

Modelagem espacial da erosão do solo para diferentes  
usos da terra em áreas cultivadas com seringueiras em  
sub-bacias do noroeste do Estado de São Paulo



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Monitoramento por Satélite  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

## DOCUMENTOS 120

# Modelagem espacial da erosão do solo para diferentes usos da terra em áreas cultivadas com seringueiras em sub-bacias do noroeste do Estado de São Paulo

*Sérgio Galdino  
Carlos Fernando Quartaroli  
Sérgio Gomes Tôsto  
Marco Antônio Ferreira Gomes  
Lauro Charlet Pereira  
Manoel Dornelas de Souza  
Adalgiso Alves Camargo Junior*

Editores Técnicos

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Monitoramento por Satélite**

Av. Soldado Passarinho, nº 303  
Fazenda Jardim Chapadão  
13070-115, Campinas, SP  
Fone: (19) 3211.6200  
www.embrapa.br/territorial  
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações  
da Embrapa Monitoramento por Satélite

Presidente  
*Sérgio Gomes Tosto*

Secretário-Executivo  
*Bibiana Teixeira de Almeida*

Membros  
*André Luiz dos Santos Furtado, Bibiana Teixeira de Almeida, Carlos Fernando Quartaroli, Daniela Maciel Pinto, Fabio Enrique Torresan, Gustavo Bayma Siqueira da Silva, Janice Freitas Leivas, Marcelo Fernando Fonseca, Vera Viana dos Santos Brandão*

Supervisão editorial  
*Suzi Carneiro e Bibiana Teixeira de Almeida*

Revisão de texto  
*Bibiana Teixeira de Almeida*

Normalização bibliográfica  
*Vera Viana dos Santos Brandão*

Projeto gráfico da coleção  
*Carlos Eduardo Felice Barbeiro*

Editoração eletrônica e Tratamento das ilustrações  
*Suzi Carneiro*

Ilustração da capa  
*Carlos Fernando Quartaroli*

**1ª edição**

1ª impressão (2017): versão on-line

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Embrapa Monitoramento por Satélite

---

Modelagem espacial da erosão do solo para diferentes usos da terra em áreas cultivadas com seringueiras em sub-bacias do noroeste do Estado de São Paulo / Sérgio Galdino... [et al.]. – Campinas : Embrapa Monitoramento por Satélite, 2017.  
16 p. : il. ; (Documentos / Embrapa Monitoramento por Satélite, ISSN 0103-7811; 120)

1. Conservação do solo. 2. Equação universal perda do solo. 3. Heveicultura. 4. Uso da terra. 5. Sistemas de informação geográfica. I. Galdino, Sérgio. II. Quartaroli, Carlos Fernando. III. Tôsto, Sérgio Gomes. IV. Gomes, Marco Antônio Ferreira. V. Pereira, Lauro Charlet. VI. Souza, Manoel Dornelas de. VII. Camargo Junior, Adalgiso Alves. VIII. Título. IX. Série.

---

CDD 631.45

© Embrapa, 2017

## Autores

### **Sérgio Galdino**

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Engenharia Agrícola, pesquisador da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas, SP

### **Carlos Fernando Quartaroli**

Engenheiro Agrônomo, Mestre em Agronomia, pesquisador da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas, SP

### **Sérgio Gomes Tôsto**

Agrônomo, Doutor em Desenvolvimento, Espaço e Meio Ambiente, pesquisador da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas, SP

### **Marco Antônio Ferreira Gomes**

Geógrafo, Doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

### **Lauro Charlet Pereira**

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Engenharia Agrícola, pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

### **Manoel Dornelas de Souza**

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Física de Solo, pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

### **Adalgiso Alves Camargo Junior**

graduando em Geografia, bolsista da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas, SP



Sumário

Introdução..... 11

Material e Métodos .....12

Resultados e Discussão .....14

Conclusões.....17

Referências .....17



## Introdução

Modelos matemáticos de predição de erosão são ferramentas de pesquisa que possibilitam subsidiar a recomendação de tipos de uso das terras agrícolas sob o aspecto conservacionista do solo, auxiliando, assim, programas voltados ao planejamento do uso dessas terras.

Um dos modelos mais utilizado em todo o mundo para estimar a perda média anual de solo é a *Universal Soil Loss Equation* (Usle), desenvolvida por Wischmeier e Smith (1978). O modelo adaptado da Usle para uso no Brasil é conhecido como Equação Universal de Perda de Solo (Eups) (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2005).

Com o intuito de melhorar as estimativas das perdas de solo por meio da Usle, foi desenvolvida a Equação Universal de Perda de Solo Revisada (*Revised Universal Soil Loss Equation*, Rusle) (RENARD et al., 1997). A Usle e a Rusle são modelos empíricos que preveem as perdas médias anuais de solo por erosão hídrica com base no conhecimento dos fatores que influenciam a erosão: erosividade da chuva (fator R), erodibilidade do solo (fator K), fator topográfico (fator LS), cobertura e manejo do solo (fator C) e práticas conservacionistas do solo (fator P). O sistema de unidades dos fatores R, K, LS, C e P da Usle, Eups e Rusle é o mesmo, o que difere entre os três modelos é a forma como cada fator é estimado. Assim, para estimar as perdas de solo de uma dada área, pode-se utilizar a combinação desses modelos no cálculo dos seus fatores. Normalmente, no Brasil, o fator R é calculado pela Eups e, mais recentemente, o fator LS tem sido estimado pela Rusle.

Os fatores R, K e LS dependem das condições naturais de clima, solo e topografia, enquanto os fatores C e P estão relacionados às ações antrópicas. O produto dos fatores condicionantes do meio físico intervenientes no processo de erosão hídrica laminar e entre sulcos, ou seja, dos fatores R, K e LS da Usle/Eups/Rusle, constitui o potencial natural de erosão (PNE). O PNE corresponde às perdas de solos das áreas em hectares continuamente destituídas de cobertura vegetal e sem nenhuma intervenção antrópica, ou seja, sob condições naturais (VALÉRIO FILHO, 1994).

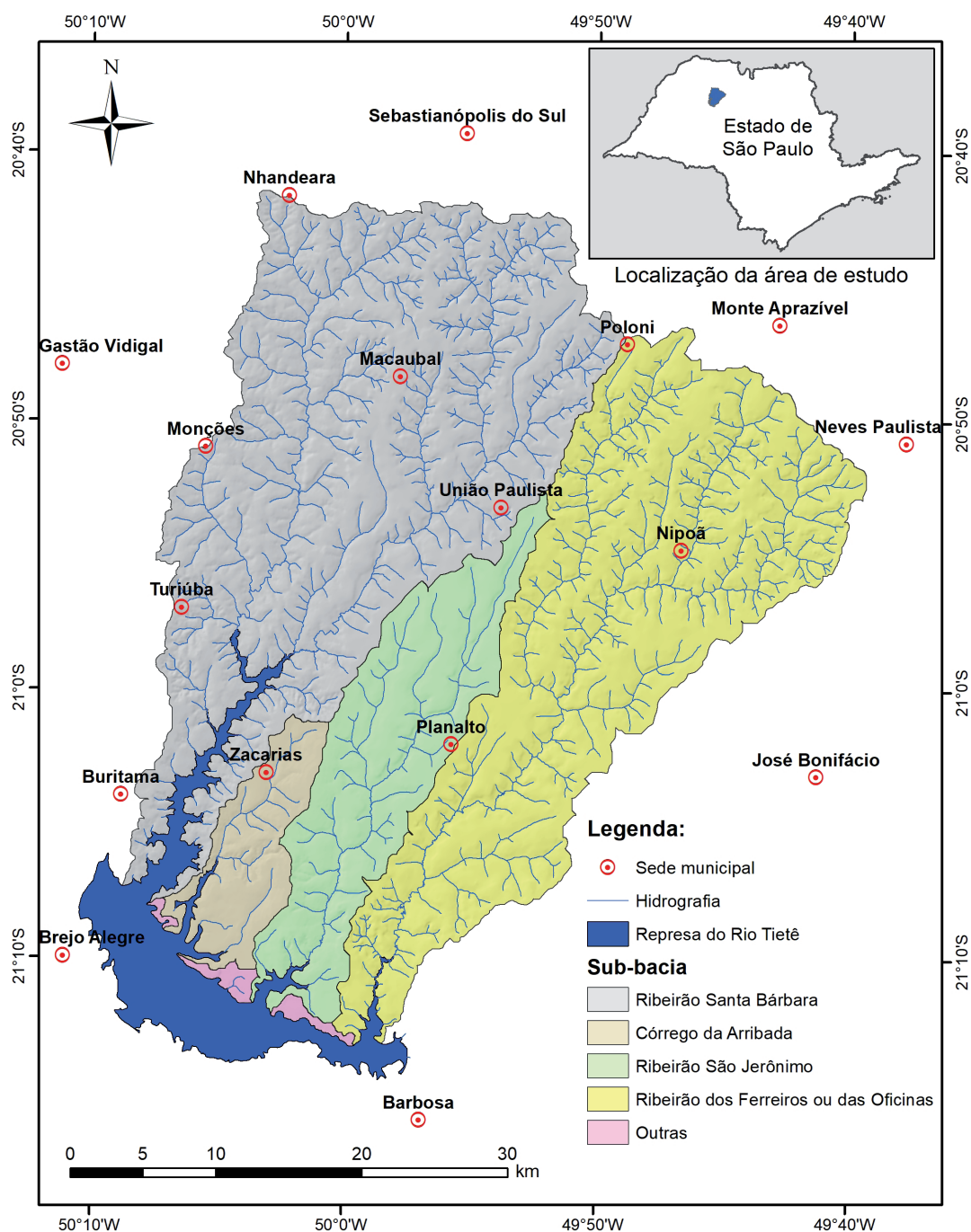
Os fatores C e P da Usle/Rusle podem ser modificados pelos agricultores de modo a ampliar a proteção da terra contra a erosão hídrica. Para mapear o fator cobertura e manejo do solo (fator C), é necessário o mapa de uso das terras. Para mapear o fator de práticas conservacionistas do solo (fator P), é necessário identificar qual é ou quais são as práticas conservacionistas utilizadas nas áreas de cultivo.

O projeto de pesquisa “Sustentabilidade, competitividade e valoração de serviços ecossistêmicos da heveicultura em São Paulo com uso de geotecnologias – GeoHevea”, parte do Sistema Embrapa de Gestão, está desenvolvendo 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, regiões onde estão 73% dos pés de seringueira plantados e 67% dos pés em produção no estado, responsáveis por 69% da produção paulista de borracha em 2015 (INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA, 2015).

O objetivo deste trabalho foi mapear as áreas cultivadas com seringueiras em sub-bacias do noroeste do Estado de São Paulo e avaliar a perda de solo nessas áreas considerando o uso atual (com seringueiras) e usos alternativos (cana-de-açúcar e pastagens) e, assim, subsidiar o planejamento do uso dessas terras.

## Material e Métodos

A área de estudo compreende as sub-bacias do Ribeirão Santa Bárbara, Córrego da Arribada, Ribeirão São Jerônimo, Ribeirão dos Ferreiros ou das Oficinas e três pequenas sub-bacias, cujas águas escoam diretamente na represa do Rio Tietê (CAMARGO JUNIOR et al., 2016). A área está localizada entre as latitudes  $20^{\circ}41'28,72''$  S e  $21^{\circ}13'17,08''$  S e entre as longitudes  $50^{\circ}08'45,91''$  W e  $49^{\circ}39'21,96''$  W. A superfície terrestre dessa área é de 174.183,69 ha (CAMARGO JUNIOR et al., 2016). A rede hidrográfica, as sedes municipais, as sub-bacias e a represa do Rio Tietê e a localização da área de estudo no Estado de São Paulo são mostradas na Figura 1.



**Figura 1.** Localização da área de estudo no Estado de São Paulo, com representação da rede hidrográfica, das sub-bacias, das sedes municipais e da represa do Rio Tietê.

A área estudada, segundo Camargo Junior et al. (2016), caracteriza-se pelo predomínio dos relevos plano (0% a 3% de declividade) e suave ondulado (3% a 8%), que totalizam 85% da superfície. Em 15% da área ocorre relevo ondulado (8% a 20%). As classes de solos predominantes na área de estudo, obtidas a partir do levantamento pedológico do Estado de São Paulo (OLIVEIRA et al., 1999), são o Argissolo Vermelho-Amarelo e o Latossolo Vermelho.

As sub-bacias do Ribeirão Santa Bárbara, com área de 78.721,57 ha, e do Ribeirão dos Ferreiros ou das Oficinas, com 62.006,17 ha, recobrem 80,79% da área de estudo do projeto GeoHevea. Completam a área as sub-bacias do Ribeirão São Jerônimo (13,51% da área de estudo), do Córrego da Arribada (4,95% da área de estudo) e três pequenas sub-bacias, cujas águas escoam diretamente na represa do Rio Tietê, identificadas na Figura 1 como “Outras” (CAMARGO JUNIOR et al., 2016).

Quanto ao PNE, a sub-bacia do Ribeirão Santa Bárbara é a que apresenta o maior valor médio, de 1.293 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (GALDINO et al., 2016). Na sub-bacia dos Ferreiros ou das Oficinas, o PNE médio é de 786 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Nas sub-bacias do Córrego da Arribada e do Ribeirão São Jerônimo, os valores médios do PNE são, respectivamente, de 164 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> e 163 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Classes de PNE fraco e moderado, até 800 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, ocorrem em cerca de 64% das terras do projeto GeoHevea. Entretanto, 30.260 ha apresentam PNE muito forte, acima de 1.600 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (GALDINO et al., 2016).

Para mapear os fatores R, K, LS, e C da Usle/Eups/Rusle, bem como das perdas de solo, nas terras cultivadas com seringueira na área de estudo do projeto GeoHevea, foi utilizado o sistema de informações geográficas (SIG) ArcGIS 10.3 (ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE, 2013). Foram avaliadas as perdas de solo considerando a situação instalada (cenário real), ou seja, com o cultivo da seringueira, e para dois cenários alternativos de uso dessas terras, um para o cultivo da cana-de-açúcar e outro para pastagens degradadas. Imagens de satélite de alta resolução e visitas a campo evidenciaram que a cana-de-açúcar e as pastagens degradadas são muito frequentes na área de estudo.

Para mapear o uso atual das terras com seringueira na área de estudo do projeto GeoHevea, foram usadas imagens dos satélites WorldView 2 e GeoEye 1 em composição RGB de cores naturais dos anos de 2014 e 2015, com cerca de 0,60 m de resolução espacial. As imagens foram introduzidas em projeto criado usando o SIG ArcGIS. Ao mesmo projeto foi adicionado um arquivo vetorial (*shapefile*) com o limite da bacia. As áreas homogêneas quanto ao uso das terras pelo cultivo da seringueira dentro da área de estudo foram identificadas e delimitadas sobre as imagens vistas em tela. A delimitação foi feita manualmente usando ferramentas de edição vetorial do ArcGIS, e resultou em um arquivo vetorial de linhas (tipo *shapefile*) depois transformado em arquivo de polígonos dentro do próprio software, também no formato *shapefile*. Esse mapeamento também contou com trabalhos de campo na área de estudo. Posteriormente, esse arquivo *shapefile* de polígonos foi convertido, utilizando o ArcGIS, para o formato *raster*, com células de 30 m x 30 m. Em seguida, os valores dos pixels foram reclassificados com valor de 1 para os pixels correspondentes às áreas cultivadas com seringueira e de *NoData* para o restante da área, criando, assim, uma máscara para as áreas sem seringueira.

Os mapas dos fatores R, K e LS utilizados neste estudo foram obtidos por Galdino et al. (2016). Os arquivos *raster* dos fatores R, K e LS foram multiplicados utilizando a ferramenta *Raster Calculator* da extensão *Spatial Analyst Tools* disponível no ArcGIS, gerando, assim, arquivo *raster* com resolução espacial de 30 m do potencial natural de erosão (PNE) para a área de estudo do projeto GeoHevea (GALDINO et al., 2016). Para obter o arquivo *raster* do PNE apenas para as áreas cultivadas com

seringueira, o arquivo *raster* PNE da área do projeto GeoHevea foi multiplicado pelo arquivo *raster* com as áreas de seringueiras, usando a ferramenta *Raster Calculator*.

Para gerar o mapa de erosividade das chuvas, Galdino et al. (2016) selecionaram 13 postos pluviométricos situados dentro e no entorno da área do projeto GeoHevea. A maioria desses postos apresentou pelo menos 22 anos de registros anuais completos de precipitação pluvial. Foi aplicado aos dados o modelo desenvolvido por Lombardi Neto e Moldenhauer (1992), para cálculo dos índices de erosão mensais e anuais. Para a espacialização do fator R, os valores de erosividade para os 13 postos pluviométricos foram interpolados pelo método do inverso do quadrado da distância (IQD). O processo resultou em um arquivo *raster* de valores de erosividade com resolução espacial de 30 m. A partir das coordenadas geográficas dos postos pluviométricos, foram calculados os polígonos de Thiessen que delimitaram a área de influência de cada posto. Posteriormente, esses polígonos foram recortados usando o limite da área de estudo. A erosividade média de cada polígono de Thiessen foi calculada usando a ferramenta *Zonal Statistic* do ArcGIS. O produto resultante foi um novo arquivo *raster* cujas células assumiram o valor médio de erosividade calculado para o polígono de Thiessen no qual estavam inseridas.

Para mapear a erodibilidade (fator K), Galdino et al. (2016) estimaram a erodibilidade do solo na área do projeto GeoHevea utilizando o mapa pedológico do Estado de São Paulo, na escala 1:500.000 (OLIVEIRA et al., 1999), e valores do fator K da Usle obtidos para solos do Estado de São Paulo por Demarchi e Zimback (2014).

Para gerar o mapa do fator topográfico (LS) da Rusle (RENARD et al., 1997), Galdino et al. (2016) utilizaram o modelo digital de terreno (MDT) gerado por Camargo Junior et al. (2016) e o algoritmo do ângulo de inclinação limite para erosão/deposição de Van Remortel et al. (2004).

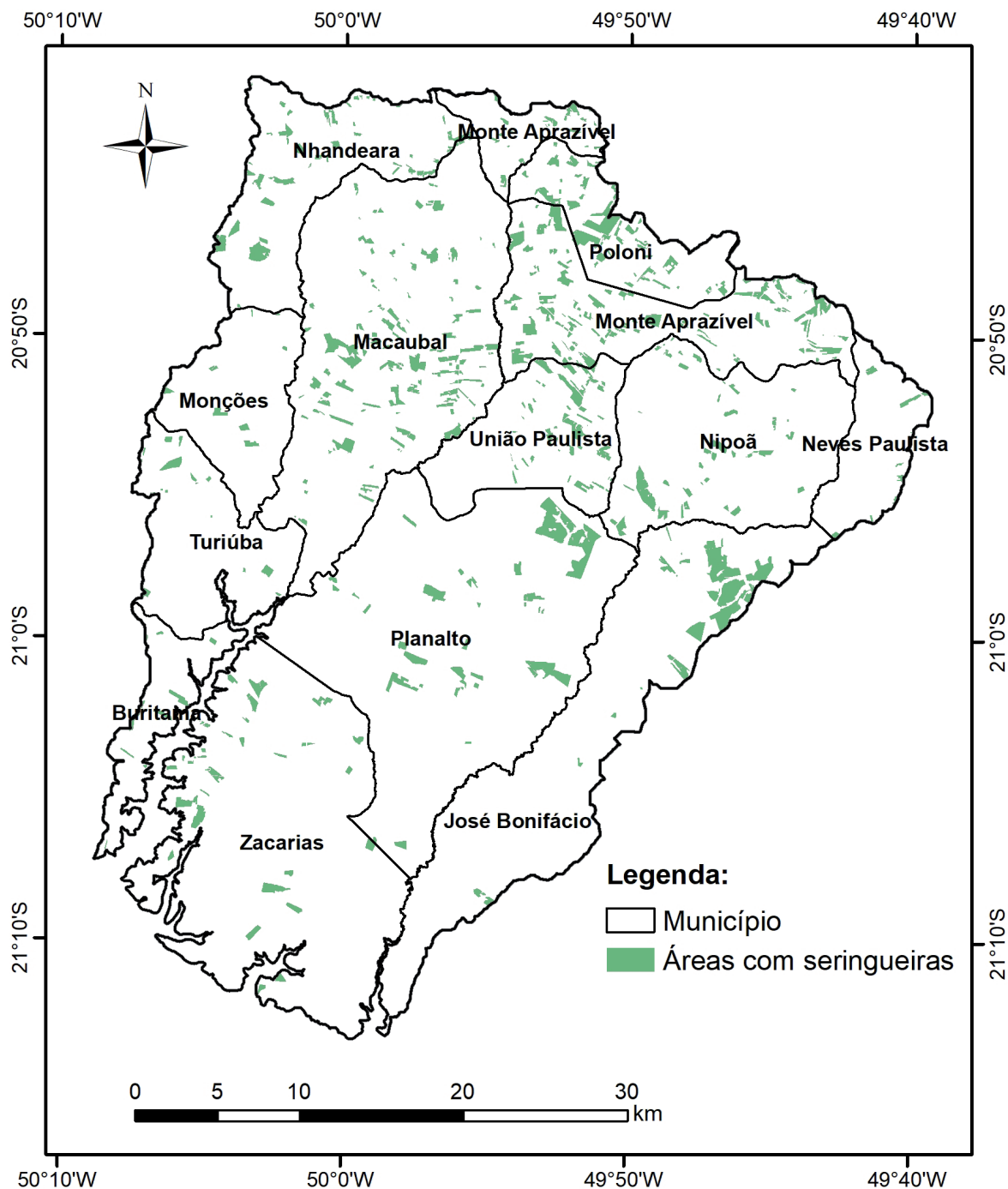
Para gerar os mapas de perda de solo, foram utilizados valores do fator C disponíveis na literatura nacional. O valor para o fator C para seringueira foi de 0,0200, de acordo com Kuntchik (1996). O valor do fator C utilizado para a cana-de-açúcar foi 0,1130, obtido por De Maria et al. (1994) para um Argissolo de textura média/arenosa do Estado de São Paulo, com declividade variando de 0% a 3%. O valor do fator C para pastagens degradadas foi de 0,0377, obtido por Galdino (2012) utilizando a Rusle para diferentes níveis de degradação de pastagens.

O valor do fator P foi considerado como unitário, uma vez que geralmente não são adotadas práticas conservacionistas do solo no cultivo da seringueira.

Os arquivos *raster* dos mapas de perda de solo foram obtidos a partir dos valores do fator C para cada um dos tipos de uso das terras e do arquivo *raster* do PNE apenas para as áreas de seringueira. Utilizando a ferramenta *Raster Calculator* da extensão *Spatial Analyst Tools* do ArcGIS, os mapas das perdas de solo para seringueira, cana-de-açúcar e pastagem degradada foram obtidos multiplicando o arquivo *raster* do PNE pelos correspondentes valores do fator C.

## Resultados e Discussão

O mapa da localização das terras cultivadas com seringueira em 2014/2015 na área de estudo do projeto GeoHevea é mostrado na Figura 2. A distribuição dessas áreas por município é apresentada na Tabela 1. As áreas dos municípios mapeadas e os percentuais de área ocupados por seringueiras referem-se apenas às terras inseridas no limite da área do projeto GeoHevea.



**Figura 2.** Localização das terras cultivadas com seringueira nos municípios da área de estudo do projeto GeoHevea.

O levantamento identificou que a seringueira é cultivada em 9.237,33 ha da área do projeto GeoHevea, o que corresponde a 5,30% de toda a área do projeto. Em 2015, a área destinada à colheita de borracha no Estado de São Paulo foi estimada em 60.437 ha (IBGE, 2015). Assim, a área de estudo corresponde a 15,14% da área cultivada em todo o Estado de São Paulo. Se considerarmos que a área do projeto corresponde a apenas 0,7% da área do estado, fica evidente a representatividade dessa área no cultivo de seringueiras. Os municípios Monte Aprazível, Macauba e Planalto são os que apresentam as maiores áreas de cultivo de seringueira dentro da área de estudo. A região nordeste da área de estudo, principalmente os municípios de Monte Aprazível e Poloni, apresenta maior concentração de heveicultura.

A distribuição das áreas, em hectares e em porcentagem, das terras cultivadas com seringueira nas sub-bacias é apresentada na Tabela 2.

As sub-bacias com maior cultivo de seringueira são a do Ribeirão Santa Bárbara, com quase 5.000 ha plantados de heveicultura, seguida da sub-bacia do Ribeirão dos Ferreiros ou das Oficinas, com pouco mais de 3.500 ha cultivados.

A estimativa do valor médio de perda de solo nas áreas cultivadas com seringueira foi de 15,962 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Se as seringueiras fossem substituídas por pastagens degradadas, sem terraceamento, o valor médio da perda de solo passaria a ser de 30,089 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Isso corresponderia ao incremento de 88,50% nas perdas de solo.

**Tabela 1.** Áreas com seringueiras por município, áreas de cada município dentro da área de estudo e percentuais (%) das terras cultivadas com seringueiras em relação às áreas dos municípios dentro da área de estudo.

Município	Área com seringueiras na área de estudo (ha)	Área do município na área de estudo (ha)	(%)*
Buritama	143,15	3.981,57	3,60
José Bonifácio	1.062,30	19.630,04	5,41
Macaubal	1.481,91	24.799,59	5,98
Monções	121,58	6.960,73	1,75
Monte Aprazível	1.554,89	14.697,73	10,58
Neves Paulista	108,51	4.513,87	2,40
Nhandeara	635,76	10.215,93	6,22
Nipoã	563,76	13.776,08	4,09
Planalto	1.313,67	28.954,6	4,54
Poloni	786,67	5.915,41	13,30
Sebastianópolis do Sul	0,96	26,71	3,59
Turiúba	174,72	8.017,44	2,18
União Paulista	540,05	7.907,39	6,83
Zacarias	661,48	24.786,63	2,67
Total	9.149	174.183,72	5,25

\*Porcentagem das terras cultivadas com seringueira em relação às áreas dos municípios dentro da área de estudo.

**Tabela 2.** Distribuição das áreas em hectare (ha) e em porcentagem (%) das terras cultivadas com seringueira nas sub-bacias.

Sub-bacia	Área de seringueira	
	(ha)	(%)*
Córrego da Arribada	200,75	2,33
Ribeirão dos Ferreiros ou das Oficinas	3.519,90	5,68
Ribeirão Santa Bárbara	4.711,61	5,99
Ribeirão São Jerônimo	715,44	3,04
Outras	1,30	0,10

\*Porcentagem de área com seringueira em relação à área total da sub-bacia.

Caso a substituição fosse pela cana-de-açúcar, sem terraceamento, o valor médio da perda de solo seria de  $90,186 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , ou seja, o incremento nas perdas de solo seria de 465,00%.

Segundo Bertoni e Lombardi Neto (2005), o uso de terraços agrícolas reduz as perdas de solo em 50% (fator  $P = 0,5$ ). Considerando a hipótese da substituição das áreas com seringueiras pela cana-de-açúcar, com a adoção do terraceamento agrícola, as perdas de solo continuariam elevadas, com valor médio de  $45.093 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , ou seja, um aumento de 182,50%. Se a substituição ocorresse por pastagens recuperadas de *Brachiaria brizantha* com preparo do solo, adubação, calagem, plantio e manejo adequados, o fator de uso e manejo da cultura, fator C da Rusle, segundo Galdino (2012), passaria a ser de 0,0070. Nesse caso, o valor médio da perda de solo passaria a ser de  $5,587 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , ou seja, haveria redução de 65% na taxa de perdas de solo. Essa redução seria ainda maior com a adoção de práticas conservacionistas do solo, como o terraceamento agrícola.

A abordagem neste estudo foi essencialmente sob o aspecto do risco de erosão hídrica do solo. O uso das terras pelos agricultores também leva em consideração vários aspectos, tais como tradição familiar, práticas culturais (técnicas de cultivo) e, principalmente, fatores econômicos.

## Conclusões

Os resultados obtidos mostraram que a substituição dos atuais seringais da área de estudo por pastagens degradadas implicaria aumento das taxas anuais de perda de solo. Essas perdas seriam ainda maiores se os seringais fossem substituídos pelo cultivo da cana-de-açúcar, considerando a não adoção de práticas conservacionistas do solo nos três casos.

Se fosse adotada a prática de terraceamento agrícola na substituição dos seringais pela cana-de-açúcar, as perdas de solo seriam menores, porém ainda superiores às taxas estimadas para a substituição por pastagens degradadas sem terraceamento. Já na hipótese de substituição dos seringais por pastagens de *Brachiaria brizantha* com preparo do solo, adubação, calagem, plantio e manejo adequados, a taxa de perda de solos diminuiria, mesmo sem a adoção de práticas conservacionistas como o terraceamento agrícola.

## Referências

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

CAMARGO JUNIOR, A. A.; GALDINO, S.; QUARTAROLI, C. F. Delimitação de bacias hidrográficas utilizando modelo digital de terreno gerado a partir de mapas topográficos e imagens de alta resolução espacial. In: CONGRESSO INTERINSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA – CIIC, 10., 2016. Campinas, SP. **Anais...** Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2016. p. 1-11.

DE MARIA, I. C.; LOMBARDI NETO, F.; DECHEN, S. C. F.; CASTRO, O. M. Fator da equação universal de perdas de solo (EUPS) para a cultura de cana-de-açúcar. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 10., 1994, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1994. p.148-149.

DEMARCHI, J. C.; ZIMBACK, C. R. L. Mapeamento, erodibilidade e tolerância de perdas de solo na sub-bacia do Ribeirão das Perobas. **Energia na Agricultura**, v. 29, n. 2, p. 102-114, 2014.

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE. **ArcGIS Desktop**: release 10.3. Redlands, California, USA: ESRI, 2013.

GALDINO, S. **Estimativa da perda de terra sob pastagens cultivadas em solos arenosos da bacia hidrográfica do Alto Taquari - MS/MT**. 2012. 115 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

GALDINO, S.; TOSTO, S. G.; QUARTAROLI, C. F.; RONQUIM, C. C.; CAMARGO JUNIOR, A. A. **Potencial natural de erosão em sub-bacias do noroeste do Estado de São Paulo**. Campinas, SP: 2016. 23 p. (Embrapa Monitoramento por Satélite. Documentos, 112).

IBGE. **Produção Agrícola - Lavoura Permanente**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/pesquisa/15/11863>>. Acesso em: 14 nov. 2016.

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**. 1996. 97 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.

LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W. C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com perdas de solo em Campinas, SP. **Bragantia**, Campinas, v. 51, n. 2, p. 189-196, 1992.

OLIVEIRA, J. B.; CAMARGO, M. N.; ROSI, M.; BRAZ-CALDERANO, F. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo: legenda expandida**. Campinas: Instituto Agrônomo; Embrapa Solos, 1999. 64 p.

VALÉRIO FILHO, M. Técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto aplicadas ao estudo integrado de bacias hidrográficas. In: PEREIRA, V. P.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. (Ed.). **Solos altamente suscetíveis à erosão**. Jaboticabal: FCAV-UNESP; Viçosa, MG: SBCS, 1994. p. 223-242.

RENARD, K. G.; FOSTER, G. R.; WEESIES, G. A.; MCCOOL, D. K.; YODER, D. C. **Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)**. Washington, DC: USDA, 1997. 404 p. (Agricultural Handbook, 703).

VAN REMORTEL, R. D.; MAICHLE, R. W.; HICKEY, R. J. Computing the LS factor for the Revised Universal Soil Loss Equation through array-based slope processing of digital elevation data using a C++ executable. **Computers & Geosciences**, v. 30, n. 9/10, p. 1043-1053, 2004.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting Rainfall Erosion Losses: a guide to conservation planning**. Washington, DC: USDA, 1978. 58 p. (Agricultural Handbook, 537).



---

*Monitoramento por Satélite*