

RECURSOS HÍDRICOS

ESTIMATIVA DA EROSIDADE MÉDIA ANUAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIVARI POR DUAS METODOLOGIAS

Sany Laisla de Paula – sanylaisla@gmail.com
Graduanda em Engenharia Ambiental, UFLA, Lavras, MG, CEP 37200-000

Geovane Junqueira Alves – geovane@agricola.eng.br
Mestrando em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas, UFLA, Lavras, MG, CEP 37200-000

Carlos Rogério de Mello – crmello@deg.ufla.br
Professor Adjunto, Depto Engenharia, UFLA, Lavras, MG, CEP 37200-000

Resumo: O conhecimento da distribuição espacial da erosividade é de suma importância em estudos relacionados à erosão hídrica, uma vez que fornece subsídios para práticas conservacionistas e manejo adequado do solo. Neste sentido, objetivou-se neste trabalho o mapeamento da erosividade média anual, por dois métodos diferentes e da precipitação média anual, para a bacia hidrográfica do rio Capivari, correlacionando seus valores. Para isso, foram levantadas séries históricas de 6 estações pluviométricas, para a estimativa do coeficiente de chuva de Fournier (R_c). O ajuste entre EI_{30} e R_c foi feito com equações obtidas em três cidades do Sul de Minas Gerais localizadas próximas à bacia, estimando assim o EI_{30} anual para todas as estações. O mapeamento foi feito com o emprego do interpolador geoestatístico (Krigagem), utilizando-se modelo exponencial para a geração dos mapas, o qual apresentou bom ajuste aos dados de erosividade e precipitação, e também com a aplicação de um modelo estatístico que leve em consideração a latitude, longitude e altitude para o cálculo da erosividade. Os valores anuais de erosividade gerados a partir da EI_{30} variaram de 5.775 a 9.886 $MJ\ mm\ ha^{-1}\ ano^{-1}$, os gerados pelo modelo estatístico multivariado variaram entre 6.889 e 8.447 $MJ\ mm\ ha^{-1}\ ano^{-1}$ e os de precipitação de 1.433 a 1.680 $mm\ ano^{-1}$. Constatou-se que a EI_{30} apresentou correlação direta com a precipitação, com redução dos valores no sentido sul para o norte. Os maiores valores de erosividade ocorreram na cabeceira da bacia, onde a mesma se encontra inserida na região da Serra da Mantiqueira, assim como os maiores volumes de precipitação total anual.

Palavras-chave: Erosão hídrica, Erosividade, EI_{30}

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

A erosão hídrica é um dos principais responsáveis pela redução da aptidão agrícola do solo. Assim, o conhecimento e a quantificação dos fatores que a influenciam são fundamentais para o planejamento de uso e manejo do solo para as bases conservacionistas de uma região (CARVALHO et al., 2005).

Conceitualmente, a erosão do solo está condicionada a ação de diversos processos, os quais estão relacionados às características das chuvas, do solo, do relevo, da topografia, e do manejo e uso do solo (Hudson, 1977). Dentre estes, a erosividade da chuva pode ser considerada como a que exerce maior influência neste processo, pois ela representa o potencial de uma determinada chuva em causar o desprendimento das partículas do solo.

Segundo Wischmeier & Smith (1978), a erosividade da chuva pode ser calculada pela Equação Universal de Perda de Solo (EUPS), sendo representada pelo fator R. Sua determinação é relativamente complexa, a qual envolve um trabalho minucioso no aspecto de seleção e processamento de séries históricas de chuvas (Mello et al., 2007). Além disso, considerando que no Brasil as séries históricas de chuvas são relativamente escassas, ferramentas que possam prever tal variável são extremamente importantes no contexto hidrológico e ambiental.

Com intuito de estimar a erosividade, diversos autores correlacionaram o índice EI_{30} com o coeficiente de chuva (R_c), conhecido como índice de Fournier (Renard & Freimund, 1994). Este índice é facilmente obtido a partir de séries históricas diárias de precipitação. Para Silva (2004), o índice de Fournier simplifica a obtenção do EI_{30} , com boa acurácia na estimativa de seus valores.

Devido às características climáticas e a influência antrópica da região, onde a principal atividade econômica é a exploração agropecuária intensiva, a qual tem provocado mudanças do uso do solo devido especialmente à retirada da vegetação primária; constata-se que a área em estudo sofre influência de diversos fatores, os quais potencializam o efeito da erosividade sob o solo na região.

Neste sentido, o objetivo deste trabalho é o mapeamento da erosividade média anual, por meio de duas diferentes metodologias e suas comparações, na bacia hidrográfica do rio Capivari, a montante do Reservatório Hidrelétrico da Usina do Funil.

2. METODOLOGIA

A bacia hidrográfica do rio Capivari, região Sul de Minas Gerais, conforme observado na figura 1, encontra-se aproximadamente no quadrante de coordenadas, $21^{\circ}16'12''S$ - $44^{\circ}59'35''W$ e $22^{\circ}00'28''S$ - $44^{\circ}34'05''W$, com altitude média de 1059 m.

A área de drenagem da bacia hidrográfica do Rio Capivari (BHRC) é de aproximadamente 1925,7 Km². E de acordo com a classificação climática de Köppen, o clima predominante da bacia caracteriza-se como sendo do tipo Cwa, e Cwb na região de cabeceira, próximo a Serra da Mantiqueira.

A distribuição temporal da precipitação ocorre em duas épocas distintas, com verões quentes e chuvosos, com cerca de 85% da precipitação, e um inverno seco e frio. A precipitação média anual na bacia é de 1469 mm, sendo que próximo à Serra da Mantiqueira este valor pode chegar próximo a 1640mm.

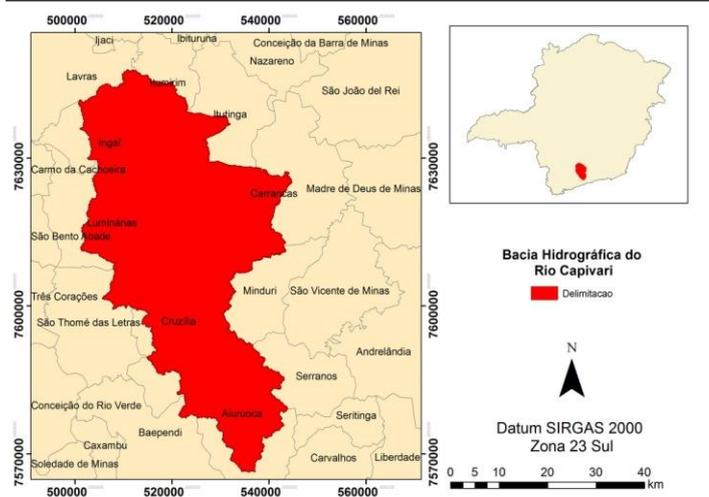


Figura1: Localização da área de estudo.

Para a determinação do coeficiente de chuva de Fournier (R_c) utilizou-se um banco de dados pluviométricos correspondente a 6 séries históricas obtidas junto ao Sistema de Informações Hidrológicas (HidroWEB) da Agência Nacional de Águas (ANA). Localizados dentro da bacia hidrográfica ou em seu entorno, estas estações, juntamente com o modelo de elevação digital (MDE) da bacia hidrográfica do rio Capivari podem ser vistos na figura 2.

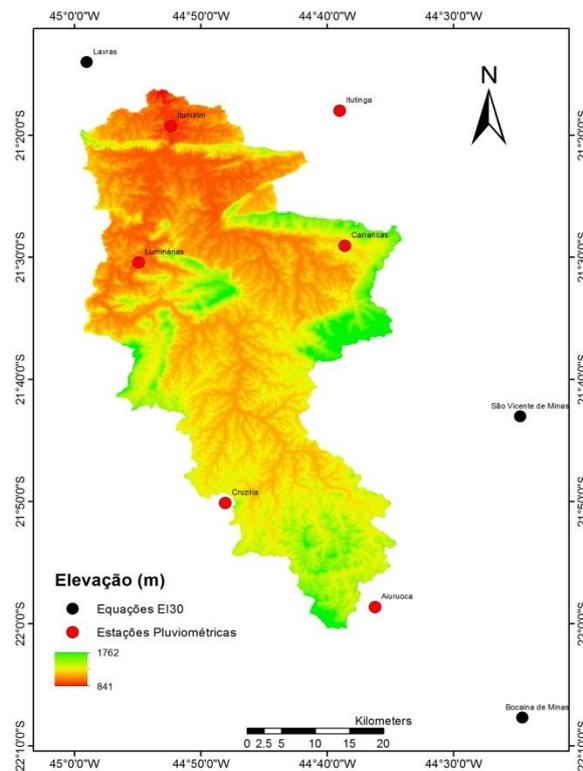


Figura 2: Modelo Digital de Elevação, estações pluviométricas utilizadas no cálculo do EI_{30} , e localidade das estações.

A erosividade média anual foi calculada com base no índice EI₃₀. Para isso, utilizou-se equações matemáticas que associam este índice com o Rc. Segundo Renard & Freimund (1994), o Rc pode ser determinado por:

$$Rc = p^2/P \quad (1)$$

Em que Rc é o coeficiente de chuva (mm); p é a precipitação média mensal (mm); e P é a precipitação média anual (mm) (Mello et al., 2007).

O ajuste da relação entre Rc e EI₃₀ foi feito com as equações apresentadas a seguir, sendo estas elaboradas nos municípios de Lavras (Val, 1985): EI₃₀=85,672×(Rc^{0,6557}) R² = 0,9786; Bocaina de Minas: EI₃₀=102,53×(Rc^{0,7586}) R² = 0,9707; e São Vicente de Minas: EI₃₀=72,8×(Rc^{0,7783}) R²=0,9805. Para a aplicação destas equações considerou-se a metodologia dos polígonos de Thiessen(Tucci, 2005).

Considerando a metodologia dos polígonos de Thiessen, para a aplicação das três equações verifica-se que, a região que se localiza no entorno da Serra da Mantiqueira, ou seja, na cabeceira da bacia, utilizou-se a equação correspondente ao município de Bocaina de Minas. Para a região central utilizou-se a equação referente ao município de São Vicente de Minas. Finalmente, para a região que se encontra na porção norte da bacia, empregou-se a equação referente ao município de Lavras.

Após a determinação da média anual de erosividade da chuva para as respectivas regiões, procedeu-se com mapeamento juntamente com o mapeamento da precipitação total anual, a fim de associar os mapas de tais variáveis.

Os mapeamentos tanto da erosividade média anual quanto da precipitação média anual, foram feitos com o emprego do interpolador geoestatístico (Krigagem), utilizando-se o modelo exponencial para a geração dos mapas, o qual tem apresentado bom ajuste aos dados de erosividade e precipitação (Mello et al., 2007, Ávila et al., 2009; Danfá et al.; 2011; Viola et al.; 2010). Como uma segunda forma de calcular a erosividade, neste trabalho foi também utilizado um modelo estatístico multivariado desenvolvido por Mello et al. (2011), no qual, através de um MDE é possível estimar a erosividade média anual (R) em função da latitude, longitude e altitude de cada uma das células da bacia hidrográfica. Recurso muito funcional, uma vez que, é possível caracterizar a erosividade da chuva de forma distribuída. O modelo para estimativa da erosividade, desenvolvido por Mello et al. (2011), para a região sudeste do Brasil, é o seguinte:

$$R = -399433 + 420.49 \times A - 78296 \times LA - 0.01784 \times A^2 - 1594.04 \times LA^2 + 195.84 \times LO^2 + 17.77 \times LO \times A - 1716.27 \times LA \times LO + 0.1851 \times LO^2 \times A + 0.00001002 \times LO^2 \times A^2 + 1.389 \times LO^2 \times LA^2 + 0.01364 \times LA^2 \times LO^3 \quad (2)$$

Em que A é a altitude (m); LA é a latitude e LO é a longitude, ambos em graus decimais negativos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A (Fig.3) e a (Fig. 4) apresentam os mapas de erosividade média anual (MJ.mm.ha⁻¹.ano⁻¹) e de precipitação média anual (mm) para a bacia hidrográfica do rio Capivari, respectivamente.

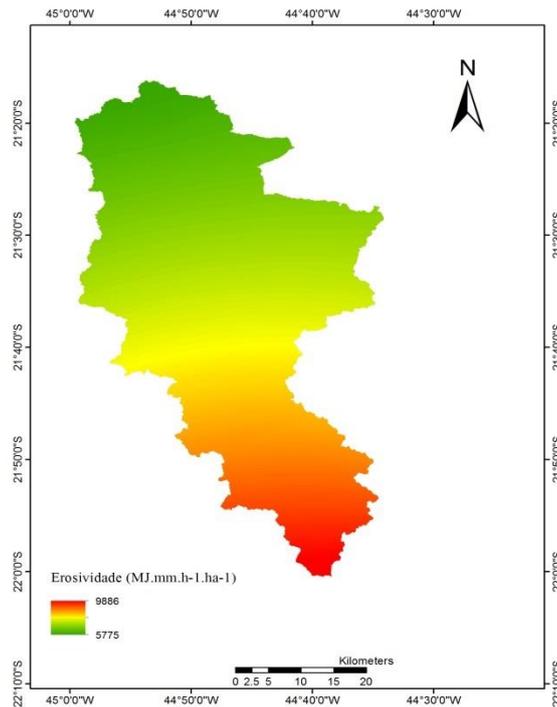


Figura 3: Mapa de erosividade anual do Sul de Minas Gerais

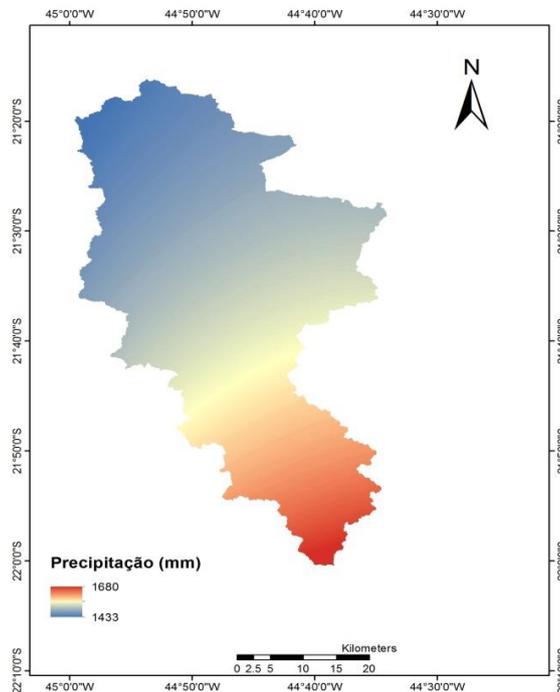


Figura 4. Mapa de precipitação anual (mm) do Sul de Minas Gerais

Analisando-se as figuras, observa-se correlação direta entre os valores de erosividade média anual e precipitação média anual para a região estudada. No mapa de a precipitação média anual (Fig. 4) verifica-se que existe uma variabilidade dos valores de

precipitação pluviométrica, variando de 1433 a 1680 mm. Observou-se também uma concentração de valores elevados de precipitação na porção Sul da bacia, região mais próxima da Serra da Mantiqueira, local onde se encontra a maior média anual. De acordo com as observações é possível constatar que as maiores concentrações foram ao longo da Serra da Mantiqueira, podendo ser justificada pela ocorrência de chuvas orográficas, causadas pela ascensão de massas de ar, forçadas por barreiras montanhosas, apresentando baixa intensidade e longa duração (Ávila et al., 2009). Na porção norte, observou-se menores valores de precipitação, variando de 1.433 a 1.500 mm.

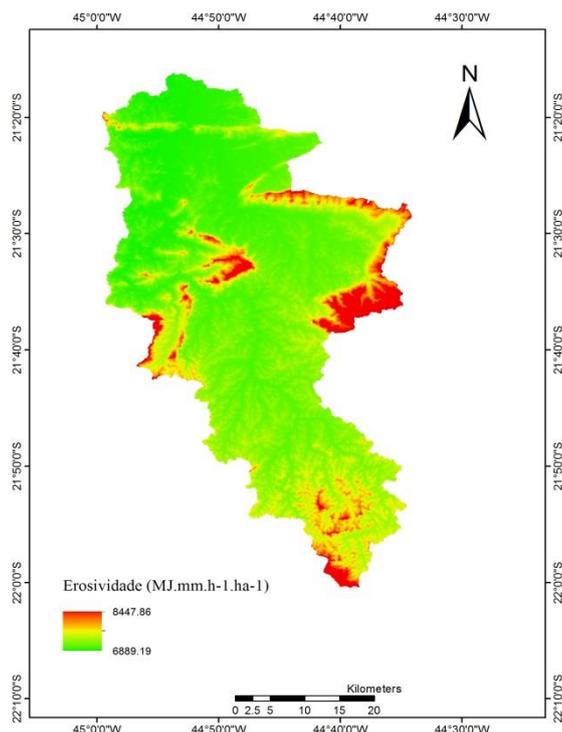


Figura 5: Mapa2 de erosividade anual do Sul de Minas Gerais

A erosividade, na figura 3, variou entre 5.775 e 9.886 $\text{MJ.mm.ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ na totalidade da área estudada. A região da Serra da Mantiqueira apresentou maiores valores de erosividade média anual, atingindo valores próximos a $9.886\text{MJ.mm.h}^{-1}\text{.ha}^{-1}$. Na porção norte, por sua vez, apresentou menores valores de erosividade. Desta forma, constata-se correlação direta da erosividade média anual com a precipitação.

No entanto, quando se analisa a figura 5, no qual a erosividade variou de 6.889 a $8.444\text{MJ.mm.ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$, essa correlação direta não pode ser feita, já que o método elaborado por Mello et al. (2011), leva em consideração as variáveis latitude, longitude e altitude, e não considera precipitação. Neste caso, fica evidente o efeito da altitude no cálculo da erosividade, pois, mesmo em localidades muito próximas, a altitude aumenta significativamente o resultado, fato este que não ocorre, uma vez que a erosividade é um fator intrínseco à chuva.

Na figura 5, pode-se observar que os valores mais altos de erosividade estão nos locais de maior elevação (figura 2) e quando comparado com a figura 3, pode-se observar que um grande peso foi dado a altitude no método elaborado por Mello et al. (2011), como é possível analisar na região de Minduri, que apresenta elevada altitude e elevados valores de

erosividade pela figura 5 e valores medianos pelo método da EI_{30} (figura 3). Outras divergências podem estar associadas a vários fatores como, concentração de chuvas em uma determinada época do ano (Mello et al., 2007), ações antrópicas, tipo de solo, topografia, dentre outros.

Estudos feitos por Mello, et al.; (2007) demonstraram que a erosividade média anual em Minas Gerais variou de 5.000 a valores acima de 12.000 $MJ.mm.ha^{-1}.ano^{-1}$, com um total anual de precipitação oscilando entre 800 e 1.700 mm. Segundo ainda os mesmos autores, e considerando apenas a região Sul de Minas Gerais, classificou-se a mesma com base em Foster et.al. (1981), como sendo uma região de erosividade média a alta, com valores oscilando entre 4.905 e 7.357 $MJ.mm.ha^{-1}.ano^{-1}$, e precipitações totais superiores a 1.500 mm.

Apesar das diferenças devido ao efeito topográfico, a equação elaborada por Mello et al. (2011), se mostrou ser eficiente para o cálculo da erosividade, ainda mais devido à sua facilidade para a estimativa da erosividade em grandes regiões.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A região em estudo apresentou elevados valores de erosividade, com considerável redução no sentido sul – norte do Estado. Apesar da erosividade estar estritamente ligada com a precipitação, o aumento dos valores da quantidade de chuva anual não produzirá necessariamente maiores valores de erosividade (EI_{30}). Outros fatores como por exemplo, a distribuição das chuvas ao longo do ano, também interferem nos valores de erosividade.

O método elaborado por Mello et al. (2011), superestima a erosividade em regiões de elevadas altitudes, quando comparado com o método da EI_{30} , no entanto constitui uma relevante ferramenta para o cálculo da erosividade em regiões onde não há disponibilidade de dados de precipitação, ou ainda aquelas que não apresentam equações de EI_{30} previamente elaboradas, sendo, portanto, uma ferramenta extremamente útil para a estimativa da erosividade em grandes áreas.

É visto que a alta erosividade em algumas regiões requer um melhor manejo do solo e da vegetação, evitando assim problemas com a erosão. Ainda mais nas regiões em que o relevo do solo é alto, contribuindo ainda mais para o transporte de sedimentos.

5. REFERÊNCIAS E CITAÇÕES

ÁVILA, L.F.; MELLO, C.R.; VIOLA, M.R. Mapeamento da precipitação mínima provável para o sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, p. 906-915, 2009.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 5.ed. São Paulo: Ícone, 2005. 355p.

CARVALHO, D.F. de; MONTEBELLER, C.A.; FRANCO, E.M.; VALCARCEL, R.; BERTOL, I. Padrões de precipitação e índices de erosividade para as chuvas de Seropédica e Nova Friburgo, RJ. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, p.7-14, 2005.

DANFÁ, S.; SILVA, A. M.; MELLO, C.R.; COELHO, G.; VIOLA, M.R.; ÁVILA, L.F. Distribuição espacial de valores prováveis de precipitação pluvial para períodos quinzenais,

em Guiné – Bissau. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.1, p.67–74, 2011.

FOSTER, G.R.; McCOOL, D.K.; RENARD, K.G.; MOLDENHAUER, W.C. Conversion of the universal soil loss equation to SI metric units. **Journal Soil Water Conservation**, v.36, p.355-359, 1981.

HUDSON, N.W. Soil conservation. **Ithaca, Cornell University Press**, 1977. 320p.

MELLO, C. R de.; SÁ, M. A. C.; CURI, N.; MELLO, J. M de.; VIOLA, M. R.; SILVA. A. M. Erosividade mensal e anual da chuva no Estado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.4, p.537-545, 2007.

MELLO, C. R. de; VIOLA, M. R.; BESKOW, S.; NORTON, L. D. (2011) Multivariate models for annual rainfall erosivity in Brazil. In: International Symposium on Erosion and Landscape Evolution - ISELE 2011, Anchorage, Alaska. **International Symposium on Erosion and Landscape Evolution** (ISELE Paper Number 11137). St. Joseph, MI: ASABE PublicationNumber 711P0311cd, 2011. v. 1. p. 1-10.

MELLO, J.M. de; BATISTIA, J.L.F.; RIBEIRO JUNIOR, P.J.; OLIVEIRA, M.S. Ajuste e seleção de modelos espaciais de semivariograma visando à estimativa volumétrica de *Eucaliptusgrands*. **ScientiaFlorestalis**, v.1, n.69, p. 25-37, 2005.

RENARD, K.G.; FREIMUND, J.R. Using monthly precipitation data to estimate the R-factor in the revised USLE. **Journal of Hydrology**, v.157, p.287-306, 1994.

SILVA, A.M. da. Rainfall erosivity map for Brazil. **Catena**, v.57, p.251-259, 2004.

TUCCI, C.E.M. **Modelos hidrológicos**. 2.ed. rev. e aum. Porto Alegre:UFRGS, 2005. 678p.

VAL, L.A. **Avaliação dos índices de erosividade das chuvas no Município de Lavras, MG**. 1985. 72p.

VIEIRA, S.R.; MILLETE, J.; TOPP, G.C.; REYNOLDS, W.D. Handbook for geostatistical analysis of variability in soil and climate data. In: ALVAREZ VENEGAS, V.H.;SCHAEFER, C.E.G.R.; BARROS, N.F.; MELLO, J.W.V.; COSTA, L.M. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002.v.2,p.1-46.

VIOLA, M.R.; MELLO, C. R de.; PINTO, D.B.F.; MELLO, J.M. de.; ÁVILA, L.F. Métodos de interpolação espacial para o mapeamento da precipitação pluvial. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, p. 970-978, 2010.

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