

# RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta tese será disponibilizado somente a partir de 24/11/2022.

**RITA DE CÁSSIA FERREIRA DA SILVA**

**MODELAGEM DO APORTE DE SEDIMENTOS APLICADA À BACIA  
HIDROGRÁFICA DO RIO UNA (SP): UMA PROPOSTA PARA O  
DIAGNÓSTICO DE ASSOAREAMENTO**

Sorocaba

2021

**RITA DE CÁSSIA FERREIRA DA SILVA**

**MODELAGEM DO APORTE DE SEDIMENTOS APLICADA À BACIA  
HIDROGRÁFICA DO RIO UNA (SP): UMA PROPOSTA PARA O  
DIAGNÓSTICO DE ASSOREAMENTO**

Tese de Doutorado apresentada como requisito para a obtenção do título de Doutora em Ciências Ambientais da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" na área de Concentração Diagnóstico, Tratamento e Recuperação Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Roberto Wagner Lourenço

Coorientador: José Luiz Albuquerque Filho

Sorocaba

2021

S586m

SILVA, RITA DE CASSIA FERREIRA DA

Modelagem do aporte de sedimentos aplicada à bacia hidrográfica do Rio Una (SP) : Uma proposta para o diagnóstico de assoreamento / RITA DE CASSIA FERREIRA DA SILVA. - Sorocaba, 2021

150 f. : il., tabs., fotos, mapas

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba

Orientador: ROBERTO WAGNER LOURENÇO

Coorientador: JOSÉ LUIZ ALBUQUERQUE FILHO

1. Geotecnologias. 2. Modelos hidrológicos. 3. MUSLE. 4. BHRU. 5. SWAT. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

TÍTULO DA TESE: Modelagem do aporte de sedimentos aplicada à bacia hidrográfica do Rio Una  
(SP): Uma proposta para o diagnóstico de assoreamento

**AUTORA: RITA DE CASSIA FERREIRA DA SILVA**

**ORIENTADOR: ROBERTO WAGNER LOURENÇO**

**COORIENTADOR: JOSÉ LUIZ ALBUQUERQUE**

**FILHO**

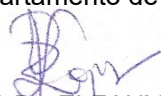
Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em CIÊNCIAS AMBIENTAIS, área: Diagnóstico, Tratamento e Recuperação Ambiental pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. ROBERTO WAGNER LOURENÇO (Participação Virtual)  
Departamento de Engenharia Ambiental / Instituto de Ciencia e Tecnologia Campus de Sorocaba Unesp



Prof. Dr. DARLLAN COLLINS DA CUNHA E SILVA (Participação Virtual)  
Departamento de Engenharia de Pesca / Unesp - Câmpus de Registro



Prof. Dr. ELFANY REIS DO NASCIMENTO LOPES (Participação Virtual)  
Centro de Formação em Ciências Ambientais / Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB)



Prof. Dr. JOSÉ CARLOS DE SOUZA (Participação Virtual)  
Departamento de Geografia / Universidade Estadual de Goiás - Campus Minaçu



Dr<sup>a</sup>. JOCY ANA PAIXÃO DE SOUSA (Participação Virtual)  
Prefeitura de Juazeiro, BA

Sorocaba, 24 de novembro de 2021

Dedico aos meus pais Ana e Elpidio, que sempre me deram liberdade de pensamento e de escolha, tão essenciais para o meu crescimento. As minhas avós Maria e Zelinda e aos meus avôs Amado e José, sua força e suas histórias me trouxeram até aqui.

## **Agradecimentos**

Sou grata aos meus familiares por me apoiarem nessa jornada, sobretudo as minhas tias Ana e Elena, que me acolheram muito bem desde que cheguei em Sorocaba. Agradeço ao meu irmão Daniel e minhas irmãs Mariana, Carol e Vitória, e aos meus pais, que me ensinaram a ter paciência a constância mesmo quando as circunstâncias não são favoráveis.

Agradeço aos meus amigos e amigas do LABGEMM (Amanda, Bruna, Bruno e Bruninha, Hetiany, Miqueias, Amazonino, Fábio, Jomil) que foram companhia constante e tornaram o meu dia a dia mais leve, agradeço especialmente a Jocy e ao Elfany, que desde o início foram um exemplo de altruísmo comigo e com todos que puderam ser.

Agradeço aos membros da banca, que me deram o seu valioso tempo e suas contribuições para esta pesquisa.

Ao meu coorientador José Luiz Albuquerque, que não mediu esforços para contribuir com me guiar nesse processo.

Ao meu orientador Roberto W. Lourenço (China) por sempre se ter sido atencioso e disposto a contribuir com meu crescimento profissional, e sempre que pôde nos provocou a sair da zona de conforto e buscar novos desafios.

Por fim, sou grata por ter passado esses anos na Unesp Sorocaba que foram essenciais para o meu crescimento e amadurecimento, sobretudo por ter convivido com todos vocês!

## **Epígrafe**

*"Cada um de nós é, sob uma perspectiva cósmica, precioso.  
Se um ser humano discorda de você, deixe-o viver.  
Em cem bilhões de galáxias, você não vai achar outro como ele [...]  
Para pequenas criaturas como nós, a vastidão é suportável somente através do amor."*

Carl Sagan

SILVA, R. C. F. **Modelagem do aporte de sedimentos aplicada à bacia hidrográfica do Rio Una (SP): Uma proposta para o diagnóstico de assoreamento**. 2021. 150f. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, UNESP - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Sorocaba, 2021.

## RESUMO

O transporte e deposição de sedimentos em bacias hidrográficas causado pela erosão hídrica, pode causar prejuízos irreversíveis, sobretudo quando são deflagrados em períodos de ocorrência de eventos extremos de precipitação pluviométrica. Os modelos hidrológicos são ferramentas com alto potencial de contribuição para estudar esses impactos e a simulação de cenários nesses modelos, é essencial para prever impactos ambientais e dar suporte tecnológico para mitigar esses impactos. Esta pesquisa se propôs a investigar os processos que resultam na erosão em uma bacia hidrográfica, e a partir da sua dinâmica espacial elaborar um Indicador de Exposição e Risco Ambiental (IERA), capaz de mensurar os impactos do assoreamento nos rios da área de estudo. Para isto, foi aplicado o modelo de perda do solo em razão dos efeitos da intensidade da chuva sobre o solo (SWAT). A pesquisa foi realizada na Bacia Hidrográfica do Rio Una (BHRU), localizada na região sudeste do Estado de São Paulo, a qual apresenta um histórico de uso intensivo do solo para a olericultura, além de ser responsável por abastecer uma demanda considerável de hortaliças para vários municípios da grande São Paulo, justificando a preocupação com o uso da terra e o manejo de suas atividades agrícolas. O modelo obteve bons resultados em cinco das seis Sub-bacias da BHRU durante a calibração, apresentando o coeficiente NSE Bom e Muito bom ( $> 0,6$ ) para 4 das 6 sub-bacias, enquanto o desempenho alcançado no PBIAS foi Muito bom e Bom para três sub-bacias ( $< 25\%$ ) e Satisfatório para duas sub-bacias. Após validar o desempenho do modelo SWAT foram realizadas simulações considerando quatro cenários após a calibração: Cenário A, referente ao ano de 2007, Cenário B, referente ao ano de 2018, Cenário C, que seria um cenário hipotético conservacionista e Cenário D, referente a uma previsão para o ano de 2028. Deste modo, foi elaborado o IERA que considerou 4 variáveis como fatores de impacto no assoreamento do rio Una (PPA, DP, ESCO, SED) e essas variáveis foram normalizadas e combinadas a partir da análise multicritério (AHP). Os resultados do índice demonstraram que em todos os cenários mais de 50% do território da BHRU está comprometido, das sub-bacias analisadas, as sub-bacias 1, 2, 4 apresentaram os piores resultados nos quatro cenários e sofrem maior risco de assoreamento, demandando priorização para ações de mitigação do assoreamento na BHRU. Espera-se que o método proposto possa contribuir com o desenvolvimento de um sistema de gestão e sirva de instrumento de apoio à decisão para o planejamento ambiental para priorizar áreas que necessitam de ações para mitigar os impactos dos processos erosivos em rios.

**Palavras chave:** Geotecnologias, Modelos hidrológicos, MUSLE, BHRU, SWAT.

## ABSTRACT

The transport and deposition of sediments in hydrographic basins caused by water erosion can cause irreversible damages, especially when they are triggered in periods of extreme rainfall events. Hydrological models are tools with a high potential to contribute to studying these impacts and the simulation of scenarios in these models is essential to predict environmental impacts and provide technological support to mitigate these impacts. This research aimed to investigate the processes that result in erosion in a watershed, and from its spatial dynamics to develop an Exposure and Environmental Risk Indicator (IERA), capable of measuring the impacts of silting in the rivers of the study area. For this, the soil loss model due to the effects of rainfall intensity on the soil (SWAT) was applied. The research was carried out in the Una River Basin (BHRU), located in the southeastern region of the State of São Paulo, which has a history of intensive use of soil for horticulture, in addition to being responsible for supplying a considerable demand for vegetables for several municipalities in greater São Paulo, justifying the concern with land use and the management of their agricultural activities. The model obtained good results in five of the six BHRU Sub-basins during the calibration, presenting the NSE coefficient Good and Very Good ( $> 0.6$ ) for 4 of the 6 sub-basins, while the performance achieved in the PBIAS was Very Good and Good for three sub-basins ( $< 25\%$ ) and Satisfactory for two sub-basins. After validating the performance of the SWAT model, simulations were carried out considering four scenarios after calibration: Scenario A, referring to the year 2007, Scenario B, referring to the year 2018 Scenario C, which would be a hypothetical conservation scenario and Scenario D, referring to a forecast for the year 2028. In this way, the IERA was prepared, which considered 4 variables as impact factors in the silting of the Una River (PPA, DP, ESCO, SED) and these variables were normalized and combined from the multicriteria analysis (AHP). The results of the index showed that in all scenarios more than 50% of the BHRU territory is compromised, of the sub-basins analyzed, sub-basins 1, 2, 4 presented the worst results in the four scenarios and are at greater risk of silting, demanding prioritization of actions to mitigate silting at BHRU. It is expected that the proposed method can contribute to the development of a management system and serve as a decision support tool for environmental planning to prioritize areas that need actions to mitigate the impacts of erosion processes in rivers.

**Key words:** Geotechnologies, Hydrological Models, MUSLE, BHRU, SWAT.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo das rochas. Setas em preto indicam o caminho mais longo do ciclo e as vermelhas outros possíveis caminhos .....	24
Figura 2. Curva granulométrica média de sedimentos finos presentes em suspensão e de material grosso do leito - Rio São Francisco em Morpará (Carvalho et al., 1994).....	27
Figura 4. Fluxograma de processamento do modelo SWAT .....	33
Figura 5. Conceitualização do modelo de Calibração. ....	38
Figura 6. Delimitação da área de drenagem da Bacia do Rio Una.....	43
Figura 7. Empregabilidade da Agricultura, Pecuária, Produção Florestal, Pesca e Aquicultura no total de empregos de Ibiúna-SP 2018. ....	48
Figura 8. Fluxo de trabalho .....	52
Figura 9. Pontos de coleta e medições <i>in situ</i> na BHRU, Ibiúna/SP.....	53
Figura 10. [A] Medições de fluxo sendo realizadas, [B] Medições da seção transversal do rio Una, Ibiúna-SP, 2019.....	56
Figura 11. Filtros saturados de material sólido após a secagem das amostras.....	57
Figura 12. Distribuição da malha amostral de coleta de solo para análise granulométrica na BHRU, Ibiúna-SP.....	60
Figura 13. Intervalo de dados obtidos das estações pluviométricas da base <i>Hidroweb</i> . ..	64
Figura 14. Relação entre a vazão e a precipitação no método SCS de Curva de Número .....	66
Figura 15. Etapas da elaboração do Indicador.....	77
Figura 16. Modelo Digital de Elevação da BHRU, Ibiúna/SP.....	84
Figura 17. Declividade Percentual da BHRU, Ibiúna/SP .....	86
Figura 18. Tipos de solo na BHRU, Ibiúna/SP .....	87
Figura 19. Mapeamento do Uso da terra e cobertura vegetal de 2007.....	91
Figura 20. Mapeamento do Uso da terra e cobertura vegetal de 2018.....	92

Figura 21. Mapeamento do Uso da terra e cobertura vegetal de 2018 com as Áreas de Preservação Permanente. ....	93
Figura 22. Precipitação anual acumulada na BHRU. ....	94
Figura 23. Delimitação das sub-bacias na BHRU a partir do SWAT .....	96
Figura 24. Resultados do ciclo hidrológico da 1ª interação realizada verificados no SWAT Check. ....	98
Figura 25. Calibração da vazão para as Sub-bacias da BHRU. ....	102
Figura 26. Validação das simulações de vazão na BHRU. ....	104
Figura 27. Simulações do aporte de sedimentos simulados na BHRU para os Cenários 2007 [A] 2018 [B] .....	108
Figura 28. Simulações do aporte de sedimentos simulados na BHRU para os Cenários 2018 APP [C] e 2028 [D]. ....	109
Figura 29. Simulações de vazão na BHRU para os Cenários 2007 [A] 2018 [B] .....	111
Figura 30. Simulações de vazão na BHRU para os Cenários 2018 APP [C] e 2028 [D].	112
Figura 31. Simulações de escoamento superficial na BHRU para os Cenários 2007 [A] e 2018 [B] .....	115
Figura 32. Simulações de escoamento superficial na BHRU para os Cenários 2018 APP [C] e 2028 [D] .....	116
Figura 33. Cálculo do IERA para o Cenário A e quantitativo de áreas por classe. ....	122
Figura 34. Cálculo do IERA para o Cenário B e quantitativo de áreas por classe. ....	123
Figura 35. Cálculo do IERA para o Cenário C e quantitativo de áreas por classe. ....	124
Figura 36. Cálculo do IERA para o Cenário D e quantitativo de áreas por classe. ....	125

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Projeção populacional até o ano de 2050 para o município de Ibiúna.....	47
Tabela 2. Número de UPAs em 2008 e 2017 no município de Ibiúna .....	49
Tabela 3. Estratificação das áreas agrícolas.....	50
Tabela 4. Tipos de uso da terra no município de Ibiúna 2008-2017 .....	51
Tabela 5. Classes de declividade percentual do terreno .....	59
Tabela 6. Estações meteorológicas e pluviométricas próximas a BHRU, Ibiúna-SP .....	63
Tabela 7. Valores adotados de CN .....	68
Tabela 8. Descrição dos parâmetros iniciais para análise de sensibilidade. ....	73
Tabela 9. Parâmetros adicionados e limites alterados. ....	74
Tabela 10. Classificação da eficiência do SWAT. ....	76
Tabela 11. Pesos atribuídos as classes do PPA. ....	78
Tabela 12. Graus de Fragilidade em função da declividade do terreno.....	79
Tabela 13. Escala de valores AHP para comparação pareada. ....	81
Tabela 14. Cálculo das áreas do uso da terra.....	89
Tabela 15. Cálculo de áreas das Sub-bacias da BHRU, Ibiúna-SP.....	96
Tabela 16. Percentual de certeza de previsão .....	100
Tabela 17. Coeficientes de desempenho da vazão na fase de calibração da BHRU, segundo Moriasi et al. (2007).....	101
Tabela 18. Valores do aporte sedimentos simulados e medidos na BHRU <sup>1</sup> e medidas de dispersão.....	105
Tabela 19. Valores da vazão simulada e medida na BHRU <sup>1</sup> e medidas de dispersão...	110
Tabela 20. Contribuição do escoamento superficial na BHRU. ....	114
Tabela 21. Cálculo da AHP para o IERA.....	117
Tabela 22. Pesos calculados da AHP para o IERA. ....	119
Tabela 23. Predominância de classes do IERA por Sub-bacia. ....	121

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Métodos de medição da carga sólida (Carvalho et al., 1994 e 2008) .....	27
Quadro 2. Exemplos de aplicações do SWAT no Brasil 2015-2021.....	36
Quadro 3. Publicações de estudos aplicados na BHRU no período de 2016-2021. ....	40
Quadro 4. Características dos pontos de amostragem na BHRU, Ibiúna/SP. ....	54

## LISTA DE SIGLAS

<b>ANA</b>	Agência Nacional das Águas
<b>ANEEL</b>	Agência Nacional de Energia Elétrica
<b>APA</b>	Área de Proteção Ambiental de Itapararanga
<b>ARS</b>	Agricultural Research Service
<b>BHRU</b>	Bacia Hidrográfica do Rio Una
<b>CATI</b>	Coordenadoria de Assistência Técnica Integral
<b>CBH-SMT</b>	Comitê de Bacias Hidrográficas Sorocaba e Médio-Tietê
<b>CN</b>	Curve Number
<b>CSS</b>	Concentração De Sólidos Suspensos
<b>CUP</b>	Calibration and Uncertainty Procedures
<b>DATAGEO</b>	Infraestrutura de Dados Espaciais Ambientais do Estado de São Paulo
<b>DAEE</b>	Departamento de Águas e Energia Elétrica de São Paulo
<b>EMBRAPA</b>	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
<b>URH</b>	Unidade de Resposta Hidrológica
<b>IAC</b>	Instituto Agrônômico de Campinas
<b>IBGE</b>	Instituto Brasileiro Geografia e Estatística
<b>IDW</b>	Inverse distance weighted
<b>IERA</b>	Indicador de Exposição e Risco ao Assoreamento
<b>IGC</b>	Instituto Geográfico e Cartográfico
<b>LUPA</b>	Levantamento Censitário das Unidades de Produção Agropecuária
<b>MDT</b>	Modelo Digital de Elevação do Terreno
<b>MUSLE</b>	Modified Universal Soil Loss Equation
<b>NRCS</b>	Natural Resources Conservation Service
<b>NSE</b>	Nash-Sutcliffe
<b>PBIAS</b>	Percentual de tendência
<b>PNSB</b>	Política Nacional de Segurança de Barragens
<b>SBCS</b>	Sistema Brasileiro de Classificação de Solos
<b>SCS</b>	Soil Conservation Service
<b>SEADE</b>	Sistema Estadual de Análise de Dados
<b>SIG</b>	Sistemas de Informações Geográficas
<b>SNIRH</b>	Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos
<b>SWAT</b>	Soil and Water Assessment Tool
<b>UGRHI</b>	Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos
<b>USDA</b>	United States Department of Agriculture
<b>TIN</b>	Triangulated Irregular Network
<b>UPA</b>	Unidade de Produção Agrícola

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>18</b>
2.	OBJETIVOS .....	20
2.1.	OBJETIVOS GERAIS.....	20
2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	20
1.	DIRETRIZES PARA O MONITORAMENTO SEDIMENTOLÓGICO NO BRASIL .....	21
2.	DINÂMICA DOS PROCESSOS DE SEDIMENTAÇÃO EM BACIAS HIDROGRÁFICAS .....	23
3.	CONTRIBUIÇÕES DAS GEOTECNOLOGIAS PARA ANÁLISE ESPACIAL DE CONDIÇÕES AMBIENTAIS.....	29
4.	O MODELO SWAT COMO FERRAMENTA DE ANÁLISE .....	31
4.1.	METODOLOGIAS DE CALIBRAÇÃO E VALIDAÇÃO.....	37
5.	CONTEXTUALIZAÇÃO DE ESTUDOS REALIZADOS NA BHRU .....	39
<b>3.</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>43</b>
1.	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	43
2.	CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO UNA .....	44
2.1.	ASPECTOS DO MEIO FÍSICO.....	44
2.2.	ASPECTOS DO MEIO BIÓTICO.....	45
2.3.	ASPECTOS DO MEIO ANTRÓPICO .....	46
3.	METODOLOGIAS ADOTADAS E FLUXO DE TRABALHO .....	51
3.	SÉRIES DE MONITORAMENTO HIDROSSEDIMENTOLÓGICO .....	52
4.1.	DETERMINAÇÃO DA DESCARGA LÍQUIDA NO CANAL (VAZÃO).....	55
4.2.	DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO NO CANAL.....	56
4.3.	PREDIÇÃO QUANTITATIVA DO APORTE DE SEDIMENTOS .....	57
5.	AQUISIÇÃO DOS PLANOS DE INFORMAÇÃO DO SWAT.....	58
5.1.	MAPEAMENTO DO RELEVO .....	58
5.2.	MAPEAMENTO DOS TIPOS DE SOLO.....	59
5.3.	MAPA DE USO DA TERRA E COBERTURA VEGETAL .....	60
5.4.	AQUISIÇÃO DE DADOS CLIMÁTICOS E PRECIPITAÇÃO .....	61

5.5.	CÁLCULO DA EQUAÇÃO DE PERDA DE SOLO (MUSLE) NO SWAT ...	64
5.6.	PARÂMETRO PARA CALCULAR O ESCOAMENTO SUPERFICIAL.....	66
5.7.	CÁLCULO FATOR ERODIBILIDADE DO SOLO (K).....	68
5.7.1.	CÁLCULO DO FATOR TOPOGRÁFICO (LS).....	70
5.7.2.	CÁLCULO DE FATORES DE USO E MANEJO DO SOLO (C) E PRÁTICAS CONSERVACIONISTAS (P).....	71
6.	METODOLOGIA DE ANÁLISE DAS SIMULAÇÕES NO SWAT .....	72
6.1.	SIMULAÇÃO DE CENÁRIOS.....	72
6.2.	PROCESSOS DE CALIBRAÇÃO NO SWAT-CUP .....	72
6.2.1.	ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS .....	75
6.3.	COMPOSIÇÃO DO INDICADOR DE EXPOSIÇÃO E RISCO AO ASSOREAMENTO (IERA) .....	76
6.3.1.	DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS DO IERA .....	77
6.3.2.	NORMALIZAÇÃO E RECLASSIFICAÇÃO DAS VARIÁVEIS DO IERA.....	80
6.4.	ANÁLISE HIERÁRQUICA DE PROCESSOS –AHP .....	80
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>83</b>
1.	PLANOS DE INFORMAÇÃO DO SWAT .....	83
1.1.	MAPEAMENTO DO RELEVO .....	83
1.2.	MAPEAMENTO DOS TIPOS DE SOLO.....	86
1.3.	MAPEAMENTO DO USO DA TERRA.....	88
1.4.	CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA E PRECIPITAÇÃO.....	93
1.5.	DEFINIÇÃO DAS SUB-BACIAS E AS URH .....	95
2.	SIMULAÇÃO INICIAL .....	97
2.1.	CALIBRAÇÃO NO SWAT-CUP .....	98
2.1.1.	ANÁLISE ESTATÍSTICA DA CALIBRAÇÃO .....	100
2.2.	VALIDAÇÃO DOS RESULTADOS DE VAZÃO .....	103
3.	SIMULAÇÃO DE CENÁRIOS.....	104
3.1.	SIMULAÇÃO DE SEDIMENTOS.....	105
3.2.	SIMULAÇÃO DE VAZÃO .....	110
3.3.	SIMULAÇÃO DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL.....	113
4.	ÍNDICE DE EXPOSIÇÃO E RISCO A ASSOREAMENTO (IERA) .....	117
4.1.	PONDERAÇÃO DOS CRITÉRIOS DA AHP.....	117

<b>5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>126</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>128</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>144</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A capacidade de gerenciar de forma eficiente os recursos naturais de uma bacia hidrográfica está intrinsecamente ligada ao monitoramento ambiental sistemático dos ecossistemas, visando prever, ou antever, as respostas ambientais complexas frente às mudanças climáticas. Nesse sentido, o planejamento da conservação da terra e da água necessita de conhecimento prévio dos fatores que causam a degradação da terra e a diminuição da disponibilidade hídrica, bem como, as alternativas que ajudam a diminuir tais danos ambientais (NEITSCH et al., 2009).

Dentre os impactos ambientais que podem causar a degradação da terra, a erosão é responsável por causar maior parte das perdas de solo que chegam nas margens dos rios, contribuí significativamente para a produção de sedimentos de uma bacia hidrográfica (CRISTOFOLETTI, 1980; SILVA, SCHULZ, e CAMARGO, 2007). Este processo é de extrema importância para compreender como ocorre o processo de assoreamento dos rios, que pode comprometer tanto a vida aquática como a qualidade e quantidade de água disponível de uma bacia.

Mecanicamente, a deposição de sedimentos na calha dos rios depende da força do fluxo de água atuante e da granulometria das partículas. A deposição de sedimentos é um processo natural em uma bacia hidrográfica, porém, seus efeitos e consequências podem ser potencializados pela ação antrópica como o uso inadequado do solo, desmatamentos e o não planejamento e ordenamento territorial (BICALHO, 2010). A presença excessiva de material particulado dissolvido nas águas deve ser monitorada e umas das técnicas que podem ser utilizadas para identifica-la é a modelagem matemática ambiental, que contribuí para uma gestão responsável desses recursos a um baixo custo.

Nesse sentido, as geotecnologias constituem ferramentas importantes para o monitoramento ambiental, uma vez que podem subsidiar de forma estratégica a compreensão das relações entre os diversos componentes dos ecossistemas aquáticos e contribuir para estabelecer hipóteses sobre os caminhos causais para aprimorar a gestão dos recursos naturais (FLAUZINO et al., 2010). A modelagem ambiental a partir do geoprocessamento aliada à

inovação tecnológica possibilita conhecer tais impactos no meio ambiente para escolher as medidas mitigadoras adequadas.

Entre as vantagens do uso de modelos para realização de estudos ambientais estão a diminuição de trabalho e dos custos envolvidos, a rapidez e constância de acesso aos dados (POLIDORIO, 2004), que possibilitam uma cobertura espacial mais ampla permitindo analisar com maior facilidade e melhor precisão os relacionamentos de um corpo d'água com outros elementos presentes no ciclo hidrológico e sua relação com a área de estudo.

Os estudos sobre o transporte de sedimentos ligados à erosão, também são eficazes na identificação de impactos de eventos extremos de precipitação, como grandes movimentos de massa de solo para o canal do rio, pois são necessários para evitar prejuízos sociais e ambientais diversos (SANTOS, NORI, OLIVEIRA, 2010; ARAGÃO et al., 2011; GRIMM, 2011).

Diante do exposto, esta pesquisa buscou desenvolver uma metodologia de análise para representação de um processo de degradação hídrica, visando a identificação dos processos erosivos e as áreas de maior potencial ao assoreamento de um rio decorrentes da erosão acentuada. Esta pesquisa justifica-se uma vez que esse tipo de impacto está presente em diversas bacias hidrográficas e muitas vezes não é perceptível a curto prazo. Portanto, realizar este tipo de monitoramento é importante para prever impactos ambientais causados pelo assoreamento e contribuir no planejamento e gestão dos recursos hídricos.

## 5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Realizar pesquisas em bacias não monitoradas como a BHRU, é uma demanda frequente no meio acadêmico. Diante das dificuldades para se realizar este tipo de pesquisa, a ausência de dados suficientes para aplicação de modelos como o SWAT, é um dos paradigmas a ser superado. Nesse sentido, a escolha de metodologias a serem empregadas requerem extremo cuidado e organização, para que proporcionem a realização do trabalho com qualidade e quantidade de informações de forma adequada e satisfatória.

Neste estudo constatou-se que a aplicação do modelo SWAT é uma alternativa viável para todos os seguimentos, pois além do modelo ser facilmente ajustado aos dados da área, este possui extensões para SIG's como ArcGis e QGis, não necessitando de investimento econômico para seu uso. Além disso, tem-se o fato dos dados espaciais ou pluviométricos requeridos pelo modelo, estarem disponíveis gratuitamente, facilitando pesquisas em bacias que possuem poucos dados, ou que não sejam instrumentadas.

As simulações no SWAT mostraram um bom desempenho do modelo para a vazão no período de calibração, obtendo um NSE acima de 0,65 em quatro dos seis pontos monitorados, e conseqüentemente para o escoamento e produção de sedimentos. Embora o mesmo desempenho não tenha se repetido na fase da validação, obtendo um NSE 0,47 o modelo não pode ser desconsiderado, visto que a validação foi realizada apenas para a sub-bacia 1, e a ausência de uma série longa de dados pode impactar nesse resultado.

Quanto a produção de sedimentos, constatou-se que existe uma tendência de maior a produção de sedimentos em algumas bacias, sobretudo nas sub-bacias 2, 4 e 5 que apresentaram os maiores quantitativos. Neste caso, nota-se que a produção de sedimentos possui influência de fatores antrópicos, mas também de aspectos naturais da área.

Em relação ao escoamento superficial, os cenários A, B e D mantiveram um padrão de escoamento superficial alto em relação ao cenário C. O modelo mostrou que a vegetação nativa pode desempenhar um papel importante na diminuição do escoamento, como ocorreu no cenário C, onde foi considerado a existência das áreas APP e a vegetação nativa ocuparia 47% de seu território, diferente dos cenários A, B e D, onde a vegetação nativa ocupa em média 40% do

território, o que evidencia o papel importante que a vegetação desempenha na diminuição do escoamento superficial e conseqüentemente nos impactos que ele pode causar.

Ao se estudar a dinâmica de sedimentos na BHRU, foi possível compreender quais regiões são suscetíveis ao risco de assoreamento do Rio Una. Fatores como a declividade, uso da terra e escoamento contribuíram para esta dinâmica. Nesse sentido, percebe-se a necessidade de avaliação de potencialidades e limitações de ocupação destas áreas, além de contribuir para elaboração de um plano de manejo do solo das bacias.

As sub-bacias que apresentaram maior risco segundo o IERA foram as sub-bacias 1, 2 e 4, e a sub-bacia que melhor desempenho, foi a sub-bacia 6, onde se encontra a nascente do Rio Una. Ao calcular o IERA, notou-se que nos quatro cenários, mais de 50% do território da BHRU encontra-se comprometido com o risco de assoreamento, considerando o número de sub-bacias onde existe a predominância da classe ruim do IERA, sobretudo no Cen A. É importante ressaltar que o IERA é uma estimativa de risco considerando as diversas variáveis de um ecossistema, e o indicador alcançou seu objetivo de qualificar e quantificar as áreas da BHRU onde existe esse risco, e pode ser utilizado como uma ferramenta de gestão dessas sub-bacias.

Ao avaliar os resultados, recomenda-se que ações de mitigação sejam tomadas nas áreas que obtiveram resultados ruins, e considerar o risco existente nas áreas onde o resultado foi regular e bom.

Por fim, espera-se que este estudo possa contribuir com as agências e poder público na gestão e planejamento integrados das bacias hidrográficas, conseqüentemente na preservação e conservação da qualidade e quantidade da disponibilidade hídrica em prol de gerações futuras.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBASPOUR, K. C., VAGHEFI, S. A., SRINIVASAN, R. A Guideline for Successful Calibration and Uncertainty Analysis for Soil and Water Assessment: a Review of Papers from the 2016 International SWAT Conference, Water, 2018.

ABBASPOUR, K.C. SWAT-CUP2012: SWAT Calibration and Uncertainty Programs – a user manual. Department of Systems Analysis. Integrated Assessment and Modelling (SIAM), Eawag, Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, Duebendorf, Switzerland, 103 p. 2012.

ABBASPOUR, K.C., YANG, J., MAXIMOV, I., SIBER, R., BOGNER, K., MIELEITNER, J., ZOBRIST, J., SRINIVASAN, R. Modelling hydrology and water quality in the pre-alpine/alpine Thur watershed using SWAT, Journal of Hydrology, v, 333, p. 413-430, 2007.

ABBASPOUR, K. C., JOHNSON, C. A., VAN GENUCHTEN, M.TH. Estimando parâmetros de fluxo e transporte incertos usando um procedimento de ajuste de incerteza sequencial J Vadouse Zone, 3 (4), pp. 1340 – 1352, 2004.

ADRIOLO, M. V., SANTOS, L., GIBERTONI, R. C., CAMARGO, A. S. G. Calibração do modelo SWAT para a produção e transporte de sedimentos. In: Simpósio Sobre Pequenas e Médias Centrais Hidrelétricas, 6, 2008, Belo Horizonte, Anais: Comitê Brasileiro de Barragens, v, 1, p. 1-17, 2008.

ALMEIDA, L., SERRA, J. C. V. Modelos hidrológicos, tipos e aplicações mais utilizadas, Revista FAE, Curitiba, v.20, n.1, p. 129-137, 2017.

ANDRADE M. L., MAZOYER, M. Sistemas Agrários e Desenvolvimento Rural, In: CONTERATO, M. A., RADOMSKY, G. F. W., SCHNEIDER, S. (Ed.), Pesquisa em Desenvolvimento Rural – Aportes Teóricos e Proposições Metodológicas, v. 1, Porto Alegre: Editora da UFRGS, p. 297 – 312, 2014.

ANDRADE, M.A., MELLO, C.R., BESKOW, S. (2013), Simulação hidrológica em uma bacia hidrográfica representativa dos Latossolos na região Alto Rio Grande, MG. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 17(1): 69-76.

ANDRADE, F.M., LOURENÇO, R.W. Uso do Solo e Cobertura Vegetal na Bacia Hidrográfica do Rio Una - Ibiúna SP. RGD Revista do Departamento de Geografia USP, v. 32, p. 48-60, 2016. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/116342>>, Acesso em jul 2019.

ANTUNES, J. L. F., CARDOSO, M. R. A. Uso da análise de séries temporais em estudos epidemiológicos, *Epidemiol, Serv, Saúde*, Brasília-DF, v. 23, n. 3, p. 565-576, 2015.

ARAGÃO, R., ALMEIDA, J. A. P., FIGUEIREDO, E. E., SRINIVASAN, V. S. Mapeamento do potencial de erosão laminar na Bacia do Rio Japaratuba, SE, via SIG, *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, p.731-740, 2011.

ARAGÃO, R., CRUZ, M. A. S., AMORIM, J.R.A., MENDONÇA, L.C., FIGUEIREDO, EE, SRINIVASAN, S. Análise de sensibilidade dos parâmetros do modelo SWAT e simulação dos processos hidrossedimentológicos em uma bacia no agreste nordestino, *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v.37, p.1091-1102. 2013.

ARNOLD, J. G., KINITY, J. R., SRINIVASAN, R., WILLIAMS, J. R., HANEY, E. B., NEITSCH, S.L. (2012a), *Input/Output Documentation Version 2012*, Texas Water Resources Institute, 650p.

ARNOLD, J.G., SRINIVASAN, R., MUTTIAH, R. S., WILLIAMS, J.R. Large Area Hydrologic Modelling and Assessment Part I: Model Development, *Journal of the American Water Resources Association*, v. 34, n. 1, p. 73-89, 1998.

ARNOLD, J.G., WILLIAMS, J.R., MAIDMENT, D.R. Continuous-time water and sediment-routing model for large basins, *Journal of Hydraulic Engineering*. New York, v. 121, p. 171-183, 1995.

ARRAES, C.L., ROCHA, A. M., MORAES, R.A., PISSARA, T. C. T., RODRIGUES, F.M., ZANATA, M. Estimativa da taxa de desmatamento dos municípios de Bannach, Pará – Amazônia Legal, utilizando imagens Landsat5/TM. *Revista de Ciências Agrárias*; v. 33, n. 2, p. 231-244, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 10.664. Águas - Determinação de resíduos (sólidos) - Método gravimétrico - Método de ensaio, 1989.

AZIZ, S. A., STEWARD, B. L., KALEITA, A. L., KARKEE, M. Assessing the effects of DEM uncertainty on erosion rate estimation in an agricultural field, *Transactions of the ASABE*, v. 55, n. 3, p. 785, 2012.

BAGNOLD, R.A. Bedload transport in natural rivers. *Water Resources Research*, v. 13, p. 303-312, 1977.

BALDISSERA, G.C. (2005). Aplicabilidade do modelo de simulação hidrológica SWAT (Soil and Water Assessment Tool). para a Bacia Hidrográfica do Rio Cuiabá/MT. Dissertação de Mestrado, Cuiabá – MT, 132p.

BARROS, C. J., CAMPOS, A, “Deserto Verde” - Os impactos do cultivo de eucalipto e pinus no Brasil, Superintendência Regional do Trabalho e Emprego de Santa Catarina, v. 1, p.1-25, 2011.

BAPTISTA, G. M. M. Diagnóstico ambiental de erosão laminar: Modelo geotecnológico e aplicação. Brasília: Universa, 2003.

BERTONI, J. e LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo, 7.ed. São Paulo, Ícone, 355p. 2010.

BICALHO, C. C. Estudo do transporte de sedimentos em suspensão na bacia do rio Descoberto, 2010. Disponível em: <[repositorio.unb.br/bitstream/10482/5755/1/2006\\_Cristina%20Caetano%20Bicalho.pdf](http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/5755/1/2006_Cristina%20Caetano%20Bicalho.pdf)>. Acesso em: 04 abr 2017.

BRESSIANI, D.A., SRINIVASAN, R., JONES, C.A., MENDIONDO, E.M. (2015). Effects of different spatial and temporal weather data resolutions on the streamflow modeling of a semi-arid basin, Northeast Brazil, International Journal of Agricultural & Biological Engineering, v. 8, n. 3, p. 1-16.

BRIAK, H., MOUSSADEK, R., ABOUMARIA, K., MRABET, R. Assessing sediment yield in Kalata gauged watershed (Northern Morocco) using GIS and SWAT model. International Soil and Water Conservation Research, v. 4, p. 177-185, 2016.

BRIGHENTI, T. M., BONUMÁ, N. B., CHAFFE, P. L. B. Calibração hierárquica do modelo SWAT em uma bacia hidrográfica catarinense. REVISTA BRASILEIRA DE RECURSOS HÍDRICOS. v. 21, p. 53-64, 2016. Disponível em: <<https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=1&ID=188&SUMARIO=5147>> Acesso em abr de 2019.

CABRAL, J. B. P. Estudo do processo de assoreamento em reservatórios. Caminhos de Geografia, Uberlândia, v.6, n.14, p. 62-69, 2005.

CAMPOS, M. et al. Geoprocessamento Aplicado no Conflito do Uso da terra em Áreas de Preservação Permanente na Microbacia do Córrego Três Barras Botucatu (SP), Energia na Agricultura, v. 30, n. 4, p. 378-382, 2015.

CAO, H., VERVOORT, R. W., DABNEY, S. M. Variation in curve numbers derived from plot runoff data for New South Wales (Australia). Hydrological Processes, v. 25, p. 3774- 3789, 2011.

CARVALHO NETO, J.G., SRINIVASAN, V.S., RUFINO, I.A.A. (2011). Aplicação do modelo SWAT para estudo de cenários hipotéticos na Bacia Hidrográfica do Riacho dos Namorados no Cariri Paraibano, Revista Geográfica Acadêmica, v. 5, n. 2, p. 30-40.

CARVALHO NETO, J.G. (2011). Simulação Hidrossedimentológica da Bacia do Riacho dos Namorados com o modelo SWAT, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande – PB, 194p.

CARVALHO, N. O. Hidrossedimentologia Prática, CPRM e ELETROBRÁS, Rio de Janeiro, RJ, 384p. 1994.

CARVALHO, N. O, FILIZOLA JÚNIOR, N. P, SANTOS, P. M. C, LIMA, J. E. F. W. Guia de Práticas Sedimentométricas, Brasília: ANEEL, 154p. 2000.

CARVALHO, N. O, Hidrossedimentologia Prática, 2ª edição, Rio de Janeiro, Editora Interciência, 321p. 2008.

CARVALHO, D.F., CRUZ, E.S., PINTO, M.F., SILVA, L.D.B. e GUERRA, J.G.M. Características da chuva e perdas por erosão sob diferentes práticas de manejo do solo, Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental, v. 13, p. 3-9, 2009.

CASTRO, K.B. (2013). Avaliação do modelo SWAT na simulação da vazão em bacia agrícola do cerrado intensamente monitorada, Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília – DF, 117p.

CATI, Coordenadoria de Assistência Técnica Integrada, Projeto LUPA, 2017, Disponível em: < <http://www.cdrs.sp.gov.br/projetolupa/> > Acesso em dez 2019.

CHRISTOFOLLETTI, A. Geomorfologia, 2ª edição, São Paulo, Editora Blücher, 1980.

CHRISTOFOLLETTI, A. Condicionantes geomorfológicos e hidrológicos aos programas de desenvolvimento. In: Análise ambiental: uma visão multidisciplinar. (Tauk, S., org.), 104-106, São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1995.

CIBIN, R., SUDHEER, K. P., CHAUBEY, I. (2010). Sensitivity and identifiability of stream flow generation parameters of the SWAT model, Hydrological Process, v. 24, p. 1133-1148.

COLBY, B. R. e HEMBREE, C. H. Computation of total sediment discharge: Niobara river near Cody, Nebraska, Washington D. C. U. S. Geological survey, Water Supply Paper. 1955.

CORREIA, R. N., LEAL, M. L. M., DA SILVA, V. V., DA SILVA, T. A., FERNANDES, W. M. Utilização de geotecnologias para análise de uso da terra no PA Matupi, Amazonas. Revista Eletrônica Científica da UERGS, v. 4, n. 1, p. 107-118, 2018.

COSTA, E. P., DEAN, W. A Ferro e Fogo: A história da devastação da Mata Atlântica brasileira. São Paulo: Companhia das Letras, 484p. 2002.

DATAGEO - Infraestrutura de dados espaciais ambientais do Estado de São Paulo, Disponível em: < <http://datageo.ambiente.sp.gov.br/> > Acesso em ago. 2018.

DUBREUIL, V., FANTE, K. P., PLANCHON, O., SANT'ANNA NETO, J. L. Les types de climats annuels au Brésil: une application de la classification de Köppen de 1961 à 2015, 2017. EchoGéo Disponível em: < <https://journals.openedition.org/echogeo/15017> > Acesso em fev. 2018.

EL-NASR, A. A.: ARNOLD, J.G., FEYEN, J., BERLAMONT, J. (2005). Modelling the Hydrology of a Catchment Using a Distributed and a Semi-Distributed Model, Hydrological Processes, v. 19, n. 3, p. 573-587.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Sistema brasileiro de classificação de solos, 2. ed. – Rio de Janeiro: EMBRAPA-SP, 286p. 2006.

ESRI 2018. ArcGIS Desktop: Release 10.5 Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute.

FERRIGO, S. (2014). Análise de consistência dos parâmetros do modelo SWAT obtidos por calibração automática – estudo de caso na Bacia do Lago Descoberto – DF. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília – DF, 147p.

FERRIGO, S., TÁVORA, B.E., MINOTI, R.T., LIMA, J.E.F.W., KOIDE, S. Avaliação de possíveis impactos das mudanças climáticas e do uso do solo sobre a produção de sedimentos em Bacia Hidrográfica no Distrito Federal. In: Anais do XI Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos, ABRH: João Pessoa – PB, 1-15, 2014.

FLAUZINO, F. S., SILVA, M. K. A., NISHIYAMA, L., ROSA, R. Geotecnologias aplicadas à gestão dos recursos naturais da bacia hidrográfica do rio Paranaíba no cerrado mineiro, Sociedade & Natureza, v.22, p.75- 91, 2010.

FUKA, D. R. et al., 2014. Using the Climate Forecast System Reanalysis as weather input data for watershed models, Hydrological Processes, v. 28, p. 5613–5623.

FUKUNAGA, D.C. (2012). Estimativa de vazão em bacias hidrográficas do sul do Espírito Santo usando o SWAT. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Espírito Santo. Jerônimo Monteiro – ES, 98p.

FUNDAÇÃO FLORESTAL, Plano de Manejo da APA Itupararanga, São Paulo, 2009.

Gaddis, G.M. and Gaddis, M.L. An Introduction to Biostatistics Part 3: Sensitivity, Specificity, Predictive Value and Hypothesis Testing. *Annals of Emergency Medicine*, v. 19, 591-597, 1990. Disponível em: [https://www.annemergmed.com/article/S0196-0644\(05\)82198-5/pdf](https://www.annemergmed.com/article/S0196-0644(05)82198-5/pdf). Acesso em dez 2019.

GALDINO, S., WEILL, M. A. M. Estimativa e análise do fator topográfico (LS) da Equação Universal de Perda de Solo Revisada (MUSLE) para a bacia do Alto Taquari – MS/MT. In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 3., 2010, Cáceres, Anais: Campinas: Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p. 260-269, 2010.

GASSMAN, P.W., REYES, M., GREEN, C.H., ARNOLD, J.G. The soil and water assessment tool: historical development, applications, and future directions, *Trans, ASABE*, v. 50, n. 4, p. 1211–1250, 2007.

GOEPEL, K. D. Comparison of Judgment Scales of the Analytical Hierarchy Process — A New Approach, *International Journal of Information Technology & Decision Making (IJITDM)*, v. 18, n. 02, p. 445-463, 2019.

GREEN, C.H., TOMER, M.D., Di LUZIO, M., ARNOLD, J.G. (2006), Hydrologic evaluation of the Soil and Water Assessment Tool for a large tile-drained watershed in Iowa, *Trans, ASABE*, v. 49, n. 2, p. 413–422.

GRIMM, A. M. Interannual climate variability in South America: Impacts on seasonal precipitation, extreme events, and possible effects of climate change, *Stoch Environ Reserch Risk Assess*, v. 25, p. 537–554, 2011.

GUANZIROLI, C. E., BUAINAIN, A. M., DI SABBATTO, A. Dez anos de evolução da agricultura familiar no Brasil (1996 e 2006). *Revista de Economia e Sociologia Rural*, Piracicaba. v. 50, n. 2, 2012.

GUPTA, H. V., SOROOSHIAN, S., YAPO, P. O. Status of automatic calibration for hydrologic models: Comparison with multilevel expert calibration, *Journal Hydrologic Eng*, v. 4, n. 2, p. 135-143, 1999.

HARMEL, R. D., SMITH, P.K., MIGLIACCIO, K. W., CHAUBEY, I., DOUGLAS-MANKIN, K. R., BENHAM, B., SHUKLA, S., MUÑOZ\_CARPENA, R., ROBSON, B. J. Evaluating, interpreting, and communicating performance of hydrologic/water quality models considering intended use: A review and recommendations, *Environmental Modelling & Software*, v. 57, p. 40-51, 2014.

HEUVELINK, G. B. M., PEBESMA, E. J. The aggregation problems in environmental models, *Geoderma*, v.89, p. 47-65, 1999.

HURMAIN, V., HURMAIN, A., DODGE-WAN, D. Impacts of land use changes and land cover alteration on soil erosion rates and vulnerability of tropical mountain ranges in Borneo. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, v. 12. 57-69, 2018.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, IBGE cidades. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/painel/historico.php?lang=&codmun=354060>>. Acesso em dez 2019.

\_\_\_\_ SIDRA, Censo Agropecuário 2006: agricultura familiar - MDA/PRONAF (Lei nº 11.326 de 24/07/2006), Rio de Janeiro: IBGE, 2012, Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2006/dados-sobre-agricultura-familiar-mda-pronaf>> Acesso em out 2018.

\_\_\_\_ Manual técnico da vegetação brasileira, 2ª Ed. Rio de Janeiro: IBGE, 271p, 2012.

\_\_\_\_ Manual técnico de uso da terra, 3ª Ed. Rio de Janeiro: IBGE, 171p, 2013.

\_\_\_\_ Censo Agropecuário 2017, Resultados preliminares, Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticasnovoportaleconomicas/agricultura-e-pecuaria/21814-2017-censoagropecuario.html?=&t=resultados>> Acesso em: dez 2019.

IRITANI, M. A., EZAKI, S. São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente - SMA, 104p, 2008.

KIRKBY, M. J. Drainage basins and sediment transfer. In: *Geomorphology in environmental management* (Cooke, R. U. e Doornkamp, J. C. org.).178-200. Oxford: Clarendon Press, 1990.

KLEMES, V. Operational testing of hydrological simulation models. *Hydrological Sciences Journal*, v. 31, n. 1, p. 13-24, 1986. Disponível em: <

<https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/02626668609491024?needAccess=true>> Acesso em abr 2019.

KOUCHI, D. H., ESMAILI. K., FARIDHOSSEINI, A., SANAINJAD, S. H., KHALILI, D., ABBASPOUR, K. C. Sensitivity of Calibrated Parameters and Water Resource Estimates on Different Objective Functions and Optimization Algorithms, *Water*, v. 9, n. 6, p. 384-400, 2017.

LEE, S. Soil erosion assessment and its verification using the Universal Soil Loss Equation and Geographic Information System: a case study at Boun, Korea, *Environmental Geology*, v. 45, n. 4, p.457-465, 2004.

LELIS, T. A., CALIJURI, M.L., FONSECA, A.S., LIMA, D.C., ROCHA, E.O. Análise de sensibilidade e calibração do modelo SWAT aplicado em Bacia Hidrográfica da Região Sudeste do Brasil, *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 36, p. 623-634, 2012.

LELIS, T.A., CALIJURI, M.L. Modelagem hidrossedimentológica de bacia hidrográfica na região sudeste do Brasil, utilizando o SWAT, *Revista Ambiente e Água*, v. 5, p. 158-174, 2010.

LEMES, S. S., DOS SANTOS, K. R., LIMA, C. V. Utilização de imagens de alta resolução espacial para análise do uso da terra e de processos erosivos na cabeceira de drenagem do Córrego Gueirobal em Anápolis (GO). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2009, Natal, Anais: São José dos Campos-SP: INPE, 2009, p. 5909-5916.

LIMA, H. M. Introdução à Modelação Ambiental: Erosão Hídrica. Funchal (Portugal), 2010.

LIMA, G. C., SILVA, M. L. N., CURI, N., SILVA, M. A., OLIVEIRA, A. H., AVANZI, J. C., UMMUS, M. E. Avaliação da cobertura vegetal pelo índice de vegetação por diferença normalizada (IVDN). *Revista Ambi-Agua*, Taubaté, v. 8, n. 2, p. 204-214, 2013.

LONGLEY, GOODCHILD, MAGUIRE, RHIND, *Geographic information systems and science*, 3.ed. Hoboken, NJ: Wiley, 540p. 2012.

LOPES, E. R. N., SOUZA, J. C., SOUSA, J. A. P., ALBUQUERQUE FILHO, J. L., LOURENÇO, R. W. Modelagem Ambiental de Bacias Hidrográficas: Caracterização Morfométrica e Pedológica da Bacia do Rio Una – Ibiúna, Brasil, *Geosul*, Florianópolis, v.33, n.66, p,105-127, 2018.

MACHADO, R.E., VETTORAZZI, C.A. Sediment yield simulation for the watershed Ribeirao dos Martins. State of Sao Paulo, Brazil (in Portuguese). Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.27, p. 735-741, 2003.

MARQUES RIBEIRO, J.P., VELÁSQUEZ, L.N.M., CARVALHO FILHO, C.A., FLEMING, P.M. Análise da Recarga no Sistema Aquífero Granular e Fissural na Área do Campus Pampulha da Universidade Federal de Minas Gerais, Geonomos, v. 22, n.2, p. 28-43, 2014.

MARTINS, A. P., ROSA, R. Caracterização Climática da Bacia do Rio Paranaíba a partir da Rede de Estações de Superfície Automática do INMET (2001-2011), utilizando Ferramentas de Geoprocessamento. Revista Geonorte, v. 3, n. 9, p. 1303-1316, 2016.

McCOOL, D. K., BROWN, L. C., FOSTER, G. R., MUTCHLER, C. K., & MEYER, L. D. Revised slope steepness factor for the universal soil loss equation, Transactions of the Asae. v. 30, n.5, 1387-1396, 1987.

MOLINA-NAVARRO, E., ANDERSEN, H. E., NIELSEN, A., THODSEN, H., TROLLE, D. The impact of the objective function in multi-site and multi-variable calibration of the SWAT model, Environmental Modelling & Software, p. 255-267, 2017.

MERCURI, E. G. F., DEPPE, F., LOHMANN, M., SIMÕES K. Metodologia da geração de dados de entrada e aplicação do modelo SWAT para bacias hidrográficas brasileiras, In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Anais: Natal - Rio Grande do Norte, Brazil, 2009.

MORRIS, G. L. FAN, J. Reservoir Sedimentation Handbook: Design and Management of Dams. Reservoirs and Watersheds for Sustainable Use, New York: McGraw-Hill, 365p, 1998.

NAKAJIMA, E. S., NOBRE JUNIOR, A. A., ORTEGA, E. Comparison of Emergy Indices for Horticultural Production through Conventional and Organic Methods in the county of Ibiúna, Sao Paulo, Brazil, Apresentação no 6th Biennial - Emergy Research Conference, Gainesville, Flórida, USA, 2010

NASCIMENTO, H. M. A questão ambiental na origem do problema agrário brasileiro e o caso da região Sul, In: Economia e Sociedade, v. 17, n. 2, p. 103-132, 2008.

NASH, J. E., SUTCLIFFE, J. V, Previsão de vazão fluvial através de modelos conceituais, parte I - Uma discussão de princípios, Hydrology Journal, v. 10, n. 3, 282-290, 1970.

NEITSCH, S. L., ARNOLD, J. G., KINIRY, J. R. WILLIAMS, J. R. Soil and water assessment tool: Theoretical documentation - version 2009, Grassland, Soil and Water Research Laboratory - Agricultural Research Service, Blackland Research Center - Texas Agricultural Experiment Station, 597p, 2009.

NOBRE JUNIOR, A. A. Análise Energética de Sistemas de Produção de Olerícolas sob Manejo Orgânico, 2009, Cap V, 71 p. Tese (Doutorado) Fundação Universidade Federal do Tocantins, 2009.

NOVO, E, M, L, M, Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações, 2ª ed, São Paulo: Edgard Blücher, 308 p. 1992.

OLIVERA, F., VALENZUELA, M., SRINIVASAN, R., CHOI, J., CHO, H., KOKA, S., AGRAWAL, A. ArcGIS-SWAT: A Geodata Model and GIS interface for SWAT, Journal of the American Water Resources Association, v. 42, n. 2, p. 295-309, 2006.

PADOVANI, N. G.; LOPES, E. R. N.; SOUZA, J. C.; MORAIS, M. C. M.; LOURENÇO, R.W. Análise Espacial da Temperatura e Albedo de Superfície na Bacia Hidrográfica do rio Una - Ibiúna/São Paulo, a partir de imagens MODIS. Revista Brasileira De Geografia Física, v. 15, p. 1-16, 2018.

PAZ, Y., GALVÍNCIO, J. D., HOLANDA, R. M., SRINIVASAN, R., JONES, C. A. Análise de sensibilidade e calibração espacial do modelo SWAT aplicado em uma bacia do litoral pernambucano através de dados climáticos observados e de reanálise (Analysis of sensitivity and calibration of the SWAT model applied in a basin in northeast of Brazil using observed and reanalysis climatic data), Revista Brasileira de Geografia Física [online] 11, Disponível: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/236313>, Acesso em set 2019.

PEREZ-VALDIVIA, C., CADE-MENUN, B., MCMARTIN, D. W. Hydrological Modeling of the Pipestone Creek Watershed Using the Soil Water Assessment Tool (SWAT): Assessing Impacts of Wetland Drainage on Hydrology, Journal of Hydrology Regional Studies, v. 14, p.109–129, 2017.

PÉRICO, E., CEMIN, G, Caracterização da paisagem do município de Arvorezinha, RS, com ênfase na dinâmica dos fragmentos florestais, por meio de sistemas de informações geográficas (SIGs), Scientia Forestalis, Piracicaba, v. 70, p. 9-21, 2006.

POLIDORIO, A. M., IMAI, N., TOMMASELLI, A. M. G. Índice indicador de corpos d'água para imagens multiespectrais, In: Simpósio em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação (SIMGEO), 1, 2004, Recife, Anais,, Recife: UFPE, 2004, Disponível em: <<https://www.ufpe.br/cgtg/ISIMGEO/CD/>> Acesso em abr 2018.

PRUSKI, F. F. Conservação de solo e água: Práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica, Viçosa: Ed, Viçosa, 240p, 2009,

QUINN, P. F., BEVEN, CHEVALLIER, K. J., PLANCHON, P. O. Previsão de caminhos de fluxo de encostas para modelagem hidrológica distribuída usando modelos digitais de terreno Hydrol, Process, v. 5, p. 59 – 79, 1991.

ROUHOLAHNEJAD, E., ABBASPOUR, K. C., VEJDANI, M., SRINIVASAN R., SCHULIN, R., LEHMANN A. Estrutura de paralelização para calibração de modelos hidrológicos, Environ, Modell, Software , v. 31, p. 28 – 36, 2012.

REINERT, D. J., REICHERT, R, M, Propriedades físicas do solo, Santa Maria, UFSM, 18 p. 2006.

ROMAGNOLI, I., PIROLI, E. L., ZANATA, J. M., GIMENES, G. R. Geoprocessamento aplicado na análise do uso da terra das áreas de preservação permanente dos corpos d'água da Microbacia do Rio da Prata – SP, Revista Geonorte, Manaus-AM, v. 2, n. 4, p. 1529-1539, 2012.

ROSA, R, Geotecnologias na Geografia aplicada, Revista do Departamento de Geografia, v. 16, p. 81-90, 2011.

ROSA, F. S., LEÃO, G. S., AVERNA VALENTE, R. O., TONELLO, K. C. Pagamento por serviços ambientais e a proteção de recursos hídricos no contexto socioeconômico ambiental da microbacia do ribeirão do Murundu, Ibiúna - SP: uma análise diante do projeto piloto “Mina d'Água”, 2013, Estudos Sociedade e Agricultura, Disponível em: <<http://revistaesa.com/ojs/index.php/esa/article/view/367> > Acesso em jan 2020.

ROSSI, M, Mapa Pedológico do Estado de São Paulo: Revisado e Ampliado, São Paulo: Instituto Florestal, 2017, Disponível em: <<http://datageo,ambiente,sp,gov,br/app/?ctx=DATAGEO#>> Acesso em jul 2018.

SALEH, A., DU, B. Evaluation of SWAT and HSPF within BASINS program for the Upper North Bosque River watershed in central Texas, Transactions of the ASAE, St, Joseph, v. 47, n. 4, p. 1039-1049, 2004.

SALES, J, C, A, Metodologia para identificação de áreas de risco e prioritárias para conservação da avifauna na bacia hidrográfica do rio Una, Ibiúna, SP, Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais na área de Concentração, Diagnóstico, Tratamento e Recuperação Ambiental) Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Sorocaba, 2015.

SALES, J. C. A.; SILVA, D. C. C.; BITAR, O. Y.; LOURENÇO, R. W. Proposal of methodology for spatial analysis applied to human development index in water basins. GEOJOURNAL, v. 84, p. 813-828, 2019.

SALOMÃO, F. X. de T. Controle e Prevenção dos processos erosivos, In: Guerra, A. J. T., Silva, A. S. da e Botelho, R. G. M. (org.), Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações, 3° ed, Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

SANTOS, J. Y. G. Análise espaço-temporal de processos hidrossedimentológicos na bacia do Rio Tapacurá (Pernambuco, Brasil), Tese (Doutorado), Recife, UFPE, 2015.

SANTOS, I., FILL, H. D., SUGAI, M, R, v B., BUBA, H., KISHI, R, T., MARONE, E., LAUTERT, L. F. Hidrometria Aplicada, Lactec, Curitiba/PR, Brasil 2001.

SANTOS, G, S., NORI, P, G, OLIVEIRA, L, F, C, Chuvas intensas relacionadas à erosão hídrica, Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.14, p.115-123, 2010.

SCHRODER, Mônica, Desenvolvimento rural, meio ambiente e políticas públicas: os caminhos do fortalecimento da agricultura familiar na Amazônia brasileira, PRACS: Revista de Humanidades do Curso de Ciências Sociais da UNIFAP Macapá, n, 3, p, 53-69, 2010.

SÃO PAULO -ASSEMBLÉIA LEGISLATIVA DOESTADODESÃO PAULO (Estado), Lei nº 11,579, de 02 de dezembro de 2003, Altera a Lei n, 10,100, de 1º de dezembro de 1998. Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. SP.

SÃO PAULO – ASSEMBLÉIA LEGISLATIVA DOESTADODESÃO PAULO (Estado), Lei nº 10,100, de 01 de dezembro de 1998, Declara Área de Proteção Ambiental O Entorno da Represa de Itupararanga, Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. SP.

SÃO PAULO (Estado), Decreto n. 47.094, de 18 set. 2002. Cria o Comitê Estadual da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica no Estado de São Paulo, incluindo o Conselho de Gestão da Reserva da Biosfera do Cinturão Verde da Cidade de São Paulo, e dá providências correlacionadas,

SÃO PAULO, Instituto Florestal, Secretariado Meio Ambiente (org), Inventário Florestal da Vegetação Natural do Estado de São Paulo, São Paulo: Páginas e Letras, 200p. 2005.

SÃO PAULO, Conselho Estadual de Recursos Hídricos, Plano Estadual de Recursos Hídricos 2004/2007 Resumo, São Paulo, DAEE, 92p. 2006.

SÃO PAULO, Governo do Estado de São Paulo, Secretaria Estadual de Saneamento e Recursos Hídricos -Coordenadoria de Recursos Hídricos (Org.), Situação dos Recursos Hídricos no Estado de São Paulo: Ano base 2009, São Paulo: SSRH/CRHI, 210 p. 2011.

SÃO PAULO, SigRH - Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo, Governo do Estado de São Paulo (Org.), Indicadores para Gestão dos Recursos Hídricos do Estado de São Paulo: Legenda de revisão, São Paulo: SigRH, 217 p. 2014.

SCHWAB, G.O., FREVERT, R, K., EDMINSTER, T. W., BARNES, K. K. Soil and Water Conservation Engineering, John Wiley Inc., New York, 683p. 1981.

SEADE - Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados, Banco de Dados de Informações dos Municípios Paulistas, São Paulo: 2020.

SECCHIN, L, F., Caracterização ambiental e estimativa da produção de cargas difusas da área de drenagem da represa de Itupararanga, SP, 2012, 210f, Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

SILVA, A. M., SCHULZ, H. E., CAMARGO, P. B. Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas. São Carlos: Editora RIMA, 2007.

SILVA, L, P., Análise De Perda De Solo, Utilizando o Modelo (MUSLE) Revised Universal Soil Loss Equation, Aplicado Com Auxílio Das Técnicas De Geoprocessamento na Bacia do Ribeirão Reis, Maringá-PR, Hidrologia Engenharia e Meio Ambiente, 1ª Edição, Elsevier, Rio de Janeiro. 2015.

SILVA, D, C, C, Proposta metodológica para elaboração de um índice espacial de sustentabilidade ambiental aplicado a bacias hidrográficas, 2016, 177 f, Tese (Doutorado) - Curso de Ciências Ambientais, Ciências Ambientais, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Sorocaba. 2016.

SILVA, D. C. C.; ALBUQUERQUE FILHO, J. L.; OLIVEIRA, R. A.; LOURENÇO, R. W. Application of environmental indicators for water analysis in watershed. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 10, p. 610-626, 2017.

SILVA, D. C. C.; ALBUQUERQUE FILHO, J. L.; OLIVEIRA, R. A.; LOURENÇO, R. W. Metodologia para análise do potencial de degradação dos recursos hídricos em bacias hidrográficas. Caderno de Geografia, v. 27, p. 455-466, 2017.

SILVA, D. C. C.; ALBUQUERQUE FILHO, J. L.; OLIVEIRA, R. A.; LOURENÇO, R. W. Proposta Metodológica para Análise da Inserção Social na Bacia Hidrográfica do Rio Una em Ibiúna/SP. *Revista do Departamento de Geografia*, v. 33, p. 74-84, 2017.

SILVA, D. C. C.; ALBUQUERQUE FILHO, J. L.; SALES, J. C. A.; LOURENÇO, R. W. Identificação de áreas com perda de solo acima do tolerável usando NDVI para o Cálculo do fator C da USLE. *Revista Ra'e Ga Espaço Geográfico em Análise*, v. 42, p. 72-85, 2017.

SIMONS D, B., SENTÜRK F, *Sediment Transport Technology (water and sediment dynamics)*, Water resource publications, Colorado, USA, 1992.

SOUSA, M. E., SANTOS FILHO, N. E. DA S., PEREIRA, L. A., LYRA, L. H. B. Monitoramento e caracterização do assoreamento no rio São Francisco nas orlas urbanas de Petrolina-PE e Juazeiro-BA, *Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS)*, v.15, n. 1, 2013.

SOUSA, J, A, P., LOPES, E, R, N., SOUZA, J, C., LOURENÇO, R. W. Mudanças de uso da terra e estimativas de emissões antrópicas de CO<sub>2</sub> em bacia hidrográfica, *Sociedade & Natureza*, v. 32, p. 262-278, 2020.

SRINIVASAN, R., ARNOLD, J.G. Integration of the basin-scale water quality model with GIS, *Water Resources Bulletin*, Herndon, v. 30, n. 3, p. 453-462, 1994.

SWAT, Dados Climáticos Globais de Reanálise. Disponível em: <<https://globalweather.tamu.edu/request/view/25137>> Acesso em dez. 2018.

TAKIKAWA, B. Y.; SILVA, D. C. C.; LOURENÇO, R. W. Proposta metodológica para elaboração de um indicador de fragilidade ambiental para fragmentos florestais. *Revista do Departamento de Geografia*, v. 41, p. e 170587-1, 2021.

TUCCI, C. E. M. Coeficiente de escoamento e vazão máxima de bacias urbanas, *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 5 n. 1 p. 61-68, 2000.

TUCCI, C, E, M, *Hidrologia: Ciência e aplicação*, EDUSP, Editora da UFRGS, ABRH, 952 p, 1993

TUCCI, C. E. M. *Modelos hidrológicos*, Porto Alegre, 2ª Ed, Universidade UFRGS, 680 p, 1998,

TYAGI, J, V., MISHRA, S, K., SINGH, R., SINGH, V, P, SCS-CN based time-distributed sediment yield model, *Journal of Hydrology*, v, 352, p, 388–403, 2008,

UZEIKA, T., MERTEN, G. H., MINELLA, J. P. G., MORO, M. Use of the Swat Model for Hydro-Sedimentologic Simulation in a Small Rural Watershed, *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 36, p. 557-565, 2012.

UZEIKA, T. Aplicabilidade do modelo SWAT (Soil and Water Assessment Tool) na simulação da produção de sedimentos em uma pequena bacia hidrográfica rural, 2009, 144f, Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – UFRGS, Porto Alegre, 2009.

VALLE, I. C.; FRANCELINO, M. R.; PINHEIRO, H. S. K. Mapeamento da Fragilidade Ambiental na Bacia do Rio Aldeia Velha, RJ. *Floresta e Ambiente*, v. 23, n. 2, p.295–308, 2016. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S2179-80872016000200295&lng=en&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2179-80872016000200295&lng=en&nrm=iso&tlng=pt)>. Acesso em set. 2019.

VANACKER, M. C., LITTLE, E., MOLAEI, G., BAJWA, W. I., & DIUK-WASSER, M. A. Enhancement of Risk for Lyme Disease by Landscape Connectivity, New York, New York, USA. *Emerging Infectious Diseases*, v. 25, n. 6, p. 1136-1143, 2019.

VECHI A., MAGALHÃES JÚNIOR C. A. O. Aspectos positivos e negativos da cultura do eucalipto e os efeitos ambientais do seu cultivo, *Revista Valore*, v. 3, n. 1, p. 495-507, 2018.

VIDAL, M. M., PIVELLO, V. R., MEIRELLES, S. T., METZGER, J. P. Produção de serapilheira em floresta atlântica secundária numa paisagem fragmentada (Ibiúna, SP): importância da borda e tamanho dos fragmentos, *Revista brasileira de Botânica*, v. 30, n.3, p. 521-532, 2007.

VIEIRA, S. R., LOMBARDI NETO, F, Variabilidade espacial do potencial de erosão das chuvas do Estado de São Paulo, *Bragantia [online]*, v. 54, n. 2, p. 405-412, 1995.

VILLELA, S. M., MATTOS, A, Hidrologia aplicada, São Paulo: Mc Graw-Hill do Brasil, 239p. 1975.

WETZEL, R. G. Limnology: Lake and river ecosystems, California, USA: Academic Press, 1006p. 2001.

WILLIAMS, J. R., JONES, C. A., DYKE, P.T. A modeling approach to determine the relationship between erosion and soil productivity, *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v. 27, p. 129-144, 1984.

WISCHMEIER, W. H., SMITH, D. D. Predicting rainfall erosion losses: a guide planning, Washington: USDA, (Handbook, 537) 1978.

WU, Y., CHEN, J. Simulation of nitrogen and phosphorus loads in the Dongjiang River basin in South China using SWAT, *Front, Earth Sci, China*, v. 3, p. 273–278, 2009.

ZHANG, X., SRINIVASAN, R. Gis-based spatial precipitation estimation: a comparison of geostatistical approaches, *Journal of the American Water Resources Association*, v. 45, n.4, 894-906, 2009.