



## **APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE TEMPO DE VIDA DO SOLO (ITVS) PARA O CULTIVO DA SERINGUEIRA NO NOROESTE DO ESTADO DE SÃO PAULO**

**Grupo de Pesquisa:** GT4. Questão ambiental, agroecologia e sustentabilidade

Felipe Rosada Fustaine, graduando em Engenharia Agrícola, bolsista da Embrapa Territorial, Campinas, SP. felipe.fustaine@gmail.com

Gisele Freitas Vilela, engenheira agrônoma, doutora em Agronomia, pesquisadora da Embrapa Territorial, Campinas, SP. gisele.vilela@embrapa.br

Sergio Galdino, agrônomo, Doutor em Engenharia Agrícola, pesquisador da Embrapa Territorial, Campinas, SP. sergio.galdino@embrapa.br

Sergio Gomes Tôsto, agrônomo, Doutor em Desenvolvimento Econômico, pesquisador da Embrapa Territorial, Campinas, SP. sergio.tosto@embrapa.br

### **Resumo**

Este estudo utilizou a metodologia do Índice do Tempo de Vida do Solo (ITVS) para avaliar o impacto do cultivo da seringueira na erosão do solo no noroeste do Estado de São Paulo. O ITVS apresenta o tempo em anos necessário para a remoção de uma camada de solo pré-determinada em função das necessidades culturais, a partir dos valores de perda de solo, estimados por meio da utilização de um modelo de erosão. Os resultados demonstraram que em todas as áreas de cultivo de seringueira em Argissolos se apresenta uma situação de “Degradação dos recursos”, com valores de 100 a 382 anos para a remoção da camada de solo superficial. Para os Latossolos, o tempo de vida do solo aplicado a situação de “Degradação dos recursos”, é significativamente maior quando comparado às áreas instaladas em regiões de Argissolos, apresentando valores variando de 700 a 1189 anos na remoção da camada de solo superficial. Este estudo mostra que a cultura da seringueira implantada em Latossolos nesta região proporciona uma conservação dos solos mais adequada e em áreas sob Argissolos, indica a necessidade da adoção de alguma prática conservacionista, a fim de prolongar o tempo de vida do solo e a consequente sustentabilidade ambiental desta cultura na região.

**Palavras-chave:** *Hevea brasiliensis*, erosão do solo, conservação do solo, EUPS.

### **Abstract**

In this study we used the soil life-time index (Índice do Tempo de Vida do Solo, ITVS) to evaluate the impact caused by rubber-tree crops on soil erosion at the northwest region of the state of São Paulo, Brazil. ITVS is able to indicate the time, in years, it takes for a given soil



layer to be removed due to a crop's development based on soil loss values which are estimated using an erosion model, as well as soil characteristics. All the areas of rubber-tree crops planted in 'Argissolos' (Acrisols) feature characteristic signs of 'resource degradation' and show ITVS results between 100 to 382 years for the removal of the superficial soil layer, whereas for crop areas in 'Latosolos' (Ferralsols) the ITVS values are significantly higher and range between 700 and 1,189 years. The method used shows that rubber-tree crops in areas featuring 'Latosolos' fosters more adequate soil conservation at the study region. It also shows that rubber-tree crops grown in 'Argissolos' areas require the adoption of some kind of conservation practice in order to increase soil life time and thus the region's environmental sustainability.

**Key words:** *Hevea brasiliensis, soil erosion, soil conservation.*

## 1. Introdução

Este estudo foi desenvolvido como parte do projeto de pesquisa “Sustentabilidade, competitividade e valoração de serviços ecossistêmicos da heveicultura em São Paulo com uso de geotecnologias – GeoHevea”, concebido no âmbito do Sistema Embrapa de Gestão. O projeto tem realizado estudos em sub-bacias afluentes do Rio Tietê, localizadas no noroeste do Estado de São Paulo, nas regiões administrativas de São José do Rio Preto e Araçatuba. Nesta região são encontradas 73% das plantas de seringueiras plantadas e 67% dos pés produtivos no Estado, respondendo por cerca de 69% da produção paulista de borracha no ano de 2015 (IEA, 2016). O presente estudo integra uma das atividades deste projeto, a qual visa avaliar a sustentabilidade ambiental do cultivo da seringueira para a região, a partir da determinação de processos erosivos em seus solos.

Em todo o planeta, cerca de 1 bilhão de hectares já foram afetados pela ação da erosão, onde destes, 70% encontram-se seriamente comprometidos (Lal, 2003). Dados da década de 1980 para o Estado de São Paulo, indicam uma perda anual de solo de 130 milhões de toneladas, representando cerca de 25% da perda de solo em todo o Brasil (Bertoni & Lombardi Neto, 2012). Estes mesmos dados, referentes à perda de solo, foram atualizados por Medeiros et al. (2016) e tais autores constataram que a perda anual para o Estado de São Paulo é de aproximadamente 600 milhões de Megagramas por hectare por ano. Em função dos prejuízos proporcionados pela erosão antrópica, o planejamento adequado do uso e ocupação das terras deve incluir o diagnóstico da erosão, com base na estimativa das taxas de perda de solo e sua interpretação empregando-se um critério de tolerância de perda de solo (Rockström et al., 2009; Reid et al., 2010).

Assim, em função da relevância dada ao diagnóstico da erosão acelerada do solo e da necessidade de predição da ocorrência de impactos irreversíveis na base desse recurso, a metodologia do Índice de Tempo de Vida do Solo (ITVS) (Sparovek et al., 1997; Weill, 1999; Weill e Sparovek, 2008b) é proposta como um critério operacional e objetivo para interpretação da erosão acelerada do solo e avaliação da sustentabilidade de sistemas agrícolas, sendo aplicável no diagnóstico e na avaliação do impacto da erosão acelerada do solo em dada área. Este índice fornece uma melhor interpretação da perda de solo estimada pelos diferentes modelos de erosão, EUPS, RUSLE, WEPP, entre outros. Em função de suas características, o índice integra uma ferramenta para o planejamento do uso das terras em



bases sustentáveis, identificando três situações de planejamento: conservação de recursos (perda de solo < renovação do solo); tempo de vida zero (solo com profundidade efetiva inferior à considerada crítica para desenvolvimento da cultura em questão); e, degradação de recursos (perda de solo > renovação do solo e solo mais profundo do que a profundidade crítica definida) (Weill e Sparovek, 2008b).

Portanto, este estudo tem como objetivo avaliar o potencial e risco a médio e longo prazo da perda de solos em áreas cultivadas com seringueira na área do projeto GeoHevea, na região noroeste do Estado de São Paulo, empregando o ITVS. Os resultados obtidos fornecerão indicações quanto à sustentabilidade ambiental da cultura na região.

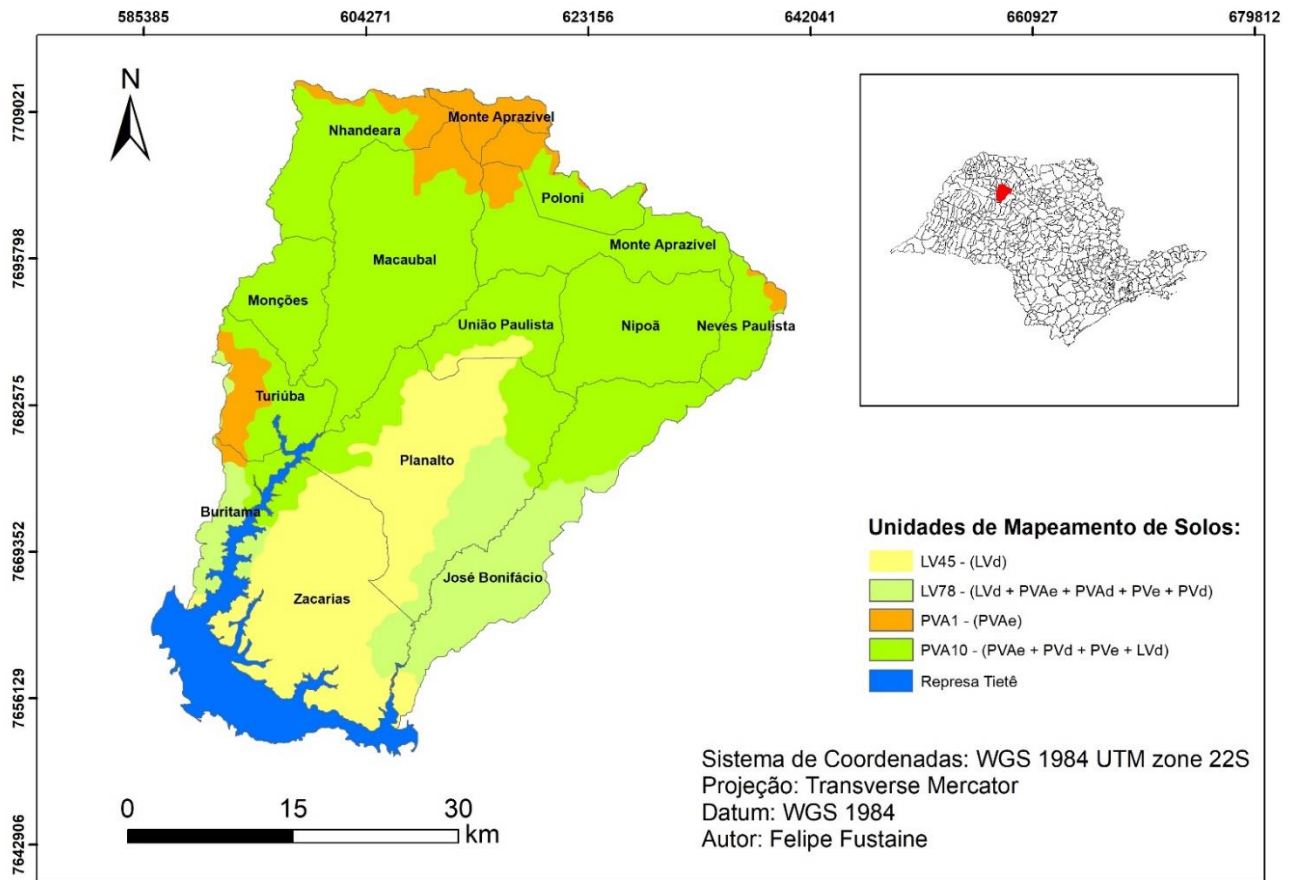
## **2. Material e métodos**

A área analisada neste estudo está localizada entre as coordenadas UTM (Fuso 22, Datum WGS84), 7.653.017 m e 7.711.725 m de latitude Sul e 588.676 m e 639.796 m de longitude. A área possui 174.183,69 hectares (Camargo *et al.*, 2016). Em função do levantamento pedológico do Estado de São Paulo (Oliveira *et al.*, 1999), sabe-se que as classes de solo predominantes nesta área são Argissolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Vermelho.

Segundo Camargo *et al.* (2016), a área em questão apresenta, predominantemente, relevo das classes plano (0% a 3% de declividade) e suave ondulado (3% a 8%), as quais representam 85% da superfície analisada. Nos 15% restantes da área estudada, há a presença do relevo ondulado (8% a 20%).

As sub-bacias do Ribeirão Santa Bárbara e do Ribeirão dos Ferreiros ou das Oficinas, com 78.721,57 ha e 62.006,17 ha, respectivamente, representam 80,79% da área de estudo do projeto GeoHevea. O percentual restante da região analisada é composto pelas sub-bacias do Ribeirão São Jerônimo (13,51% da área de estudo), do Córrego da Arribada (4,95% da área de estudo) e outras por outras três sub-bacias, as quais escoam diretamente para a represa do Rio Tietê.

Segundo levantamento realizado na região das sub-bacias em questão, baseado em informações de solos descritas pelo boletim científico nº45 “Solos do Estado de São Paulo: descrição das classes registradas no mapa pedológico”, os solos que ocorrem na área de interesse podem ser observados na figura 1, bem como sua localização no Estado. Os dados de perfis dos solos foram complementados pela publicação “Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado de São Paulo” (Brasil, 1960).



**Figura 1.** Localização da área de estudo no Estado de São Paulo: Municípios e Unidades de Mapeamento de Solos (Oliveira et al., 1999).

A metodologia do ITVS refere-se ao cálculo do tempo de vida do solo a partir das taxas atuais de perda de solo, estimadas por um modelo de erosão, de uma taxa média de renovação do solo ( $0,2 \text{ mm ano}^{-1}$ ) e da espessura do solo, a qual excede uma profundidade mínima pré-definida como crítica para a finalidade agrícola em questão. A partir da condição crítica do ITVS é possível estabelecer situações de planejamento e identificar o tempo restante para instalação de um impacto permanente no recurso solo. Para o caso em questão, será quando o solo atingir uma profundidade efetiva coincidente ou abaixo da profundidade crítica pré-definida, o que representa uma degradação da qualidade do solo e um prejuízo do desempenho de suas funções.

Para a determinação do ITVS, foram utilizados valores do Potencial Natural de Erosão (PNE) estimados pela Equação Universal de Perda de Solo (EUPS), a partir do trabalho desenvolvido por Galdino *et al.* (2016). O PNE é determinado pela multiplicação dos fatores R, K, L e S, descritos abaixo.

A Equação Universal de Perda de Solo (USLE) é composta por uma equação multiplicativa simples, onde a perda média anual de solo, dada em massa por unidade de área





e por tempo ( $\text{Mg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ ), é obtida pelo produto de seis fatores determinantes, demonstrada a seguir, conforme equação 1 (Wischmeier & Smith, 1978;):

$$A = R * K * L * S * C * P \quad (1)$$

Onde:

A = Perda média anual de solo; [ $\text{Mg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ ]; R = Fator erosividade da precipitação pluvial e enxurrada [ $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{ano}^{-1}$ ]; K= Fator erodibilidade do solo [ $\text{Mg h MJ}^{-1} \text{mm}^{-1}$ ]; L = Fator comprimento da encosta [adimensional]; S = Fator grau de declividade [adimensional]; C = Fator de cobertura e manejo da cultura [adimensional]; P = Fator práticas de controle da erosão [adimensional].

As variáveis R, K, L e S têm relação com as condições naturais do clima, do solo e do relevo, e determinam conjuntamente o potencial natural de erosão. Segundo estudos apresentados por Weill e Sparovek (2008a) na microbacia do Ceveiro, os fatores C e P determinaram a ordem de grandeza das perdas de solo na área analisada, se em unidades, dezenas ou em centenas de  $\text{Mg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ , demonstrando a importância em se realizar ajustes dos fatores de erosão às condições locais, afim de se obter resultados adequados para a situação presente nas áreas de estudo. Os solos das áreas de estudo foram classificados como sendo Argissolos Vermelhos-Amarelos Eutróficos abruptos A moderado textura arenosa/média relevo suave ondulado e ondulado (PVA1) e Latossolos Vermelhos Distróficos A moderado textura média relevo plano e suave ondulado (LV45).

Este estudo, realizado na mesma área do projeto GeoHevea, utilizou valores de K de 0,0370 para Latossolos de textura média e de 0,2220 para Argissolos abruptos. Já as variáveis C e P são de caráter antrópico e estabelecem relação com as formas de ocupação e uso das terras. Durante o processo de identificação e seleção das áreas deste estudo, não foi possível observar se o cultivo das seringueiras apresentava o emprego de alguma prática ou manejo conservacionista, portanto, adotou-se o valor de 1 para o fator P da EUPS. Para o fator C da seringueira foi adotado o valor de 0,02 de acordo com Kuntchik (1996).

Com o valor obtido de A ( $\text{Mg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ ), foi calculada a perda de solo expressa em altura (h,  $\text{mm ano}^{-1}$ ) a partir da equação 2 a seguir:

$$h = 0,1 * A * d^{-1} \quad (2)$$

Onde:

h = Perda de solo [ $\text{mm ano}^{-1}$ ]; A = Taxa anual de perda de solo [ $\text{Mg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ ]; d = Densidade do solo [ $\text{g cm}^{-3}$ ].

Como observado na equação 2, para transformar as taxas anuais de perda de solo de  $\text{Mg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$  para  $\text{mm ano}^{-1}$ , empregaram-se os valores de densidade do solo (Tabela 1) para cada classe em questão. Os valores utilizados para a densidade do solo foram obtidos na literatura para o horizonte superficial A, uma vez que a taxa de perda de solo é calculada a partir da erodibilidade do solo, a qual é definida para o horizonte de superfície.



A obtenção da taxa “líquida” de perda de solo foi determinada a partir da equação 3, tendo sido considerada uma taxa média de renovação do solo de  $0,2 \text{ mm ano}^{-1}$  (Skidmore, 1982).

$$h_1 = h - r \quad (3)$$

Onde:

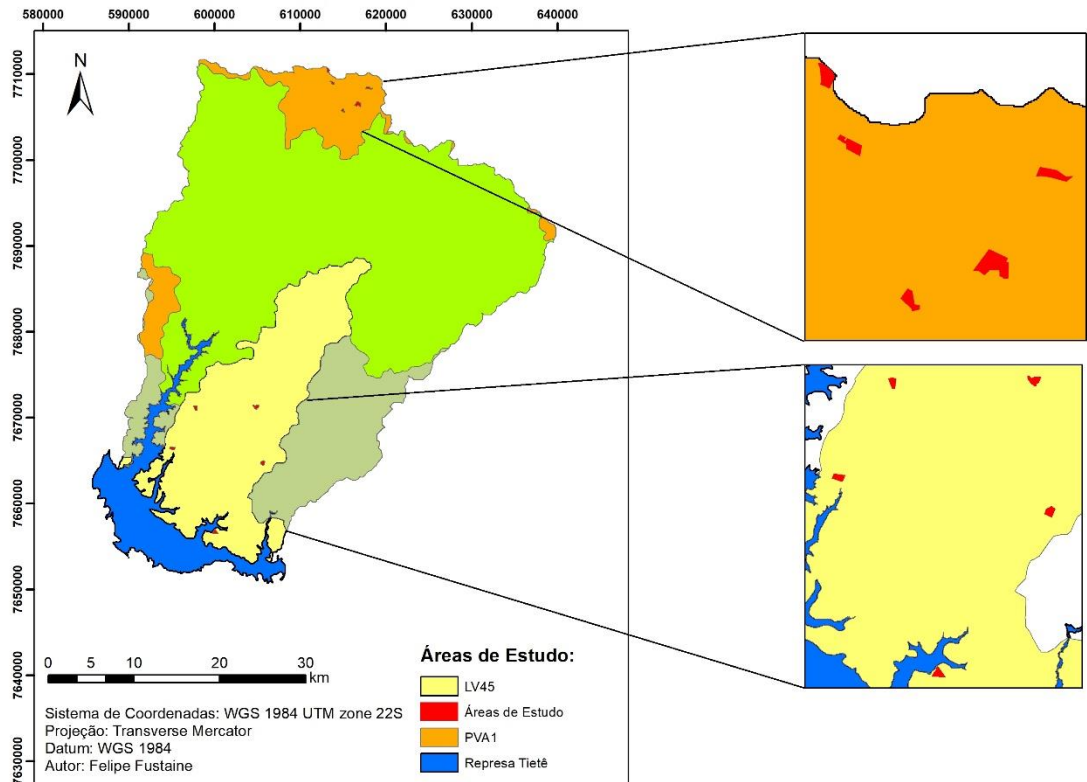
$h_1$  = taxa líquida de perda de solo [ $\text{mm ano}^{-1}$ ];  $h$  = Perda de solo [ $\text{mm ano}^{-1}$ ];  $r$  = Taxa de renovação do solo [ $\text{mm ano}^{-1}$ ].

Pela metodologia do ITVS são identificadas três possíveis situações de planejamento: uma primeira situação, denominada de “*Conservação dos recursos*”, ocorre onde a taxa de renovação do solo apresenta valores maiores do que as taxas de perda de solo estimadas pelo modelo de erosão utilizado, identificando uso sustentável; uma segunda possibilidade se refere aos locais onde a profundidade efetiva do solo (ou soma das espessuras dos horizontes A + B) no presente momento já é inferior à profundidade crítica pré-definida, estabelecendo uma situação de “*Tempo de vida do solo zero*” para a área de análise, indicativo de área para recuperação da vegetação e preservação; finalmente, nos locais onde as taxas atuais de perda de solo superam a taxa de renovação e a profundidade efetiva é superior à profundidade crítica pré-definida, caracteriza-se a situação de “*Degradação dos recursos*”, indicando a necessidade de cálculo do tempo de vida do solo e estabelecimento de cenários de planejamento para monitoramento e controle da erosão. A determinação do referido índice foi realizada para a situação onde são identificadas situações de degradação de recursos, objetivando determinar o tempo remanescente para os recursos, em anos, para que seja possível mitigar e controlar a situação de impacto permanente.

Na aplicação do ITVS nas áreas em situação de “*degradação dos recursos*”, foi estabelecido duas situações para análise visando melhor interpretação da situação das áreas frente à erosão: uma primeira onde foi determinado o tempo necessário para a remoção da camada considerada como “mais fértil” do solo, a qual apresenta a maior parte de nutrientes e número de raízes, e definida como sendo a profundidade de 0 - 30 cm do solo; tal situação foi denominada de caso 1 (C-1). Na segunda situação analisada, caso 2 (C-2), foi definida a profundidade crítica de 100 cm de solo, considerada a mínima “ideal” para permitir um desenvolvimento adequado para a seringueira, segundo suas características. Com isso, o índice de tempo de vida do solo foi determinado com base na espessura de solo restante ou superior a 100 cm. Ao atingir 100 cm de profundidade efetiva do solo, identifica-se a necessidade de intervenção sobre o sistema de cultivo adotado. Com base nos dados disponíveis, foi considerada para fins de cálculo do ITVS uma profundidade efetiva dos solos de 200 cm, tanto para Latossolos quanto para Argissolos.

### 3. Resultados e discussão

A localização das áreas selecionadas para a aplicação do ITVS encontra-se sobre o território total ou parcial de quatorze municípios, os quais podem ser identificados em sequência na Figura 2.



**Figura 2.** Localização das áreas de aplicação do ITVS.

As classes de solos de maior ocorrência na área de estudo são Argissolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Vermelho. As unidades LV78 e PVA10 são compostas por associações de classes de solos, com predominância, de Latossolo Vermelho e de Argissolo Vermelho-Amarelo. Por tal razão, selecionaram-se áreas as quais estivessem alocadas em classes de solo de composição simples (PVA1 e LV45). A textura dos solos é arenosa/média (Argissolos) e média (Latosolos) e o relevo é caracterizado como suave ondulado para os Argissolos e plano para os Latossolos. Os Argissolos de ocorrência na área de estudo se correlacionam com aqueles definidos pela Comissão de Solos (Brasil, 1960) como sendo Solos Podzolizados de Lins e Marília - Variação Lins, Solos Podzolizados de Lins e Marília - Variação Marília e Latossolo Vermelho Escuro - Fase Arenosa.

Os valores calculados das taxas de perda de solo em  $\text{Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , perda de solo em  $\text{mm ano}^{-1}$ , densidade do solo das áreas e cálculo do ITVS, aplicados para o caso 1 (C-1) e caso 2 (C-2) são apresentados na tabela 1.

**Tabela 1.** Resultados para perda de solo média, densidade do solo e ITVS para o caso 1 e caso 2.

### LV45



Área de estudo	Área [ha]	Taxa média de		Perda de solo Média [mm/ano]	ITVS [anos] C-1	ITVS [anos] C-2
		Perda solo [Mg/ha ano]	Densidade do solo [g/cm <sup>3</sup> ]			
1	15,84	0,76	1,36	0,06	-	-
2	17,55	5,78	1,36	0,43	705,88	2352,94
3	19,17	3,43	1,36	0,25	1189,50	3965,01
4	19,26	1,90	1,36	0,14	-	-
5	21,15	1,11	1,36	0,08	-	-

### PVA1

Área de estudo	Área [ha]	Taxa média de		Perda de solo Média [mm/ano]	ITVS [anos] C-1	ITVS [anos] C-2
		Perda solo [Mg/ha ano]	Densidade do solo [g/cm <sup>3</sup> ]			
1	8,82	21,98	1,47	1,50	199,92	666,40
2	26,10	43,77	1,47	2,99	100,42	334,73
3	10,89	36,04	1,47	2,46	121,95	406,49
4	10,98	11,50	1,47	0,79	382,03	1273,42
5	9,36	27,90	1,47	1,90	157,50	525,01

Com base nos resultados de taxas médias anuais de perda de solo [mm ano<sup>-1</sup>] nota-se que, majoritariamente, as áreas de estudo analisadas encontram-se sob o cenário de “*Degradação dos recursos*”, onde a perda de solo é maior que a taxa de renovação adotada para o mesmo. É possível observar ainda que, dentre as dez áreas de estudo, três delas, alocadas sobre Latossolo, encontram-se em situação de “*Conservação dos recursos*”. O ITVS apresentou uma diferença significativa quando são comparados os diferentes tipos de solo estudados. Para as áreas de estudo localizadas sobre Argissolos, o ITVS foi significativamente inferior quando comparado com áreas sobre Latossolos.

A aplicação do ITVS em áreas onde ocorre o cultivo da seringueira demonstrou que, para áreas alocadas sobre Latossolos, o tempo médio para o C-1 foi de 947 anos, apresentando como valor mínimo 705,88 anos e máximo de 1189,50 anos. Para o C-2, o valor médio para o ITVS foi de 3158,98 anos, com mínimo de 2352,94 anos e máximo de 3965,01. Sob a condição de áreas alocadas em Argissolos, o tempo médio para o C-1 foi de 192 anos, com mínimo de 100,42 anos e máximo de 382,03 anos. Para o C-2, o tempo médio foi de 641 anos, com mínimo de 334,73 anos e máximo de 1273,42 anos.

Portanto, foi estimado que para o cultivo da seringueira em áreas de Argissolos nesta região, o tempo médio de perda da camada mais fértil foi quase cinco vezes superior quando comparado às áreas em Latossolos.

Tal fato pode ser explicado em função do valor de K adotado como referência em Galdino *et al* (2016), o qual é cerca de seis vezes maior em relação ao assumido para o Latossolo, além das divergentes características físico-químicas apresentadas entre as classes de solo, que por si só, contribuem para a diferença apresentada quando considerado os efeitos erosivos.





### 3. Conclusão

Este estudo demonstra que a remoção da camada mais fértil de solo para a cultura da seringueira instalada em Argissolos nesta região, pode ocorrer em seis gerações. Já para a situação da cultura em Latossolos, a remoção da mesma camada ocorrerá ao longo de trinta e duas gerações.

A situação de degradação de recursos e a perda de solo potencial em poucas gerações apresentada em todas as áreas sob Argissolos, indica a necessidade da adoção de práticas conservacionistas, a fim de prolongar o tempo de vida do solo e obter a sustentabilidade ambiental da seringueira cultivada nesta situação.

A cultura da seringueira implantada em Latossolos pode garantir sustentabilidade ambiental, por ter apresentado a maior parte das áreas em situação de conservação de recursos, por se tratar de solos profundos e adequados a culturas perenes. O que não exclui a adoção de práticas conservacionistas neste tipo de solo, principalmente, nas áreas de maior declividade.

### 4. Agradecimentos

À professora Mara de Andrade Marinho, da Feagri/Unicamp, pelo apoio técnico concedido para a realização deste trabalho.

### 5. Referências

- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 8. ed. São Paulo: Ícone, 2012.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas. Comissão de Solos, **Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado de São Paulo**. Rio de Janeiro, Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas, 1960. 634 p. (SNPA, Boletim 12).
- GALDINO, S.; TOSTO, S. G.; QUARTAROLI, C. F.; RONQUIM, C. C.; CAMARGO, A. A. **Potencial natural de erosão em sub-bacias com cultivo de seringueira no noroeste do Estado de São Paulo**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2016. (Embrapa Monitoramento por Satélite. Documentos, 112).
- LAL, R. **Soil erosion and the global carbon budget**. Environment International, Cumbria, v. 29, p. 437-450, 2003.
- INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA. **Estatísticas da produção paulista**. Disponível em: <[http://ciagri.iea.sp.gov.br/nia1/subjetiva.aspx?cod\\_sis=1&idioma=1](http://ciagri.iea.sp.gov.br/nia1/subjetiva.aspx?cod_sis=1&idioma=1)>. Acesso em: 14 nov. 2016.
- Kuntchik, G. **Aplicação da equação universal de perdas de solo na microbacia do Ribeirão das Araras, através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento**



---

**(Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto)** - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1996.

SKIDMORE, E.L. Soil-loss tolerance. In: AMERICAN SOCIETY OF AGRONOMY. **Determinants of soil-loss tolerance.** Madison, 1982. p.87-93.

SPAROVEK, G.; WEILL, M.A.M.; RANIERI, S.B.L.; SCHNUG, E. & SILVA, E.F. **The time-life concept as a tool for erosion tolerance definiton.** Sci. Agric., 54:130-135, 1997.

MEDEIROS, G. O. R. ; GIAROLLA, A. ; SAMPAIO, G. ; MARINHO, M. de A. . **Diagnosis of the accelerated soil erosion in Sao Paulo State (Brazil) by the soil lifetime index methodology.** Revista Brasileira de Ciência do Solo (Online), v. 40, p. 1-15, 2016.

MEDEIROS, G. O. R. ; GIAROLLA, A. ; SAMPAIO, G. ; MARINHO, M. de A. . **Estimates of annual soil loss rates in the State of São Paulo, Brazil.** Revista Brasileira de Ciência do Solo (Online), v. 40, p. 1-18, 2016.

OLIVEIRA, J.B.; CAMARGO, M.N.; ROSSI, M. & CALDERANO FILHO, B. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo: legenda expandida.** Campinas, Instituto Agrônômico/EMBRAPA/Solos. Campinas. 1999. 64p. Inclui mapas

REID, W.V. et al. **Earth System Science for Global Sustainability: Grand Challenges.** Environment and Development, v.330, n.6006, 2010.

ROCKSTRÖM, J, et al. “**Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity**”, in Ecol. Soc., 14, 32, 2009

WEILL, M.A.M. **Estimativa da erosão do solo e avaliação do seu impacto na microbacia do Ceveiro (Piracicaba, SP), através do Índice de Tempo de Vida .** Piracicaba, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1999. 100 p. (Tese de Doutorado).

WEILL, M. A. M.; SPAROVEK, G. . **Estudo da erosão na microbacia do Ceveiro (Piracicaba, SP). II - Interpretação da tolerância de perda de solo utilizando a metodologia do índice de tempo de vida.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 32, p. 815-824, 2008b.

WEILL, M. A. M.; SPAROVEK, G. . **Estudo da erosão na Microbacia do Ceveiro (Piracicaba, SP). I - Estimativa das taxas de perda de solo e estudo de sensibilidade dos fatores do modelo EUPS.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 32, p. 801-814, 2008a.

WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. **Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning.** Washington, USDA, 1978. 57p. (Agricultural Handbook, 537).