



## Análise da viabilidade técnica, econômica e ambiental da aplicação de medidas de intervenção para o controle erosivo em uma propriedade rural em Caxias do Sul, Brasil

**Nathália Vieceli<sup>1</sup>, Juliano Rodrigues Gimenez<sup>2</sup>, Gisele Cemin<sup>3</sup> Vania Elisabete Schneider<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Universidade de Caxias do Sul (ncvieceli@ucs.br)

<sup>2</sup> Universidade de Caxias do Sul (jrgimene@ucs.br)

<sup>3</sup> Universidade de Caxias do Sul (gcemin3@ucs.br)

<sup>4</sup> Universidade de Caxias do Sul (veschnei@ucs.br)

### Resumo

O principal objetivo deste trabalho foi avaliar a viabilidade técnica, econômica e ambiental da aplicação de medidas de intervenção para o controle erosivo em uma propriedade rural em Caxias do Sul, Sul do Brasil. As medidas foram propostas com base no diagnóstico da área e os possíveis benefícios das mesmas foram avaliados sob o conceito do provedor-recebedor, simulando a aplicação do Programa Produtor de Água, sendo as perdas estimadas através da Equação Universal da Perda de Solos e pelo Método do Custo de Reposição de Nutrientes. A análise da viabilidade econômica foi realizada pelos métodos do Valor Presente Líquido (VPL), Relação Benefício/Custo (B/C) e Taxa Interna de Retorno (TIR), considerando-se os custos de implantação e manutenção das medidas propostas segundo dois cenários, para um período de trinta anos. No primeiro cenário obteve-se um VPL negativo de R\$ 22.318,34 e relação B/C de 0,70. O segundo cenário apresentou um VPL positivo de R\$ 443,86, relação B/C de 1,06 e TIR de 0,304%, indicando viabilidade econômica, porém baixa atratividade. Convém ressaltar que os impactos da erosão em termos econômicos podem ser muito mais graves do que os estimados, gerando prejuízos que vão desde a redução da produtividade até a desvalorização da propriedade, sendo, entretanto, tais custos de mensuração mais complexa. Deste modo, os benefícios intangíveis gerados com a implantação das medidas propostas devem também ser avaliados cuidadosamente na tomada de decisão.

Palavras-chave: Erosão. Conservação dos solos. Viabilidade.

Área Temática: Gestão Ambiental Pública

## **Analysis of the technical, economic and environmental viability of the application of intervention measures to erosion control in rural areas in Caxias do Sul, Brazil**

### **Abstract**

*The main objective of this study was to analyze the technical, economic and environmental intervention measures to control erosion in a rural area, in Caxias do Sul, South of Brazil. The measures were proposed based on the diagnosis of the area and the potential benefits of the same were evaluated under the concept of provider-receiver, simulating the application of the Water Producer Program and losses through Equation Universal Soil Loss and Method Replacement Cost of Nutrients. Finally was performed the analysis of the technical, economic and environmental impact of the proposed measures. The economic viability analysis was performed by the methods of Net Present Value (NPV) Benefit/Cost ratio (B/C) and Internal Rate of Return (IRR), considering the costs of implementation and maintenance of the*



*proposed measures for two scenarios for a period of thirty years. In the first scenario was obtained a negative NPV of R\$ 22,318.34 and a B/C ratio of 0.70. The second scenario showed a positive NPV of R\$ 443.86, B/C ratio of 1.06 and IRR of 0.304%, indicating economic viability, but low attractiveness. It is noteworthy that the impacts of erosion in economic terms can be much more severe than those estimated, generating damages which range from reduced productivity to the depreciation of the property, being, however, the measurement of these costs more complex. Thus, the intangible benefits generated with the implementation of the proposed measures should also be carefully considered in the decision making.*

**Key words:** *Erosion. Soil conservation. Viability.*

**Theme Area:** *Public Environmental Management*

## 1 Introdução

Embora a conservação e proteção dos solos como patrimônio nacional estejam previstas em um conjunto de leis, que estabelecem também a fiscalização e preservação dos recursos naturais como responsabilidade dos seus proprietários e usuários, de acordo com Telles e Guimarães (2009), a erosão hídrica representa ainda a principal forma de degradação dos solos no Brasil, promovendo o transporte de partículas, nutrientes, matéria orgânica e defensivos agrícolas do solo.

A erosão pode ocorrer em áreas urbanas ou rurais, sendo que os aspectos da paisagem local e regional (sua geologia, geomorfologia, pedologia, climatologia e hidrologia) são fundamentais na dinâmica dos processos erosivos e influenciam na localização das áreas mais suscetíveis. Por outro lado, as formas de uso do solo (agricultura, pecuária, silvicultura, entre outras) e as práticas de manejo e conservação afetam o ritmo temporal dos processos erosivos (FRANCISCO, 2011).

Além disso, quando os processos erosivos se desenvolvem em bacias hidrográficas que contribuem para reservatórios, podem originar-se diversos mecanismos de assoreamento, fato que colabora tanto para a diminuição da quantidade como da qualidade dos recursos hídricos (GUIMARÃES & SANTOS, 2007), o que pode refletir-se em aumento dos custos para o tratamento e captação da água reservada, no caso de reservatórios para abastecimento público. Quando os reservatórios estão inseridos em áreas rurais, os poluentes resultantes do deflúvio superficial agrícola, constituídos por sedimentos, nutrientes, agroquímicos e dejetos animais (MARTEN & MINELLA, 2002) também são transportados para os reservatórios de captação de água, contribuindo para a eutrofização dos mesmos.

De acordo com Cogo *et al.* (2003), a erosão é a forma mais prejudicial de degradação do solo, visto que além de reduzir sua capacidade produtiva para as culturas pode também causar sérios danos ambientais, tais como o assoreamento e poluição das fontes de água. Contudo, usando adequados sistemas de manejo do solo e práticas conservacionistas bem planejadas de suporte, os problemas de erosão podem ser satisfatoriamente resolvidos.

Torna-se evidente que a erosão representa ainda um sério problema, sendo comum em meios urbanos e rurais, sendo necessária a adoção de políticas estratégicas que envolvam a determinação das áreas mais suscetíveis a processos erosivos bem como a adoção de medidas de conservação destas áreas, de modo a promover a preservação do solo, recurso que exerce importante papel social e econômico na sociedade.

Deste modo, o principal objetivo deste trabalho foi propor e planejar medidas de intervenção para o controle erosivo em uma área localizada no município de Caxias do Sul, bem como analisar a viabilidade econômica, técnica e ambiental das medidas propostas,



buscando evitar a ocorrência de processos erosivos na propriedade, atendendo a legislação atual e, preservando a capacidade produtiva da mesma, minimizando impactos ambientais.

## 2 Metodologia

A área de estudo possui cerca de 14,50 hectares e está localizada no município de Caxias do Sul, na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul, Sul do Brasil, próximo da represa Faxinal, que representa atualmente o principal reservatório de água utilizada para abastecimento no referido município. Na Figura 1 é possível observar a localização da área de estudo em relação à represa, bem como as principais vias de acesso na região.

Figura 1 – Localização da área de estudo em relação à represa Faxinal e principais vias de acesso



Fonte: Adaptado pelos autores de imagem extraída de Google Maps (2012)

Inicialmente realizou-se um diagnóstico da área. A declividade foi determinada com base nas curvas de nível do local; como características físico-químicas do solo na área, foram adotados valores obtidos através de análise de solo da mesma ordem que predomina na região, que foram gentilmente fornecidas pelo Laboratório de Química e Fertilidade do Solo, da Universidade de Caxias do Sul; as condições de uso e ocupação da área foram determinadas com base em imagens de satélite extraídas do Google Earth (2012); a capacidade de uso da terra foi avaliada segundo a metodologia desenvolvida nos Estados Unidos pelo Serviço Nacional de Conservação do Solo (NRCSUSDA), proposta em 1961 por Klingebiel e Montgomery (GIASSON, 2009). Com base no diagnóstico da área e nos usos pretendidos para a mesma, foram propostas medidas de intervenção para o controle erosivo, segundo recomendações técnicas propostas por Pires e Souza (2006), Casarin e Oliveira (2009), Pruski (2006), Bertoni e Neto (2005), Daker (1987) e Griebeler *et al.* (2005).

Os possíveis benefícios das medidas propostas foram avaliados sob o conceito do provedor-recededor, simulando-se a aplicação do Programa Produtor de Água, gerenciado pela Agência Nacional de Águas (ANA), com base nas proposições da ANA (2009) e nos trabalhos desenvolvidos por Chaves *et al.* (2004, 2005).

Além disso, as atuais perdas de solo na propriedade foram estimadas através da Equação Universal da Perda de Solos, sendo a perda econômica correspondente estimada pelo Método do Custo de Reposição de Nutrientes (BROWN & WOLF, 1984 apud MARQUES & PAZZIANOTTO, 2004). Realizou-se por fim a análise da viabilidade técnica, econômica e ambiental das medidas propostas. A análise da viabilidade econômica foi realizada pelos métodos do Valor Presente Líquido (VPL), Relação Benefício/Custo (B/C) e Taxa Interna de Retorno (TIR), considerando-se os custos de implantação e manutenção das medidas



propostas segundo dois cenários, para um período de trinta anos. No cenário 1 foram consideradas as receitas estimadas com a economia de reposição de nutrientes por fertilizantes. No cenário 2, além das receitas com a economia de reposição de nutrientes, foram considerados os possíveis benefícios econômicos advindos do Programa Produtor de Água.

Para a correção dos valores atuais de receitas e custos, de modo a se obter estes valores no futuro, considerou-se a taxação do IGPM (Índice Geral de Preços do Mercado) dos últimos 12 meses, de 6,22%. Para o cálculo da viabilidade econômica, utilizou-se os valores de receitas e custos em valor presente, utilizando-se para tal finalidade a Taxa de Juros de Longo Prazo (TJLP), determinada pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), fixada pelo Conselho Monetário Nacional, com vigência trimestral. Para o período de abril a junho de 2013, a TJLP foi de 5% a.a. (BNDES, 2013).

### 3 Resultados e Discussão

Com base no diagnóstico, identificou-se a ocorrência de uma declividade de 15,26% na área de estudo, uso e ocupação do solo predominante de solo exposto (52,92% da área), com predomínio de Cambissolos, com capacidade de uso caracterizada na Classe IV, em virtude do fator limitante de declividade.

Na Tabela 1 é possível observar um resumo das medidas de intervenção propostas, bem como o orçamento estimado para implementação das mesmas.

Tabela 1 – Resumo das medidas de intervenção propostas e orçamento estimado para implementação

Descrição da medida	Detalhamento da medida	Quantidade	Valor (R\$)
Serviços técnicos preliminares	Licenças e Anotação de Responsabilidade Técnica (ART)	02 vb	1.920,46
Distribuição dos caminhos	Serviço de abertura de estrada não pavimentada	120 m <sup>3</sup>	2.250,00
Canal de derivação	Escavação mecânica de solo de 1 <sup>a</sup> categoria, disposição de solo e colocação de gramíneas	90 m <sup>3</sup> ou 220 m <sup>2</sup>	1.242,50
Sistema de terraços	Locação e construção de terraços de base estreita, tipo Nichols	10 ha	2.500,00
Canais escoadouros	Escavação mecânica de solo de 1 <sup>a</sup> categoria, disposição de solo e colocação de gramíneas	100 m <sup>3</sup> ou 470 m <sup>2</sup>	2.037,50
<b>TOTAL</b>			<b>9.950,46</b>

Fonte: Elaborado pelos autores (2013)

Conforme apresentado na Tabela 1, o investimento necessário estimado para a implantação das medidas propostas foi de R\$ 9.950,46; enquanto que o investimento anual estimado para a manutenção das medidas de R\$ 1.756,55.

A perda anual total de solos estimada na área sem a adoção das medidas de intervenção para a conservação do solo foi de **386,75 toneladas**. Com a implantação das medidas propostas, com base nos percentuais de abatimento de erosão propostos pela ANA (2009) o abatimento anual nas perdas de solo poderia atingir **222,75 t/ano**.

Com base no percentual de abatimento de erosão, os possíveis benefícios econômicos advindos do Programa Produtor de Água foram estimados em um valor de pagamento incentivado anual de **R\$ 758,74**.



Considerando a perda de solos estimada e o percentual de abatimento de erosão, as perdas anuais de nutrientes e os custos para reposição através de fertilizantes são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Perdas anuais de nutrientes e custo de reposição por necessidade de fertilizantes

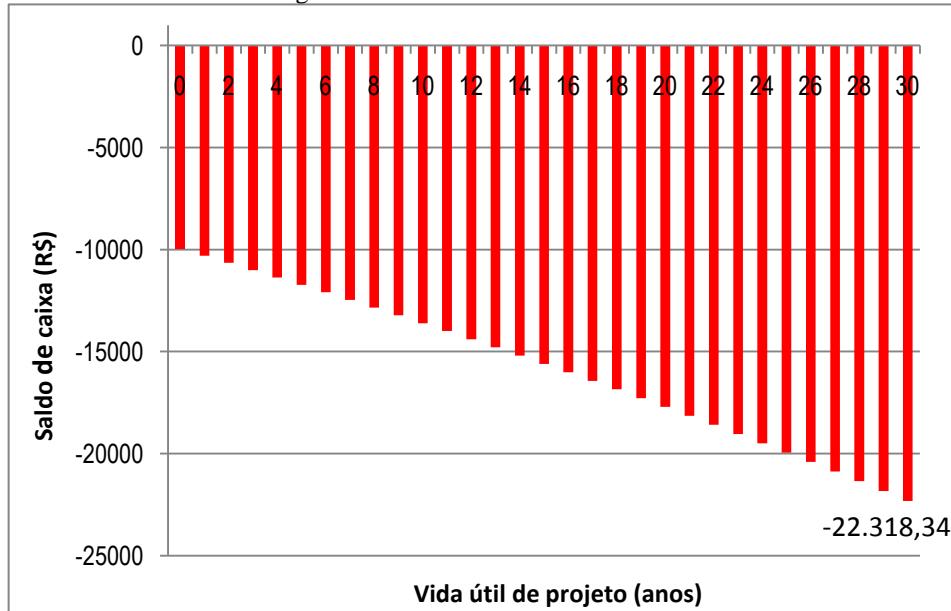
Fertilizante	Preço (R\$/t)	Reposição (t/ano)	Custo de reposição (R\$/ano)
Sulfato de amônio (20% N)	558,00	2,3389	1.305,10
Superfosfato simples (18% de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	520,00	0,1412	73,424
Cloreto de Potássio (58% de K <sub>2</sub> O)	860,00	0,00552	4,7447
Calcário Dolomítico (38% de Ca+Mg)	25,90	1,16247	30,108

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos coeficientes técnicos propostos por Belinazzi *et al.* (1981) apud Marques e Pazzianotto (2004).

Ao avaliar-se o saldo de caixa no Cenário 1, o mesmo vai tornando-se cada vez mais negativo ao longo do período de análise, visto que as receitas obtidas são inferiores aos custos de implantação e manutenção das medidas propostas, apresentando assim um VPL negativo de R\$ 22.318,34 (Figura 2). A relação B/C obtida foi de 0,70, indicando que os benefícios são inferiores aos custos e as medidas não são viáveis economicamente. Considerando-se o exposto, não foi possível determinar a TIR, já que despesas não são igualáveis aos benefícios.

É importante ressaltar que os únicos benefícios contemplados neste cenário foram com as despesas evitadas com reposição de nutrientes perdidos por erosão, contudo, sabe-se que os impactos da erosão em termos econômicos podem ser muito mais graves, gerando prejuízos que vão desde a redução da produtividade até a desvalorização da propriedade, sendo, entretanto, tais custos de mensuração mais complexa. Deste modo, os benefícios intangíveis gerados com a implantação das medidas propostas devem também ser avaliados cuidadosamente na tomada de decisão.

Figura 2 – Saldo de Caixa do Cenário 1

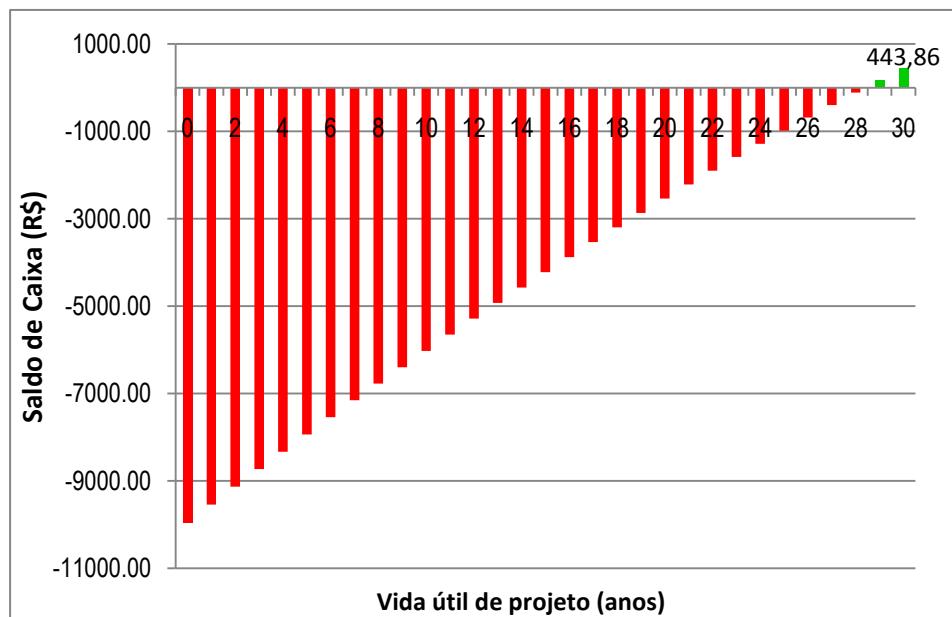


Fonte: Elaborado pelos autores (2013)



Por outro lado, no Cenário 2 o saldo de caixa vai se tornando menos negativo ao longo do período avaliado, tornando-se positivo no 29º ano, quando as receitas tornam-se superiores aos custos, apresentando deste modo um VPL positivo de R\$ 443,86 (Figura 3), confirmando assim que as receitas são superiores aos custos das medidas propostas no período de análise. A Relação B/C foi de 1,06, corroborando a afirmação de que os benefícios são superiores aos custos no período contemplado, o que indica que o mesmo é economicamente viável. A TIR obtida foi de 0,304%, sendo considerada baixa se comparada com investimentos de baixo risco.

Figura 3 – Saldo de Caixa do Cenário 2



Fonte: Elaborado pelos autores (2013)

Contudo, como discutido no Cenário 1, os benefícios intangíveis devem ser também avaliados na tomada de decisão, visto que os prejuízos econômicos por conta da erosão, embora de difícil mensuração, podem ser mais graves do que os estimados, gerando impactos sociais associados à perda da base de subsistência de famílias, redução da qualidade da água e capacidade de armazenamento de reservatórios, aumento dos custos de tratamento de água, assoreamento de corpos hídricos, redução da produtividade e até mesmo desvalorização e perda das terras.

Convém destacar que as medidas propostas apresentam viabilidade ambiental e técnica, visto que foram priorizadas técnicas amplamente difundidas.

#### 4 Conclusões

As medidas de intervenção propostas neste trabalho não apresentaram viabilidade econômica quando aplicadas à área de estudo no Cenário 1, contemplando-se apenas como receitas a economia com reposição de fertilizantes. Por outro lado, ao considerar-se no Cenário 2 também as receitas possivelmente advindas do Programa Produtor de Água, as medidas tornaram-se viáveis no período avaliado, contudo apresentando baixa atratividade se comparadas com investimentos de baixo risco.



## 4º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 23 a 25 de Abril de 2014

Entretanto, os impactos econômicos da erosão são mais graves do que os estimados, sendo de difícil mensuração, gerando prejuízos desde a redução da produtividade até a desvalorização da terra. Os impactos da erosão se refletem em prejuízos para toda a sociedade, devendo-se assim também contemplar os benefícios intangíveis das medidas propostas ao avaliar-se a viabilidade de implantação de medidas de intervenção.

Além disso, é importante destacar que os possíveis benefícios advindos do Programa Produtor de Água foram neste caso significantes na viabilidade das medidas propostas, ressaltando-se com isso a necessidade da discussão da aplicabilidade deste projeto em regiões de importância estratégica nas bacias hidrográficas do país, de modo a promover um incentivo aos produtores para a preservação destes recursos, visto que estarão exercendo ações com benefício à coletividade.

### Agradecimentos

Os autores agradecem à Secretaria de Meio Ambiente do município de Caxias do Sul pela assistência prestada durante o período de estudo.

### Referências

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Programa produtor de água:** Manual operativo. Brasília: ANA, SUM, 2009. 67p.
- BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL – BNDES. Disponível em:<[http://www.bnDES.gov.br/SiteBNDES/bnDES/bnDES\\_pt/Ferramentas\\_e\\_Normas/Custos\\_Financeiros/Taxa\\_de\\_Juros\\_de\\_Longo\\_Prazo\\_TJLP/](http://www.bnDES.gov.br/SiteBNDES/bnDES/bnDES_pt/Ferramentas_e_Normas/Custos_Financeiros/Taxa_de_Juros_de_Longo_Prazo_TJLP/)>. Acesso em maio 2013.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo.** 5. ed. São Paulo: Ícone, 2005. 355 p. (Coleção Brasil agrícola) ISBN 8527401436.
- CASARIN, R. D.; OLIVEIRA, E. L. DE. Controle da erosão em estradas rurais não pavimentadas, utilizando sistema de terraceamento com gradiente associado a bacias de captação. **Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 4, p. 548-563, out. – dez. 2009. ISSN 1808-3765.
- CHAVES, H. M. L. *et al.* Quantificação dos Benefícios Ambientais e Compensações Financeiras do “Programa Produtor de Água” (ANA): I. Teoria. **RBRH- Revista Brasileira de Recursos Hídricos.** v. 9, n. 3, p 5-14, jul./set. 2004.
- CHAVES, H. M. L. *et al.* Quantificação dos Benefícios Ambientais e Compensações Financeiras do “Programa Produtor de Água” (ANA): II. Aplicação. **RBRH- Revista Brasileira de Recursos Hídricos.** v. 9, n. 3, p 5-21, 2005.
- COGO, N. P. *et al.* Perdas de solo e água por erosão hídrica na influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. **R. Bras. Ci. Solo.** v. 27, p. 743753, 2003.
- DAKER, A. **A água na agricultura.** 7.ed. rev. ampl. Rio de Janeiro: F. Bastos, 1987-1988.



## 4º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 23 a 25 de Abril de 2014

FRANCISCO, A. B. A erosão de solos no extremo oeste paulista e seus impactos no campo e na cidade. **Revista GEOMAE**. Campo Mourão, PR, v. 2, n. 2, p. 57-68, 2011. ISSN 21783306.

GIASSON, E. **Técnicas de avaliação de aptidão das terras**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Núcleo de Apoio Pedagógico à Educação a Distância (NAPEAD). 2011. Disponível em: <<http://thor.sead.ufrgs.br/objetos/tecnicas-avaliacao-terrass/>>. Acesso em 27 out. 2012.

GRIEBELER, N. P.; PRUSKI, F. F.; TEIXEIRA, A. F.; SILVA, D. D. Modelo para o dimensionamento e locação de sistemas de terraceamento em nível. **Eng. Agríc. Jaboticabal**, v. 25, n. 3, p. 696-704, set./dez. 2005.

GUIMARÃES, L. J. R., SANTOS, L. J. C. Levantamento das áreas potenciais à erosão laminar como suporte à detecção das áreas-fonte ao assoreamento na barragem Piraquara I. **Revista Eletrônica Geografar**. Curitiba, v. 2, n. 2, p.172-188, jul./dez. 2007. ISSN 1981089X.

MARQUES, J. F.; PAZZIANOTTO, C. B. Custos econômicos da erosão do solo: estimativa pelo método do custo de reposição de nutrientes. Comunicado Técnico 23, Embrapa, Jaguariúna, nov. 2004. ISSN 1516-8638. Disponível em: <[http://www.cnpma.embrapa.br/analise\\_econ/](http://www.cnpma.embrapa.br/analise_econ/)>. Acesso em dez. 2012.

MARTEN, G. H., MINELLA, J. P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. **Agroecol. e Desenvol. Rur. Sustent.** Porto Alegre, v. 3, n. 4, out/dez 2002.

PIRES, F. B.; SOUZA, C. M. **Práticas mecânicas de conservação do solo e da água**. 2 ed. Viçosa, UFV, 2006. 216 p.

PRUSKI, F. F. **Conservação de solo e água**: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica. Viçosa, MG: UFV, 2006. 240 p. ISBN 8572692649.

TELLES, T. S., GUIMARÃES, M. F. Custos da Erosão. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 47., 2009, Porto Alegre. Disponível em: <[www.sober.org.br/palestra/13/1193.pdf](http://www.sober.org.br/palestra/13/1193.pdf)>. Acesso em 24 jul. 2012.