



AVALIAÇÃO DOS CUSTOS DA EROSÃO DO SOLO tiagotelles@yahoo.com.br

APRESENTAÇÃO ORAL-Agropecuária, Meio-Ambiente, e Desenvolvimento Sustentável
TIAGO SANTOS TELLES¹; MARIA DE FÁTIMA GUIMARÃES²; SONIA CARMELA FALCI DECHEN³.

1,2.UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA, LONDRINA - PR - BRASIL;

3.INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS, CAMPINAS - SP - BRASIL.

AVALIAÇÃO DOS CUSTOS DA EROSÃO DO SOLO

ASSESSMENT THE COST OF SOIL EROSION

Grupo de Pesquisa: Agropecuária, Meio-Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

Resumo

O solo é um recurso natural importante para a humanidade. Entretanto, é manejado e utilizado, muitas vezes, de forma inadequada, resultando na erosão. A erosão do solo traz uma série de conseqüências negativas, dentre elas as econômicas. O objetivo deste trabalho é apresentar, por meio da definição dos efeitos da erosão do solo, um modelo teórico para avaliação dos seus custos, tendo em conta que a limitação de informações sobre os prejuízos econômicos gerados pelo processo erosivo dificulta uma avaliação mais precisa dos custos gerados pelo processo erosivo. Apesar de difícil e pouco usual, a valoração econômica dos efeitos da erosão do solo tem grande importância para a sociedade, permitindo a conscientização da necessidade de implantação de políticas que incentivem a adoção de práticas de manejo conservacionistas.

Palavras-chaves: Degradação do solo. Perda de solo. Conservação do solo.

Abstract

The soil is a natural resource very important for the humanity. However, many times it is used and managed inappropriately, leading to degradation. The erosion of the soil has a series of negative consequences, and one of them is the economic one. The objective of this work is to present, thru the definition of the effects of the soil erosion, on a theoretical model that allows the measurement of the costs, taking into account that the limited data about the economic losses generated by the erosion process makes a more accurate assessment of the costs generated by the erosive process. Although difficult and unusual, economical assessment of the effects of soil erosion is of great importance to society,



allowing awareness of the need to implement policies that encourage the adoption of conservation management practices.

Key Words: Soil degradation. Soil losses. Soil conservation.

1. INTRODUÇÃO

Um dos recursos naturais mais importantes para a humanidade é o solo. Recurso estratégico, limitado, com grande importância social, econômica e ambiental. Entretanto, sua utilização em atividades agropecuárias, quando inadequadas, pode levar a erosão, e limitar a sua capacidade produtiva (BENNETT, 1935; LAL, 2006; CASSOL; LIMA, 2003; SPAROVEK; DE MARIA, 2003).

A erosão do solos agrícolas rompe o equilíbrio natural, tendo por consequência a diminuição do potencial produtivo das terras (PIMENTEL et al., 1995; CROSSON, 1995); perda das camadas superiores do solo (COLLACCICO et al., 1989; CASSOL; LIMA, 2003; BERTOL et al., 2007); perda da fertilidade do solo (BERTOL et al., 2007; CROSSON, 2007; URI, 2000); declínio da produção por unidade de insumos aplicados (PIMENTEL et al., 1995; BERTOL et al., 2007); perda de receitas e lucros do agricultor (PIMENTEL et al., 1995; GARDNER ; BARROWS, 1985); em casos extremos, o declínio ou o colapso da atividade agrícola (LAL, 2006); perda de valor das terras agrícolas (GARDNER ; BARROWS,1985); poluição dos recursos hídricos (CLARK, 1985); destruição de recursos hídricos e do patrimônio público, como estradas e pontes (PIMENTEL et al., 1995; CROSSON, 1995; MARQUES, 1998); alagamento de terras e assoreamentos (CLARK, 1985; PIMENTEL et al., 1995; MARQUES, 1998); e êxodo rural (GARDNER ; BARROWS,1985).

Conceitos básicos sobre a erosão do solo são utilizados com diferentes denotações por diversos autores, e a maioria das definições se referem às mudanças na qualidade deste recurso, apresentando focos variados: químicos (BENNETT, 1935; BERTOL et al., 2007), físicos (BENNETT, 1935; CASSOL ; LIMA, 2003), biológicos (CROSSON, 1995), socioeconômicos (PIMENTEL et al., 1995; CROSSON, 1995; BOARDMAN, 2006), histórico (BENNETT, 1935; BOARDMAN, 2006) e político (LAL, 2006; BOARDMAN, 2006).

Os custos da erosão do solo podem ser divididos em on-site (direto ou interno – produtor), consistem nas perdas que ocorrem na propriedade agrícola; e off-site (indireto ou externo – sociedade), perdas que ocorrem fora da propriedade agrícola e que atingem toda a sociedade (PIMENTEL et al., 1995; CROSSON, 1995; MARQUES, 1998)

Cada perda adicional, decorrente da erosão do solo, impõe valores aditivos, gerando custos marginais para a sociedade. A sociedade se responsabilizará pelas perdas econômicas internas e externas da degradação do solo. Isto porque, os custos marginais privados serão transferidos pelos produtores para os consumidores no preço dos produtos agrícolas. E os custos marginais sociais serão transferidos a todos os cidadãos (MARQUES, 1998). O resultado é uma perda de bem-estar social.

Por meio de práticas conservacionistas, que controlem a erosão, estes custos podem ser minimizados, garantindo a sustentabilidade dos sistemas de produção (LAL, 2006; MONTGOMERY, 2007).

Assim, o objetivo deste trabalho é apresentar, por meio da definição dos efeitos da erosão do solo, um modelo teórico para avaliação dos seus custos.

2. METODOLOGIAS DE VALORAÇÃO DOS CUSTOS DA EROSÃO DO SOLO

O processo de erosão dos solos tem basicamente dois tipos de efeitos: on-site (Quadro 1) e off-site (Quadro 2). O principal desafio é valorar esses efeitos e responder aos agentes econômicos quais são os reais prejuízos causados pela erosão.

Para tanto, diferentes variáveis e metodologias vem sendo testadas em diversos países, de acordo com a disponibilidade de informações, numa tentativa de incluir o solo como proxy nas relações econômicas e sociais (STROOSNIJDER, 2005; BOARDMAN, 2006).

Bennett (1929, 1933, 1935, 1939, 1940, 1955), Pimentel et al. (1995) e Uri (2000, 2001) estão entre os mais importantes pesquisadores que se dedicaram a estudar os custos da erosão on-site (por meio das perdas de nutrientes e produtividade) e off-site (através das externalidades geradas).

Os custos on-site podem ser calculados pelo custo de reposição de nutrientes, avaliando-se a quantidade física de erosão associada à perda de nutrientes do solo carregada neste processo – normalmente os macronutrientes: cálcio, fósforo, magnésio, nitrogênio e potássio – calculada com base nos preços de mercado dos fertilizantes comerciais e na quantidade necessária para repor os nutrientes perdidos, além do seu custo de aplicação. Podem ser contabilizados pela produção sacrificada, ou seja, pela redução na produtividade em consequência das limitações do solo, computada através da redução dos lucros. E, em casos mais graves, pode-se ainda considerar a desvalorização do preço da terra.

Quadro 1. Autores que estudaram danos para estimar custos *on-site* da erosão do solo.

DANOS	AUTOR
Reposição de nutrientes	Crosson, 1985 e 2007
	Colacicco et al., 1989
	Pimentel et al., 1995
	Marques, 1998
	Rodrigues, 2005
	Bertol et al., 2007
	Uri, 1999, 2000 e 2001
Produção sacrificada	Pimentel et al., 1995
	Tenberg et al., 1998
	Knowler, 2004
Desvalorização do preço das terras	Ervin & Mill, 1985
	Fletcher, 1985
	Hertzler et al., 1985
	Palmquist & Danielson, 1989

A valoração da erosão, com base no conceito de reposição de nutrientes, é considerada como uma variável do valor do bem ou serviço (HARTWICK, 1977). Entretanto, este tipo de abordagem não mede os danos sobre outros bens e serviços ambientais, como perdas da biodiversidade, nem os demais efeitos decorrentes do processo erosivo, que afetam outras partes do ecossistema como, por exemplo, a qualidade dos recursos hídricos (STEVENS et al., 1991). No Brasil, utilizaram-se desta metodologia Marques (1998), Rodrigues (2005), Bertol et al. (2007) e Sarcinelli et al. (2009).

Já o valor da produção sacrificada, que representa o custo econômico da oportunidade de uso do solo, normalmente, não incorpora os custos associados às questões intertemporais, que consideram a disponibilidade dos recursos naturais para gerações futuras. Para tal, seria necessário estimar os impactos econômicos futuros, no caso dos recursos não renováveis, o que exigiria uma gama variada de informações pouco disponíveis. Assim, sempre que tais custos diretamente estimados representarem pequena parte dos custos totais, não autorizando uma tomada de decisões, outros procedimentos metodológicos devem ser adotados (WALKER, 1982; VAN KOOTEN et al., 1990), além disso, a perda de produtividade não é devida unicamente ao processo de erosão. No Brasil, entre os pesquisadores que empregaram esta metodologia, podemos citar Marques et al. (1961), Silva et al. (1985), Sorrenson e Montoya (1989) e Derpsch et al. (1991).

Para calcular os custos a partir da desvalorização da terra seria necessária a utilização de uma série histórica ampla e consistente sobre o preço das terras, dificultando a aplicação desta metodologia (FLETCHER, 1985; ERVIN; MILL, 1985; HERTZLER et al., 1985; PALMQUIST; DANIELSON, 1989).

Hertzler et al. (1985), realizaram um estudo sobre o custo do uso do solo, com base numa função generalizada de Leontief, dividido em duas partes: as perdas de nutrientes e a degradação física do solo. As estimativas foram feitas por meio das informações sobre o rendimento anual da cultura, a profundidade inicial do solo, a umidade média anual do solo, o estoque de nutrientes, a taxa de erosão, o estoque anual remanescente de nutrientes na camada superficial suscetível à erosão e o preço dos fertilizantes.

Pimentel et al. (1995) e Uri (2000, 2001) estimaram os custos da erosão considerando, além das perdas de nutrientes, variáveis como tipo de manejo e perda de produtividade e qualidade dos produtos agrícolas, bem como seus custos off-site, estendendo suas estimativas para todo o território americano.

Os efeitos off-site são muitos, estão relacionados, fundamentalmente, aos processos de sedimentação e assoreamento dos recursos hídricos, e causam sérios desdobramentos para sociedade como: aumento no custo de geração de energia elétrica (CLARK, 1985; MARQUES, 1998), aumento no custo da captação e tratamento de água para o abastecimento urbano, redução da disposição de recursos hídricos para regiões que necessitam de projetos de irrigação, manutenção de estradas e, em última instância, socorro às vítimas de catástrofes naturais (CLARK, 1985). O processo de erosão do solo impõe à sociedade a obrigação de arcar com despesas de prevenção, reparação e repressão. Os custos, neste caso, são pagos pelo Estado e absorvidos pelos contribuintes.

As avaliações econômicas dos efeitos off-site, em sua maioria, analisam os efeitos da sedimentação de reservatórios que, por sua vez, são geralmente estimados em termos da redução na geração de hidroeletricidade e suplemento de água para irrigação (Quadro 2).

Para uma análise mais precisa e completa dos custos da erosão, os efeitos off-site devem ser incluídos. Se não forem passíveis de quantificação, devem ser, ao menos, listados.

Quadro 2. Autores que estudaram danos para estimar custos *off-site* da erosão do solo.

DANOS	AUTOR
Assoreamento	Clark, 1985
	Crosson, 1985 e 2007
	Pimentel et al., 1995
	Marques, 1998
	Uri, 1999, 2000 e 2001
	Montanarella, 2007
Enchentes	Forster et al., 1987
	Robertson & Colletti, 1994
	Pimentel et al., 1995
	Uri, 2001
Tratamento de água	Montanarella, 2007
	Clark, 1985
	Marques, 1998
Geração de energia elétrica	Montanarella, 2007
	Clark, 1985
	Crowder, 1987
	Colaccico et al., 1989
	Marques, 1998
Reparação do patrimônio público	Montanarella, 2007
	Clark, 1985
	Marques, 1998
Perdas biológicas	Montanarella, 2007
	Clark, 1985
	Pimentel et al., 1995
	Crosson, 1995
Aquecimento global	Pimentel & Kounang, 1998
	Lal, 2007
	Montanarella, 2007
Calamidade pública	Salvati & Zitti, 2009
	Lal, 2006
Aumento no preço dos alimentos	Baver, 1951
	Fletcher, 1985
	Alfsen et al., 1996
	Bandara et al., 2001
	Pimentel, 2006

Os impactos econômicos da erosão e conservação do solo podem ser, assim, avaliados por meio de análises financeiras e de custo-benefício. Os estudos podem ser empregados, utilizando-se uma ou ambas as formas de análises, em escala local (unidade produtiva ou bacia hidrográfica), municipal, estadual, regional ou nacional. Sua aplicação pode ser feita para verificar os efeitos on-site e/ou off-site.

3. O MODELO

A partir da revisão da literatura foi determinado um modelo para estimar os custos gerados pela erosão do solo, expresso por:

$$C = C_{\text{ON-SITE}} + C_{\text{OFF-SITE}} \quad [1]$$

onde: C são os custos totais da erosão do solo, em função da soma de seus custos *on-site* e *off-site*.

A perda de solo e nutrientes decorrente da erosão do solo, são estimadas, principalmente, pela Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS) (WISCHMEIER; SMITH, 1965, 1978). E, embora, os custos *on-site* representem prejuízos, principalmente em termos de reposição de nutrientes do solo e produção sacrificada, é possível, determinar com maior precisão, apenas, os custos relacionados aos valores do teor médio de nutrientes carregados junto à carga de sedimentos, pois a redução da produtividade está associada a outros fatores. Desta forma, os custos *on-site* podem ser calculados através da equação:

$$C_{\text{ON-SITE}} = \alpha + \beta \left(\sum_{i=1}^N (Q_i \cdot P_i) \right) + \varepsilon \quad [2]$$

sendo: $C_{\text{ON-SITE}}$ os custos *on-site* da erosão do solo; α um parâmetro da função; β a inclinação da função; Q_i a quantidade de nutrientes carregados pela erosão do solo; P_i o preço dos fertilizantes; i os diferentes nutrientes; N o número de nutrientes a serem avaliados; Q_j a quantidade produzida em sistema com erosão do solo (calculada pela diferença entre a produção esperada e a produção observada em decorrência da erosão); P_j o preço da produção agrícola; j um intervalo de tempo; e ε o erro. Neste modelo, consideraram-se as condições ideais de produção.

Essas variáveis representam o conjunto de efeitos *on-site* causado pela erosão do solo, podendo ser incluídos, ainda, os custos operacionais de reaplicação dos fertilizantes necessários para suprir os nutrientes carregados pelo escoamento superficial e a redução do valor das terras erodidas.

A perda do valor das terras agrícolas, em função do processo erosivo, decorre de dois fatores: perda da capacidade produtiva do solo, que implica em queda nos rendimentos, já que o produtor terá um custo mais elevado na aplicação de fertilizantes (BERTOL et al., 2007); e alto custo para a recuperação das áreas já degradadas, expresso

não apenas por valores monetários, mas também, pelo fator tempo (TRIMBLE; CROSSON, 2000).

A perda de solo determinada pela EUPS também auxilia a visualização dos problemas *off-site*, desencadeados pelo processo erosivo. Isto porque, permite determinar o volume de sedimentos carregados que impactam diretamente sobre os recursos hídricos. Neste caso, as estimativas podem ser representadas pelo aumento dos custos operacionais no tratamento de água, geração de energia elétrica e reparação dos danos ao patrimônio público, como pontes, estradas e desassoreamento de rios e lagos.

Os impactos dos efeitos *off-site* são muitos, e estimar, neste caso, os custos associados ao processo de erosão, depende de um grande volume de informações, nem sempre disponíveis, principalmente nos países em desenvolvimento (JHA; WHALLEY, 2001; CROSSON, 2007), assim temos que:

$$C_{\text{OFF-SITE}} = \alpha^* + \beta^* \left(\sum_{i=1}^N E_i \right) + \varepsilon \quad [3]$$

onde: $C_{\text{OFF-SITE}}$ os custos *off-site* da erosão do solo; α^* é o parâmetro da função; β^* é a inclinação da função; E os custos gerados pelas externalidades do processo de erosão do solo; i as diferentes externalidades e ε o erro. No entanto, o modelo fica limitado às variáveis disponíveis.

Mas, para uma primeira tentativa de estimar os custos *off-site* da erosão do solo, pode-se considerar os custos gerados para a retirada dos sedimentos dos corpos d'água, neste caso a equação seria:

$$C^*_{\text{OFF-SITE}} = \alpha^{**} + \beta^{**} [(E_{\text{SEDIMENTOS}})(V)] + \varepsilon \quad [4]$$

onde: $C^*_{\text{OFF-SITE}}$ os custos *off-site* da erosão do solo gerados para a retirada dos sedimentos dos corpos d'água; α^{**} um parâmetro de distribuição da função; β^{**} o parâmetro de inclinação da curva; $E_{\text{SEDIMENTOS}}$ os custos gerados pelo processo de remoção de sedimentos do corpos d'água, por tonelada; V o volume de sedimentos removidos dos corpos d'água; e ε o erro.

4. DISCUSSÃO

A Figura 1 (adaptada de PYNDICK; RUBINFELD, 2001) apresenta a consequência dos custos da erosão do solo. Nesta, a curva ascendente C' representa os custos da produção agrícola, expressos em termos da quantidade de trabalho e insumos necessários para o cultivo. D representa a procura por produtos agrícolas e equivale aos benefícios sociais marginais. C representa os custos da erosão do solo, expresso pela Equação 1, ou seja, a somatória dos custos *on-site* e *off-site*. O preço é a produção são referentes as *commodities* agrícolas.

Para o produtor, as perdas geradas pela erosão do solo podem ser computadas como o custo marginal social, que é maior que o seu custo marginal de produção. Inicialmente o

agricultor maximiza seus lucros em C' , produzindo na quantidade Q_1 ao preço P_1 , igual ao custo marginal. Entretanto, com o processo de erosão, haverá uma redução da fertilidade e da capacidade produtiva do solo, pressionando o produtor para C . Esse deslocamento cria uma nova intersecção, na qual a quantidade produzida é reduzida para Q_2 e o preço é ampliado para P_2 (Figura 1).

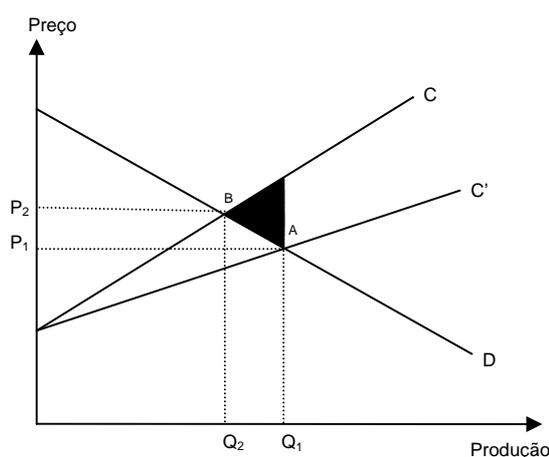


Figura 1. Alterações nos preços e na produção gerados pelos custos da erosão do solo.

C' – custos da produção agrícola; C – custos da erosão do solo; D – procura por produtos agrícolas; P – preço das *commodities* agrícolas; Q – produção das *commodities* agrícolas.

Os impactos da erosão começam com a alteração de características físicas, químicas e biológicas do solo, gerando uma redução progressiva da produtividade potencial do mesmo. Na tentativa de solucionar este problema, o agricultor adota tecnologias de compensação da perda de fertilidade do solo com a aplicação de nutrientes e práticas de manejo, que ampliam os custos de produção. Entretanto, os impactos sobre a biota do solo, que também geram grande prejuízo à agricultura, não podem ser compensadas com o uso adicional de insumos (CROSSON, 1995, 1997).

Para a sociedade, o processo de erosão do solo desestimula a demanda, pois cada unidade produzida resultará em custos externos à atividade agropecuária. Isso porque ao preço do produto é acrescido o valor gasto com taxas e impostos necessários para reparar os danos que a erosão do solo gera fora da fazenda (representado pela área sombreada na Figura 1). Essa externalidade desloca C' para C , gerando um deslocamento ao longo da curva D do ponto A para o ponto B , fazendo com que a quantidade produzida sofra redução de Q_1 para Q_2 , e aumento do preço de P_1 para P_2 (Figura 1). Assim, o deslocamento da curva C' para C ocorrerá tanto pela redução da produtividade e aumento nos custos de produção quanto pelos custos das externalidade geradas pela erosão do solo.

O processo de erosão determina, ainda, a perda de qualidade do solo (BLASCHKE et al., 2000), e uma das formas de minimizar e até mesmo corrigir as consequências da erosão do solo é a adoção de práticas conservacionistas, que possibilitam a sustentabilidade da atividade agrícola (MONTGOMERY, 2007; NI; LI, 2003). Mas, apesar disto, alguns produtores apresentam resistência em adotá-las. Isto porque a exploração do solo, com determinado estoque de fertilidade natural, pode parecer suficiente a esses produtores, enquanto as receitas líquidas excederem os custos de produção ou os custos da adoção do manejo conservacionista.

A Figura 2 (desenvolvida a partir de JAYASURIYA, 2003) aponta a relação entre a degradação do solo (S') e o benefício de sua conservação (R') para a manutenção da qualidade do mesmo, considerando o custo estável (C^e). O nível ótimo da qualidade do solo é dado pela intersecção das curvas S' e R' ao custo C , no ponto A, estágio no qual o custo total é minimizado, pois esses estarão divididos entre os custos de degradação e os custos de conservação do solo, representados pela área 1A4. Os custos da conservação estão concentrados na área 4AL₁ e os da degradação em 1AL₁. Entretanto, se as práticas de manejo adotadas pelo produtor favorecerem o processo de erosão, a curva de degradação do solo sofrerá um deslocamento de S' para S'' , deslocando o equilíbrio do ponto A para o ponto B – que corresponde a intersecção de R' e S'' , tendo por efeito a redução da qualidade do solo de L₁ para L₂. Este fenômeno gera uma perda da qualidade do solo que, se não for controlada poderá comprometer o nível de produção nos médio e longo prazos. Para evitar que isso ocorra, são necessários novos investimentos com conservação do solo, deslocando R' para R'' , dando origem a intersecção de S'' e R'' no ponto C, fazendo com que a qualidade do solo retorne ao seu nível de equilíbrio, ou seja, de L₂ para L₁.

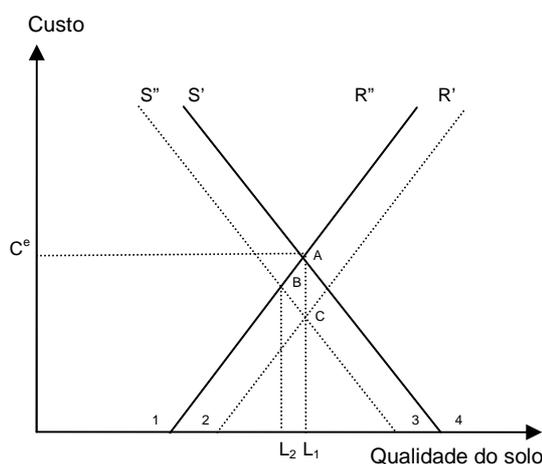


Figura 2. Alterações na qualidade do solo em função de sua degradação e da conservação.

C^e – custo estável; L – qualidade do solo; S' – degradação do solo; R' – conservação do solo.



É certo afirmar que a conservação do solo, ao longo do tempo, sempre se tornará economicamente vantajosa para o produtor. Entretanto, muitas vezes, este apresenta certa resistência em adotar as práticas conservacionistas, pois a falta de informações econômicas sobre os custos da erosão o leva a pensar de forma equivocada sobre os efeitos que este processo de degradação gera sobre suas receitas. Contudo, os custos gerados pela não adoção destas práticas não afetarão somente a ele, mas toda a sociedade.

Desta forma, mesmo em uma situação na qual a conservação do solo não fosse economicamente vantajosa para o produtor, esta o seria para sociedade, já que sem sua implantação os retornos líquidos sociais seriam menores que os privados, pois a estes são repassados os custos dos reparos dos danos externos gerados pela erosão.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de difícil e pouco usual, a valoração econômica dos efeitos da erosão do solo tem grande importância para a sociedade, permitindo a conscientização da necessidade de implantação de políticas que incentivem a adoção de manejos conservacionistas. Entretanto, a aplicação empírica do modelo, visando a estimação dos custos da erosão do solo, demanda dados não somente dos problemas que a erosão gera dentro da propriedade agrícola, mas também daqueles causados fora, e muitas vezes, indisponíveis.

6. REFERÊNCIAS

- ALFSEN, K. H.; DE FRANCO, M. A.; GLOMSRØD, S.; JOHNSEN, T. The cost of soil erosion in Nicaragua. *Ecological Economics*, v. 16, n. 2, p. 129-145, 1996.
- BANDARA, J.S.; CHISHOLM, A.; EKANAYAKE, A.; JAYASURIYA, S. Environmental cost of soil erosion in Sri Lanka: tax/subsidy policy options. *Environmental Modelling & Software*, v. 16, n. 6, p. 497-508, 2001.
- BAVER, L.D. How serious is soil erosion? *Soil Science Society of America Journal*, v. 15, n. C, p. 1-5, 1951.
- BENNETT, H.H. Some aspects of soil erosion as a national problem. *Soil Science Society of America Journal*, v. B10, n. 1-2, p. 55-74, 1929.
- BENNETT, H.H. The cost of soil erosion. *The Ohio Journal of Science*, v. 33, n. 4, 271-279, 1933.
- BENNETT, H.H. Facing the erosion problem. *Science*, v. 81, n. 2101, p. 321-326, 1935.
- BENNETT, H.H. *Soil conservation*. New York : McGraw-Hill, 1939.
- BENNETT, H.H. Soil changes due to erosion. *Soil Science Society of America Journal*, v. 4, n. 1, p. 399-401, 1940.
- BENNETT, H.H. *Elements of soil conservation*. 2 ed. New-York: McGraw-Hill, 1955.



BERTOL, I.; COGO, N. P.; SCHICK, J.; GUDAGNIN, J. C.; AMARAL, A. J. Aspectos financeiros relacionados às perdas de nutrientes por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 31, n. 1, p. 133-142, 2007.

BLASCHKE, P.M.; TRUSTRUM, N.A.; HICKS, D.L. Impacts of mass movement erosion on land productivity: a review. *Progress in Physical Geography*, v. 24, n. 1, p. 21-52, 2000.

BOARDMAN, J. Soil erosion science: reflections on the limitations of current approaches. *CATENA*, v. 68, n. 1, p. 73-86, 2006.

CASSOL, E.A.; LIMA, V.S. Erosão em entressulcos sob diferentes tipos de preparo e manejo do solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 38, n. 1, p. 117-124, 2003.

CLARK, E.H. II. The *off-site* costs of soil erosion. *Journal of Soil and Water Conservation*, v. 40, n.1, p. 19-22, 1985.

COLACCICCO, D.; OSBORN, T.; ALT, K. Economic damage from soil erosion. *Journal of Soil and Water Conservation*, v. 44, n. 1, p. 35-39, 1989.

CROSSON, P. Agricultural land: a question of values. *Agriculture and Human Values*, v. 2, n. 4, p. 6-13, 1985.

CROSSON, P. Soil erosion estimates and costs. *Science*, v. 269, n. 5223, p. 461-464, 1995.

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

CROSSON, P. Soil Quality and agricultural development. In: EVENSON, R.; PINGALI, P. (eds.). *Handbook of Agricultural Economics*. Volume 3 – Agricultural Development: farmers, farm production and farm markets. Amsterdam: North-Holland, 2007, p. 2911-2932.

CROWDER, B.M. Economic costs of reservoir sedimentation: a regional approach to estimating cropland erosion damages. *Journal of Soil and Water Conservation*, v. 42, n. 3, p. 194-197, 1987.

DERPSCH, R.; ROTH, C.H.; SIDIRAS, N. ; KÖPKE, U. *Controle da erosão no Paraná, Brasil: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo*. Eschborn, GTZ/IAPAR, 1991. 272p. (Sonderpublikation der GTZ, 245)

ERVIN, E.D.; MILL, J.W. Agricultural land markets and soil erosion: policy relevance and conceptual issues. *American Journal of Agricultural Economics*, v.67, n.5, p. 938-947, 1985.

FLETCHER, J.J. Soil erosion and land prices: discussion. *American Journal of Agricultural Economics*, v.67, n.5, p. 954-956, 1985.

FOSTER, D.L.; BARDOS, C.P.; SOUTHGATE, D.D. Soil erosion and water treatment costs. *Journal of Soil and Water Conservation*, v. 42, n. 5, p. 349-352, 1987.

GARDNER, K.; BARROWS, R. The impact of soil conservation investments on land prices. *American Journal of Agricultural Economics*, v. 67, n. 5, p. 943-947, 1985.



HARTWICK, J. Intergenerational equity and the investing of rents of exhaustible resources. *American Economic Review*, v. 67, n. 5, p. 972-974, 1977.

HERTZLER, G.; IBAÑEZ-MEIER, C. A.; JOLLY, R. W. User coast of soil erosion and their effect on agricultural land prices: cost variables and capitalized hamiltonians. *American Journal of Agricultural Economics*, v. 67, n. 5, p. 948-953, 1985.

JAYASURIYA, R.T. Measurement of the scarcity of soil in agriculture. *Resources Policy*, v. 29, n. 3-4, p. 119-129, 2003.

JHA, R.; WHALLEY, J. The environmental regime in developing countries. In: CARRARO, A.; METCALF, G.E. (eds.). *Behavioral and distributional effects of environmental policy*. Chicago: The University of Chicago Press, 2001, p. 217-250.

KNOWLER, D.J. The economics of soil productivity: local, national and global perspectives. *Land Degradation & Development*, v. 15, n. 6, p. 543-561, 2004.

LAL, R. Soil management in the developing countries. *Soil Science*, v. 165, n. 1, p. 57-72, 2000.

LAL, R. Managing soils for feeding a global population of 10 billion. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 86, n. 14, p. 2273-2284, 2006.

LAL, R. Soil science and the carbon civilization. *Soil Science Society of America Journal*, v. 71, n. 5, p. 1425-1437, 2007.

MARQUES, J.F. Custos da erosão do solo em razão dos seus efeitos internos e externos à área de produção agrícola. *Revista Brasileira de Economia e Sociologia Rural*, v. 36, n. 1, p. 61-79, 1998.

MARQUES, J.Q.A.; BERTONI, J.; BARRETO, G.B. Perdas por erosão no estado de São Paulo. *Bragantia*, v. 20, n. 2, p. 1143-1182, 1961.

MICHELLON, E.; REYDON, B. P. As políticas públicas de controle da erosão e o mercado de terras: uma análise a partir do Paraná. In: REYDON, B. P.; CORNÉLIO; F.N.M. (Org.). *Mercado de terras no Brasil: estrutura e dinâmica*. Brasília: NEAD, 2006, p. 287-311.

MONTANARELLA, L. Trends in Land Degradation in Europe. In: SIVAKUMAR, M.V.K.; NDIANG'UI, N. (eds.). *Climate and Land Degradation*. New York, Springer, 2007, p. 83-104.

MONTGOMERY, D.R. Soil erosion and agricultural sustainability. *PNAS*, v. 104, n. 33, p. 13268-13272, 2007.

NI, J.R.; LI, Y.K. Approach to soil erosion assessment in terms of land-use structure changes. *Journal of Soil and Water Conservation*, v. 58, n. 3, p. 158-169, 2003.

PALMQUIST, R.B.; DANIELSON, L.E. A hedonic study of the effects of erosion control and drainage on farmland values. *American Journal of Agricultural Economics*, v. 71, n. 1, p. 53-62, 1989.



PIMENTEL, D. Soil erosion: a food and environmental threat. *Environment, Development and Sustainability*, v. 8, n. 1, p. 119-137, 2006.

PIMENTEL, D.; HARVEY, C.; RESOSUDARMO, P.; SINCLAIR, K.; KURZ, D.; MCNAIR, M.; CRIST, S.; SPHPRITZ, L.; FITTON, L.; SAFFOURI, R.; BLAIR, R. Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. *Science*, v. 267, n. 5201, p. 1117-1123, 1995.

PYNDICK, R.S.; RUBINFELD, D.L. *Microeconomics*. London: Printece Hall, 2001.

ROBERTSON, R.A.; COLLETTI, J.P. *Off-site* impacts of soil erosion on recreation : the case of Lake Red Rock Reservoir in central Iowa. *Journal of Soil and Water Conservation*, v. 49, n. 6, p. 576-581, 1994.

RODRIGUES, W. Valoração econômica dos impactos ambientais de tecnologias de plantio em Região de Cerrados. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 43, n. 1, p. 135-153, 2005.

SALVATI, L.; ZITTI, M. Assessing the impact of ecological and economic factors on land degradation vulnerability through multiway analysis. *Ecological Indicators*, v. 9, n. 2, p. 357-363, 2009.

SARCINELLI, O.; MARQUES, J.F.; ROMEIRO, A.R. Custos e benefícios da adoção de práticas e medidas para conservação do solo agrícola: um estudo de caso na microbacia hidrográfica do córrego Oriçandinha. *Informações Econômicas*, v. 39, n. 4, p. 5-16, 2009.

SILVA, J.R.C.; COELHO, M.A.; MOREIRA, E.G.S.; OLIVEIRA NETO, P.R. Efeitos da erosão na produtividade de dois solos da classe Latossolo vermelho-amarelo. *Revista Ciência Agrônômica*, v. 16, n. 1, p. 55-63, 1985.

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

SPAROVEK, G.; DE MARIA, I.C. Multiperspective analysis of erosion tolerance. *Scientia Agricola*, v. 60, n. 2, p. 409-416, 2003.

STEVENS, T. H.; ECHEVERRIA, J.; GLASS, R. J.; HAGER, T.; MORE, T. A. Measuring the existence value of wildlife: what do CVM estimates really show? *Land Economics*, v. 67, n. 4, p. 390-400, 1991.

STROOSNIJDER, L. Measurement of erosion: is it possible? *CATENA*, v. 64, n. 2-3, p. 162-173, 2005.

TENBERG, A.; VEIGA, M.; DECHEN, S.C.F.; STOCKING, M.A. Modelling the impact of erosion on soil productivity: a comparative evaluation of approaches on data from southern Brazil. *Experimental Agriculture*, v. 34, n. 1, p. 55-71, 1998.

TRIMBLE, S.W.; CROSSON, P. U.S. Soil erosion rates : myth and reality. *Science*, v. 289, n. 5477, p. 248-250, 2000.



URI, N.D. Factors affecting the use of conservation tillage in the United States. *Water, Air, & Soil Pollution*, v. 116, n. 3-4, p. 621-638, 1999.

URI, N.D. Agriculture and environment: the problem of soil erosion. *Journal of Sustainable Agriculture*, v. 16, n. 4, p. 71-94, 2000.

URI, N.D. The environmental implications of soil erosion in the United States. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 66, n. 3, p. 293-312, 2001.

VAN KOOTEN, G.C.; WEISENSEL, W.P.; CHINTHAMMIT, D. Valuing trade-offs between net returns and stewardship practices: the case of soil conservation in Saskatchewan. *American Journal of Agricultural Economics*, v. 72, n. 1, p. 104-113, 1990.

WALKER, D.J. A damage function to evaluate erosion control economics. *American Journal of Agricultural Economics*, v. 64, n. 4, p. 690-698, 1982.

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

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. *Rainfall-erosion losses from cropland east of the Rock Mountains: guide for selection of practices for soil and water conservation*. Washington: USDA, 1965. (Agriculture Handbook, 282)