio, corresponde a quase 90% dos valores totais das perdas. Em termos de municípios, como era de se esperar pelas razões mencionadas anteriormente, Campinas foi o que mais contribuiu, para o valor total das perdas, em torno de 35% do total da Bacia Hidrográfica (Tabela 9).

Tabela 9. Estimativa do valor econômico anual, em US\$/tonelada, das perdas de solo agrícola na Bacia do Rio Atibaia.

Municípios	Sulfato de Amônio	Super fosfato Simples	Cloreto de Potássio	Calcário Dolomítico	Total
	US\$ / tonelada				
Atibaia	19.209,51	466,79	691,75	689,02	21.057,07
Bom Jesus dos Perdões	3.253,88	79,42	116,63	116,76	3.566,70
Campinas	136.161,44	3.312,92	4.900,56	4.884,04	149.258,96
Itatiba	36.584,20	889,82	1.317,14	1.312,30	40.103,46
Jarinu	11.758,35	285,26	422,29	421,87	12.887,77
Paulinia	45.888,15	1.072,97	1.586,60	1.581,54	50.129,27
Nazaré Paulista	8.830,26	215,57	317,72	316,78	9.680,33
Piracaia	26.390,83	641,84	949,14	946,73	28.928,55
Valinhos	7.615,05	184,77	273,48	273,14	8.346,44
Vinhedo	12.292,01	299,85	442,40	440,91	13.475,16
Total	306.182,85	7.447,58	11.017,72	10.982,81	335.630,96

As estimativas do valor econômico das perdas de solo agrícola, ocorridas na Bacia Hidrográfica do Rio Jaguarí, alcançaram valores por volta de US\$ 715 mil por ano. Sendo Cosmópolis, Amparo e Santo Antônio da Posse os municípios que mais contribuíram para este valor (Tabela 10).

Dada as razões já apontadas anteriormente, explicadas pela natureza do método e pela disponibilidade dos dados, a Bacia Hidrográfica do Rio Atibaia apresentou valores monetários inferiores àqueles verificados na bacia do Rio Jaguarí.

CONCLUSÕES

Como observado em diversas passagens deste trabalho, os valores aqui estimados devem ser entendidos com cautela, uma vez que dados e informações específicas sobre os processos erosivos para cada município, a composição do solo em nutrientes e as perdas de solo estimadas para cada município não se encontram disponíveis ou não foram calculados. Portanto, as estimativas apresentadas neste trabalho têm o objetivo de indicar ordens de grandeza, valores estes relevantes não apenas para avaliar perdas econômicas e danos ambientais, mas também para subsidiar políticas de conservação dos recursos naturais, solo e água. Pode-se, contudo, afirmar com convicção que os valores monetários dos danos causados pela erosão do solo, nas bacias estudadas, encontram-se subestimados, uma vez que diversos impactos geradores de custos ambientais não puderam ser avaliados e, portanto, não se encontram refletidos nos valores econômicos calculados. Neste sentido, deve-se considerar que os planos de conservação do solo e as medidas para a melhoria da qualidade da água, devem ser orientados de forma integrada e global, visando o uso sustentável dos recursos naturais.

Pode-se afirmar que o uso do método de custo de reposição de nutrientes é uma “*proxy*” para a estimativa da valoração ambiental de impactos e que tais valores, embora parciais, podem ser utilizados em avaliações de custos/benefícios ampliadas.

Conclui-se também pela necessidade de estudos mais aprofundados, e específicos para cada município, não somente aqueles relativos aos efeitos internos à área de produção agrícola, mas também sobre os efeitos externos em outros compartimentos ambientais e econômicos. A valoração econômica em ambientes complexos requer que outros aspectos da realidade devam ser objeto de contínua investigação, de forma a considerar as questões relacionadas aos efeitos da erosão sobre a fauna, flora, áreas de recreação, lazer, turismo e outros segmentos naturais ou construídos pelo homem.

Finalmente, deve-se considerar que sendo os rios e mananciais o destino final do solo erodido e tendo sido estabelecida por lei, a política de cobrança pelo uso da água, pode-se vislumbrar uma demanda crescente de estudos sobre valoração dos impactos das atividades econômicas, com vistas a orientar as Agências e Comitês de bacias hidrográficas, as estações de tratamento de água, os consumidores, os gestores de recursos naturais e os formuladores de políticas públicas.

Tabela 10. Estimativa do valor econômico anual, em US\$/tonelada, das perdas de solo agrícola ocorridas na Bacia Hidrográfica do Rio Jaguarí.

Municípios	Sulfato de Amônio	Super-fosfato Simples	Cloreto de Potássio	Calcário Dolomítico	Total
US\$ / tonelada					
Amparo	64.334,16	1.565,69	2.314,55	2.307,68	70.522,07
Artur Nogueira	52.276,00	1.272,33	1.882,20	1.875,11	57.305,64
Bragança Paulista	86.467,76	2.103,80	3.110,86	3.101,65	94.784,07
Cosmópolis	150.274,26	3.654,90	5.425,41	5.390,42	164.744,99
Jaguariúna	35.363,00	860,64	1.272,90	1.268,51	38.765,06
Joanópolis	48.588,40	1.181,56	1.749,48	1.742,92	53.262,36
Monte Alegre do Sul	16.137,50	392,23	581,15	578,94	17.689,82
Morumgaba	8.712,33	212,32	313,70	312,47	9.550,83
Pedra Bela	47.311,23	1.150,77	1.703,23	1.697,05	51.862,28
Pedreira	6.815,57	165,32	245,33	244,50	7.470,72
Pinhalzinho	61.086,27	1.486,27	2.197,91	2.191,20	66.961,65
Sto Antonio da Posse	75.005,21	1.825,02	2.698,63	2.690,48	82.219,35
Total	652.371,68	15.869,25	23.477,26	23.400,65	715.118,84

Referências

- ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL. Rio de Janeiro: IBGE, 2000.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, A. **Conservação do solo**. 3. ed. São Paulo: Icone, 1999. 355 p.
- 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. 1097-1111.
- CLARK II, E.H.; HAVERKAMP, J. A.; CHAPMAN, W. **Eroding soils: the off farm impacts**. Washington: The Conservation Foundation, 1985. 252 p.
- CROSSON, P. Impacts of erosion on land productivity and water quality in the United States. In: EL-SWAIFY, S. A.; MOLDENHAUER, W. C; LO, A. (Ed.). **Soil erosion and conservation**. Ankeny: Soil Conservation Society of America, 1985. p.217-236.
- GUNTERMANN, K. L.; LEE, M. T.; SWANSON, E. R. The off-site sediment damage function in selected Illinois watersheds. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 30, n. 5, p. 219-224, Sep./Oct. 1975.
- HAUCKS, F.W. Soil erosion and its control in developing countries. In: EL-SWAIFY, S. A.; MOLDENHAUER, W. C.; LO, A., (Ed.). **Soil erosion and conservation**. Ankeny: Soil Conservation Society of American, 1985. p. 718-728.
- INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA. Economia agrícola paulista: características e potencialidades. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 21, p.1-201, 1997. Suplemento.
- KIM, S. H.; DIXON, J. A. **Economic valuation techniques for the environment: a case study workbook**. Baltimore: The Johns Hopkins University, 1990. 203 p.
- MARQUES, J. F. Custos da erosão do solo em razão dos seus efeitos internos e externos à área de produção agrícola. **RER**, v. 36, n. 1, jan./mar.1998.
- MICHELLON, E. **Políticas públicas, mercado de terras e o meio ambiente: uma análise a partir do Paraná**. 2002. Tese (Doutorado em Economia). Instituto de Economia/UNICAMP, Campinas, 2002.
- ORTIZ LOPES, A. A. **Análise de custos privados e sociais da erosão do solo: o caso do Rio Corumbataí**. 1997. Tese (Doutorado em Economia Aplicada). ESALQ/USP, Piracicaba, 1997.
- PEARCE, D. W.; TURNER, R. K. **Economics of natural resources and the environment**. Baltimore: The Johns Hopkins University, 1990. 378 p.
- PLANO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS. **Primeiro plano do Estado de São Paulo - 1990 - síntese**. São Paulo: DAEE, 1990. 97 p.
- RIBAUDO, M. O. **Water quality benefits from Conservation Reserve Program**. Washington, D.C.: USDA, 1989. 30 p. (USDA. Resources and Technology Division. Economic Research Service. Agricultural Economic Research Service. Agricultural Economic Report, 606).
- SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. **Bacia do Rio Piracicaba: estabelecimento de metas ambientais e reenquadramento dos corpos d'água**. São Paulo, 1994.
- WARFORD, J. J. Natural resources and economic policy in developing countries. **Ann. Reg. Sci.**, v. 21, n. 3, p. 245-251, 1987.

Embrapa

Meio Ambiente

Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento

