

INTERPRETAÇÃO DO TEMPO DE VIDA DO SOLO PARA AVALIAR A DEGRADAÇÃO POR EROÇÃO - ESTUDO DE CASO, MESORREGIÃO DO VALE DO PARAÍBA PAULISTA

Grasiela de Oliveira Rodrigues Medeiros¹
Francisco Antonio Dupas²

¹Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Av. dos Astronautas 1758 – Jardim da Granja, São José dos Campos-SP, grasielarodrigues@gmail.com; ²Universidade Federal de Itajubá, Av. BPS 1303, Pinheirinho, Itajubá-MG, dupas@unifei.edu.br

RESUMO

O Tempo de Vida do Solo é um indicador de degradação que remete ao tempo remanescente para que uma determinada camada do solo seja perdida por erosão. O objetivo deste artigo é mostrar interpretações deste indicador para favorecer sua aplicabilidade em estudos de sustentabilidade. A área de estudo é a mesorregião do Vale do Paraíba Paulista, importante principalmente para a preservação da biodiversidade e da disponibilidade hídrica. Foram criados dois cenários futuros para avaliação quantitativa do Tempo de Vida do Solo (2050 e 2100) considerando duas abordagens distintas: i) degradação do perfil do solo (horizontes A e B) e ii) degradação da camada superficial (25 cm). Os resultados mostraram sérios níveis de degradação na região. No cenário de 2050 estimou-se esgotamento de 9% e 16% do perfil do solo e da camada superficial, respectivamente e, para 2100, houve acréscimo de 3% e 2%, respectivamente, nestas estimativas.

Palavras-chave — sustentabilidade, erosão, agricultura.

ABSTRACT

Soil Lifetime is an indicator of degradation that refers to the remaining time for a given soil layer to be lost by erosion. The objective of this article is to show interpretations of this indicator to favor its applicability in sustainability studies. The study area is the mesoregion of Vale do Paraíba Paulista, important mainly for the preservation of biodiversity and water availability. We create two future scenarios for quantitative evaluation of Soil Lifetime (2050 and 2100) considering two different approaches: i) degradation of soil profile (horizons A and B) and ii) degradation of soil surface (25 cm). The results showed serious degradation levels in the region. In the 2050 scenario, we estimated 9% and 16% of the soil profile and surface layer, respectively, and by 2100, there was an increase of 3% and 2%, respectively, in these estimates.

Key words — Sustainability, erosion, agriculture.

1. INTRODUÇÃO

A erosão é a principal forma de degradação do solo [1]. Especialmente em regiões tropicais marcadas por conflitos

de uso da terra [2], os solos tem atingidos níveis de degradação muito superiores aos toleráveis [3], como é o caso do Estado de São Paulo. As primeiras pesquisas para estimar taxas de erosão do solo no estado são da década de 1940 [4], seguidas por estudos desenvolvidos no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) já na década de 1980 pelos pesquisadores Francisco Lombardi Neto, José Bertoni, dentre outros [5].

Os quantitativos mais recentes apontam um aumento de 4 vezes na taxa média de perda de solo no estado de São Paulo em um período de 25 anos [3] a partir de modelos empíricos. Independente das generalizações inerentes da adaptação metodológica desses modelos para escalas regionais, concebidos originalmente para aplicações em escalas locais, tratam-se de importantes diagnósticos da qualidade um recurso fundamental para a sustentabilidade (segurança alimentar, ciclagem de nutrientes, proteção dos recursos hídricos, etc) [6], [7].

Conhecendo-se as taxas potenciais de perdas de solo é possível calcular o Tempo de Vida do Solo (TVS) [8], [9], uma medida diagnóstica do nível de degradação do solo que indica o tempo remanescente para que uma determinada camada do solo seja perdida por erosão. Duas abordagens do TVS tem sido exploradas; a primeira estima o tempo para degradar o perfil do solo (horizontes A+B) [8]–[11] e, recentemente, tem sido calculado o TVS para estimar o tempo remanescente pra que a camada superficial do solo (25 cm) seja perdida por erosão [10]. Esta segunda abordagem corresponde a degradação superficial solo, camada onde concentra-se a maior parte de matéria orgânica e minerais, fundamental para a saúde dos solos e desempenho dos serviços ecossistêmicos de maneira geral e, em especial, aos relacionados à sua função agrícola.

Desse modo, o TVS pode ser considerado um indicador de degradação com solo capaz de apontar áreas prioritárias para recuperação e conservação do recurso, seja através da adoção de técnicas de plantio sustentáveis (plantio direto, curvas de nível, rotação de culturas, dentre outras) ou de práticas de conservação.

O objetivo desse artigo é oferecer uma análise interpretativa do TVS para indicar estratégias de aplicação deste diagnóstico.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

A área estudo envolve a mesorregião do Vale do Paraíba Paulista (MVPP) (Figura 1), localizada no extremo leste do Estado de São Paulo e com área de 16.179,947 km². Possui população de 2.258.956 habitantes (IBGE, 2009) e PIB de mais de 85 milhões (IBGE, 2013). Localiza-se entre as Serras da Mantiqueira e do Mar e possui um importante e diversificado pólo industrial atrativos turísticos. 39 municípios compõem esta região, com destaques para São José dos Campos, sede de importantes empresas e centros de pesquisas e de ensino.

Com relação a aspectos físicos, a MVPP apresenta formação geomorfológica do Planalto Atlântico (Planalto e Serra da Mantiqueira, Planalto e Serra da Bocaina, Planalto de Paraitinga/Paraibuna, Planalto de Guapiara e Planalto do Médio Vale do Paraíba) e Bacias Sedimentares Terciárias (Depressão do Médio Paraíba) [12]. Por esta razão, a altitude na região varia de 0 a 2.632 metros, com os valores superiores localizados nos domínios da Serra da Mantiqueira, na divisa com o Estado de Minas Gerais.

Na MVPP foram regulamentadas várias Unidades de Conservação, devididas entre parques, Áreas de Preservação Ambiental (APA's) e outras categorias, destacando-se a APA Fernão Dias (Decreto nº 38925 de 18/07/1997), a APA Serra da Mantiqueira (Decreto nº 91304 de 06/06/1985), o Parque Estadual da Serra do Mar (Decreto nº 10251 de 31/08/1977) e a APA Bacia do Paraíba do Sul (Decreto nº 87561 de 13/09/1982). Trata-se de uma importante área de recarga de aquíferos e de preservação da biodiversidade.

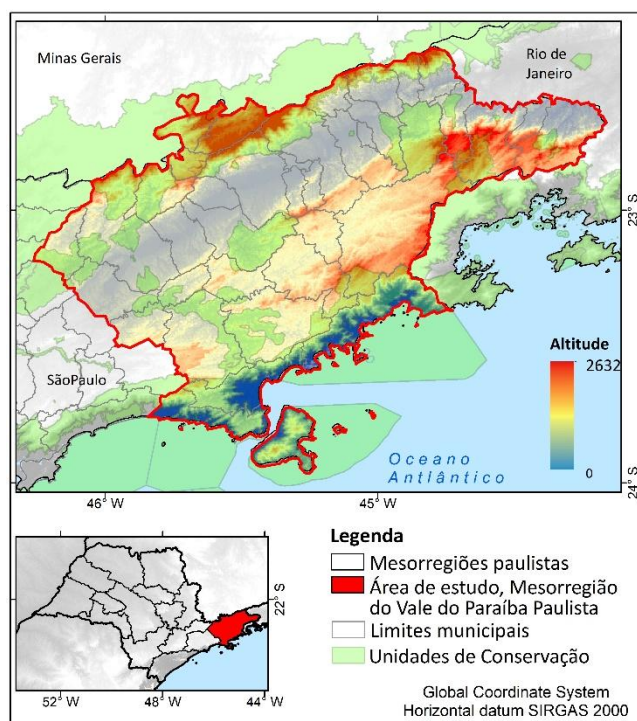


Figura 1. Localização da área de estudo

2.2. Material

O TVS utilizado foi obtido por Medeiros *et al.*, (2016b) e está baseado taxas de perda de solo estimadas a partir da aplicação da Equação Universal da Perda de Solo (EUPS) [13] para o ano de 2005 [3] (Figura 2).

O manuseio deste dado foi realizado nos *softwares* ArcGIS [14] e Microsoft Office Excel.

2.3. Método

A metodologia utilizada para interpretar o TVS corresponde a reclassificação do dado de Medeiros *et al.* (2016b).

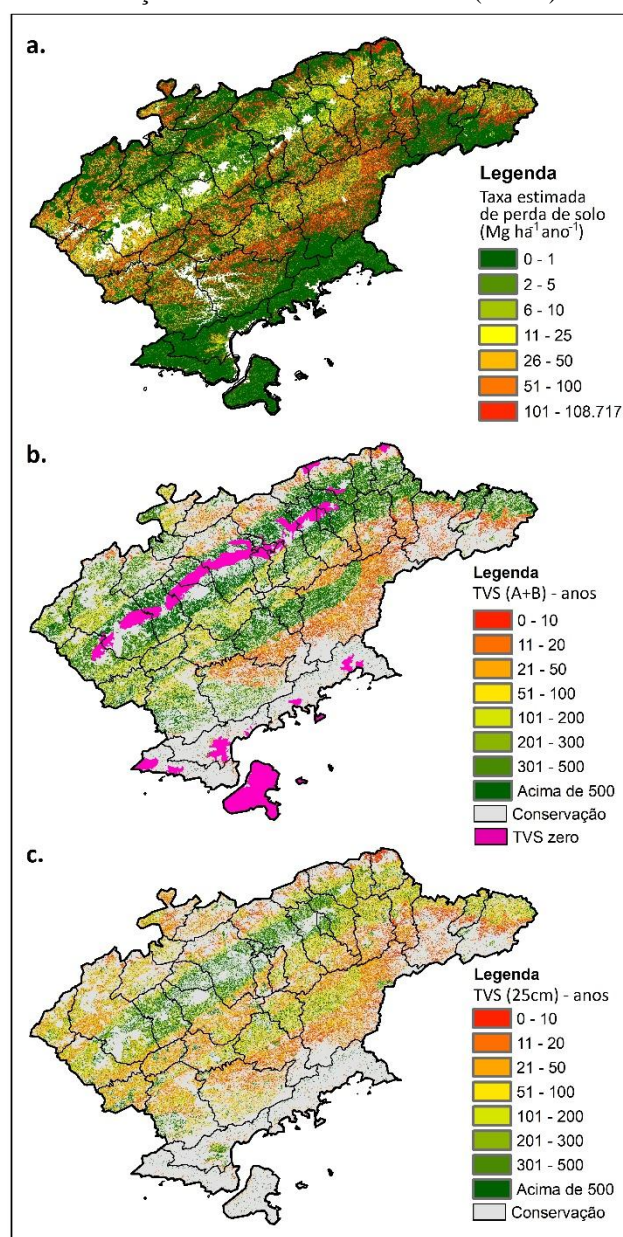


Figura 2. a) Estimativa das taxas de perda de solo; b) TVS (A+B) e c) TVS (25cm).

Fonte: Medeiros *et al.* (2016a, b)

Como TVS é dado em anos, cada *pixel* oferece um valor que corresponde ao seu tempo remanescente para que uma determinada camada do solo (A+B ou os 25 cm superficiais, por exemplo) seja perdida por erosão. Então, se uma determinada região apresenta TVS igual a 10, por exemplo, quer dizer que esta área se esgotará em 10 anos. Outra questão importante é que os autores calcularam o TVS baseando-se em um mapa base de uso e cobertura da terra do ano de 2005 (São Paulo, 2013). Isso quer dizer que, para se determinar quando uma dada região se esgotará (em termos de perda de solo) é necessário considerar que o ano inicial é 2005 (se mantidos os mesmos usos e práticas de conservação do solo, fatores da EUPS com maior potencial de modificação a curto e médio prazos). Para esclarecer, se o TVS de alguma área é 10, por exemplo, refere-se que em 2015 esta área estará completamente esgotada (ou seus horizontes A+B ou a camada superficial, depende a abordagem do TVS considerada). Neste sentido o TVS é uma medida que permite o planejamento do território de modo a identificar regiões prioritárias à conservação. Neste trabalho foram analisados dois cenários de degradação, 2050 e 2100, considerando a abordagem convencional do TVS (A+B) e a inédita (25 cm). Para tanto, foram identificadas as áreas nas quais o TVS variou de zero a 45 (cenário 2050) e de zero a 95 (cenário 2100), nas duas abordagens, através de processos de reclassificação.

3. RESULTADOS

Nas Figuras 3 e 4 são apresentados os dois cenários de cada abordagem do TVS. Os resultados mostram que em 2050 a área de solo esgotado é inferior à área com solo esgotado em 2100 nas duas abordagens, ou seja, ao longo do tempo os processos de degradação continuaram de modo a comprometer novas áreas. Vale lembrar que em ambos os cenários considerou-se as mesmas configurações de uso da terra e, também, oriundo da USLE aplicada por Medeiros et al. (2016a), as mesmas práticas de conservação (fator P). Em termos de área, como mostrado na Tabela 1, a MVPP apresenta cerca de 16.171 km² que correspondem a 7% do estado de São Paulo. Deste total, o estudo aponta que cerca 9% (1.422 km²) terão seus solos esgotados (perda das camadas A e B) em 2050, se mantidas as atuais formas de exploração, e que haverá um acréscimo de 3% ao montante de áreas degradadas no período de 2050-2100. Além disso, 7% da MVPP apresenta TVS igual a zero, ou seja, 1.132 km² já apresentam solos com profundidade menor que 1 m. Nota-se situações graves em quase todos os municípios que compõem a região, principalmente nas regiões onde o uso principal é pastagem [15].

Com relação ao degaste da camada superficial a situação é ainda mais crítica: em 2050 cerca de 16% da região (2.600 km²) terá sua camada superficial de 25 cm completamente removida em função das taxas atuais de erosão e em 2100 essa área sobe para 18% (2.900 km²). Sabendo-se que boa

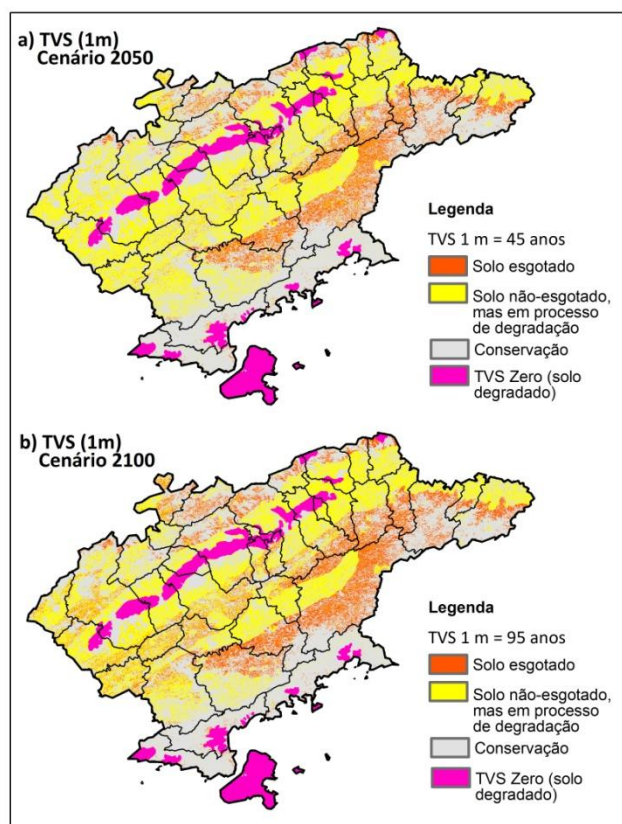


Figura 3. TVS (A+B) para a) 2050 e b) 2100

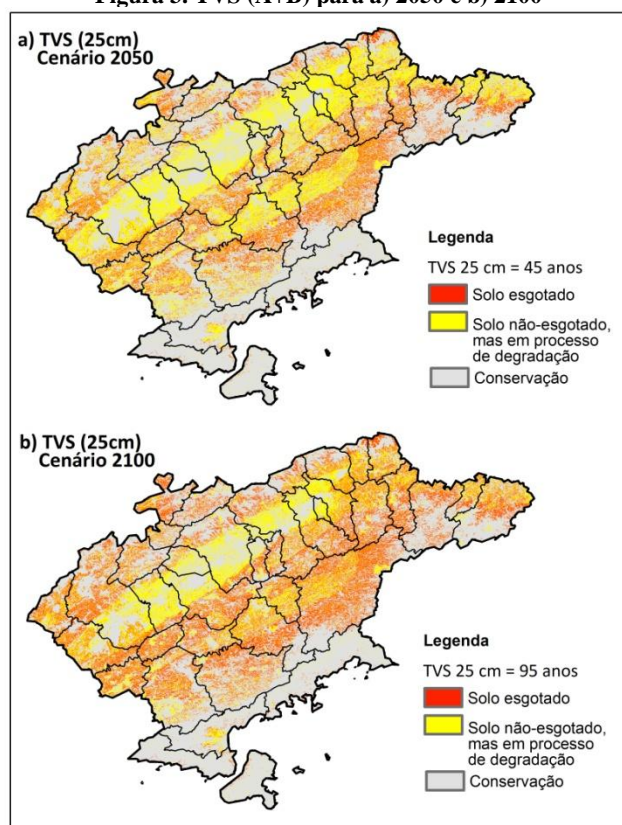


Figura 4. TVS (25 cm) para a) 2050 e b) 2100

Tabela 1. Quantificações do TVS com base na área da MVPP (16.171 km²)

	TVS_A+B		TVS_25cm	
	2050	2100	2050	2100
Solo esgotado	9%	12%	16%	18%
Solo em processo de degradação	31%	28%	26%	24%
Conservação	53%	53%	58%	58%
TVS_zero	7%	7%	0%	0%
Total	100%	100%	100%	100%

parte da região apresenta relevo acidentado (Serra da Mantiqueira e Serra do Mar) e áreas alagáveis, condições que restringem alguns usos do solo, as regiões que restam para o desenvolvimento de atividades agrícolas familiar encontram-se atualmente em sérios níveis de degradação.

A área com solos em processo de degradação diminui no período 2050 – 2100 porque passam a ser consideradas esgotadas no período mencionado. Estes resultados, mesmo sendo estimativas, são impactantes. Além disso, os desdobramentos dos impactos provocados pela perda de sedimentos afetam regiões além da área de estudo ocasionando, por exemplo, a perda da biodiversidade aquática, perda da qualidade e quantidade da água, impactos na geração de energia e uso do solo urbano.

4. DISCUSSÃO

Este estudo apresenta limitações em função da disponibilidade de dados temporais de uso e ocupação do solo na ocasião do cálculo do TVS. Os dados de uso da terra nos quais basearam-se os cálculos do TVS (abordagens A+B e 25 cm) são de 2005. Por isso, novas estimativas devem ser realizadas considerando dados de uso da terra atualizados.

Embora não ter variado a configuração espaço-temporal do uso da terra seja uma limitação, com relação à tomada de decisão pode-se utilizar o TVS para avaliar as consequências se nenhuma prática de conservação ou adoção de boas formas de plantio forem tomadas.

Melhores cenários de TVS para o futuro podem ser obtidos se consideradas projeções de uso da terra obtidas via modelagem, tal como a aplicação do arcabouço LUCCEM, desenvolvido pelo Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CCST) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e colaboradores, dentre outras metodologias.

O TVS trata-se de uma ferramenta diagnóstica relevante para estudos envolvendo a degradação do solo configurando um promissor indicador de sustentabilidade dos solos. A partir dele podem ser criados horizontes de planejamento identificando áreas prioritárias para a conservação.

5. CONCLUSÕES

Este trabalho auxiliou na interpretação do TVS, um diagnóstico promissor na identificação de áreas cujos níveis

de degradação do solo por erosão são elevados. Desse modo, auxilia na utilização deste indicador em estudos alinhados ao desenvolvimento sustentável.

6. REFERÊNCIAS

- [1] Lal, R., "Soil erosion and carbon dynamics," *Soil Tillage Res.*, vol. 81, pp. 137–142, 2005.
- [2] Lapola, D.M.; Martinelli, L.A.; Peres, C.A.; et al., "Pervasive transition of the Brazilian land-use system," *Nat. Clim. Chang.*, vol. 4, no. 1, pp. 27–35, 2013.
- [3] Medeiros, G.O.R.; Giarolla, A.; Sampaio, G.; Marinho, M.A., "Estimates of Annual Soil Loss Rates in the State of São Paulo, Brazil," *Rev. Bras. Ciência do Solo*, vol. 40, pp. 1–18, 2016.
- [4] Marques, J. Q., "A política da conservação do solo (*Boletim do Serviço de Informação Agrícola*, 734)," Rio de Janeiro, 1949.
- [5] Bertoni, J. e Lombradi Neto, F., "*Conservação do Solo*", 8^a. São Paulo: Ícone, 2012.
- [6] Adhikari, K. e Hartemink, A.E., "Linking soils to ecosystem services - A global review," *Geoderma*, vol. 262, pp. 101–111, 2016.
- [7] McBratney, A.; Field, D.J. e Koch, A., "The dimensions of soil security," *Geoderma*, vol. 213, pp. 203–213, 2014.
- [8] Sparovek, G.; Weill, M.A.M.; Ranieri, S.B.L.; Schnug, E. e Silva, E.F., "The life-time concept as a tol for erosion tolerance definition," *Sc. Agric.*, 1997.
- [9] Weill, M.A.M. e Sparovek, G., "Estudo da erosão da microbacia do ceveiro (Piracicaba, SP). II - Interpretação da tolerância da perda de solo utilizando o método do Índice de Tempo de Vida," *Rev. Bras. Ciência do Solo*, no. 2, pp. 815–824, 2008.
- [10] Medeiros, G.O.R.; Giarolla, A.; Sampaio, G. e Marinho, M.A.M., "Diagnosis of the Accelerated Soil Erosion in São Paulo State (Brazil) by the Soil Lifetime Index Methodology," *Rev. Bras. Ciência do Solo*, vol. 40, pp. 1–15, 2016.
- [11] Pulido-Gómez, J.D., "Javier Dario Pulido Gómez Engenheiro Agrônomo Estimativa de erosão pela Equação Universal de Perda de Solo (USLE) e transferência de sedimentos para todo território Brasileiro Piracicaba," *Universidade de São Paulo*, 2012.
- [12] Ross, J.L.S. e Moroz, I.C., "Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo," *Revista do Departamento de Geografia*, vol. 10. pp. 41–58, 1996.
- [13] Wischmeier, W.H., "A Rainfall Erosion Index for a Universal Soil-Loss Equation," *Soil Sci. Soc. Proc.*, no. 1306, pp. 2–5, 1959.
- [14] ESRI, "ArcGIS Desktop 10.1." Environmental Systems Research Institute, Redlands, CA, pp. 1–34, 2014.
- [15] São Paulo, *Mapeamento de Cobertura da Terra do Estado de São Paulo 2005 – Escala 1:100.000*. Secretaria do Meio Ambiente., 2013.

7. AGRADECIMENTOS

Dra. Angelica Giarolla e a Dra. Mara de Marinho pela orientação nos cálculos do TVS; ao CCST/INPE e ao CNPq.