

DIEGO DA CRUZ BOCHICHI

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE SEDIMENTO NA
SUB BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRAJIBU-MIRIM**

Sorocaba

2018

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO em

ciências
ambientais

DIEGO DA CRUZ BOCHICHI

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE SEDIMENTO NA
SUB BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRAJIBU-MIRIM**

Dissertação apresentada como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" na Área de Concentração Diagnóstico, Tratamento e Recuperação Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Antonio Cesar Germano
Martins

Sorocaba

2018

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da Unesp
Instituto de Ciência e Tecnologia – Câmpus de Sorocaba

Bochichi, Diego da Cruz.

Avaliação do potencial de produção de sedimento na sub bacia hidrográfica do rio Pirajibu-Mirim / Diego da Cruz Bochichi, 2018. 65 f.: il.

Orientador: Antonio Cesar Germano Martins.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Instituto de Ciência e Tecnologia (Câmpus de Sorocaba), 2018.

1. Equação Universal de Perda de Solo. 2. Solos. 3. Geoprocessamento. I. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Instituto de Ciência e Tecnologia (Câmpus de Sorocaba). II. Título.

Bibliotecário responsável: Bruna B. Guimarães – CRB 8/8855



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE SEDIMENTO NA MICRO BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRAJIBU-MIRIM

AUTOR: DIEGO DA CRUZ BOCHICHI

ORIENTADOR: ANTONIO CESAR GERMANO MARTINS

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

Prof. Dr. ANTONIO CESAR GERMANO MARTINS
Engenharia Ambiental / Unesp - ICT - Sorocaba

Prof. Dr. ROBERTO WAGNER LOURENÇO
Departamento de Engenharia Ambiental / ICT - Unesp / Sorocaba

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

Sorocaba, 31 de agosto de 2018

Resumo

A perda de solos em bacias hidrográficas pode causar prejuízos ambientais e comprometer os usos múltiplos potenciais desta bacia. Ações como desmatamento, atividades agrícolas, entre outras, expõem o solo aos agentes naturais (precipitação, vento) e estes desprendem e carreiam o solo para as porções mais baixas na bacia, promovendo o assoreamento dos corpos d'água. Estudos sobre o tema são importantes para auxiliar na gestão, manejo e entendimento destes ambientes e mitigação do fenômeno. Neste sentido, este trabalho tem como objetivo estimar a perda de solo na sub-bacia do Pirajibu-Mirim. Para isto, foram utilizadas ferramentas de análise de imagens e de dados da bacia para calcular a Equação Universal da Perda de Solos (EUPS) definida por Wischmeier & Smith (1978). A sub-bacia está inserida no município de Sorocaba-SP e tem uma área de aproximadamente 54 km². Para compor a equação, todas as variáveis foram levantadas separadamente para então calcular a EUPS em ambiente SIG para os anos de 2000 a 2016. Os resultados indicaram que os anos de 2003 e 2012 apresentaram os maiores valores de perdas de solo acima de 200 ton/ha.ano e em 2013 os menores valores de perdas de solo acima de 200 ton/ha.ano. Outra informação importante foi que no período estudado, aproximadamente 50% da área tem perdas de solo abaixo de 15 ton/ha.ano, indicando boa preservação do solo.

Palavras-chave: EUPS, Perda de solos, Pirajibu-Mirim.

Abstract

The loss of soil in watershed can cause environmental damage and compromise the multiple potential uses of this watershed. Action as deforestation, agricultural activities, among others, expose the soil to natural agents (precipitation, wind) that causes the release of these soils to lower portion of watershed, promoting silting of the water bodies. Studies about the theme are important to improve the management and understanding of these environments and phenomenon mitigation of silting. Therefore, this work had as aim the estimation of soil loss in sub basin Pirajibu-Mirim. For this, tools of image and data analysis were used to estimate the Universal Soil Loss Equation (USLE) defined by Wischmeier & Smith (1978). The sub basin is inserted in Sorocaba city, São Paulo state and has an area 54km². To compose the equation, the variables were obtained separately and then the USLE was calculated from 2000 to 2016. The results indicated that the years 2003 and 2012 demonstrated the highest values of soil loss above 200 ton/ha.a and 2013 the lowest value of soil loss above 200 ton/ha.a. Other important information is that in studied period, almost 50% of the area had soil lower than 15 ton/ha.a, indicating satisfactory soil preservation.

Keywords: USLE, Loss of soil, Pirajibu-Mirim.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVO.....	13
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1. BACIAS HIDROGRÁFICAS	14
3.2. SUB-BACIA DO RIO PIRAJIBU-MIRIM (SOROCABA-SP).....	14
3.4. SENSORIAMENTO REMOTO.....	18
4. EROSÃO	22
4.1. EROSÃO HÍDRICA.....	22
5. AVALIAÇÃO DE PERDA DE SOLO.....	24
5.1. FATOR DE EROSIVIDADE DA CHUVA (R)	24
5.2. FATOR DE ERODIBILIDADE DO SOLO (K).....	25
5.3. FATOR TOPOGRÁFICO (L.S).....	25
5.4. FATOR DE USO E MANEJO DO SOLO (C).....	25
5.5. FATOR DE PRÁTICAS CONSERVACIONISTAS (P).....	27
5.6. APLICAÇÕES DA EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDA DO SOLO ..	27
6. MATERIAIS E MÉTODOS.....	29
6.1. MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO (MDE).....	29
6.2. DEFINIÇÃO DOS LIMITES DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA.....	29
6.3. DEFINIÇÃO DAS ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS DE MAIOR PROXIMIDADE E INFLUÊNCIA NA BACIA.....	31
6.4. SÉRIES HISTÓRICAS PLUVIOMÉTRICAS	31
6.5. EQUAÇÃO UNIVERSAL	32
7. RESULTADOS	36
8. CONCLUSÃO.....	51
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52

LISTA DE ABREVIATURAS

ANA – Agência Nacional de Água

APP – Área de preservação permanente

EUPS – Equação universal da perda de solos

MDE – Modelo Digital de Elevação

PERH – Plano Estadual de Recursos Hídricos

SB – Sub-bacias

SIG – Sistema de Informação Geográfica

SWAT – Soil and water assessment tool

UGRHI – Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos

USLE – Universal Soil Loss Equation

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – ESQUEMA DE UMA BACIA HIDROGRÁFICA.	14
FIGURA 2 - CIDADE DE SOROCABA COM DESTAQUE PARA A SUB BACIA DO RIO PIRAJIBU-MIRIM.	16
FIGURA 3 – DIAGRAMA DO RIO PIRAJIBU.	16
FIGURA 4 – FUNCIONAMENTO DO SENSORIAMENTO REMOTO.....	18
FIGURA 5 – IMAGEM DIGITAL REPRESENTADO POR UMA MATRIZ SUBDIVIDA EM PIXELS.	19
FIGURA 6 – DIAGRAMA MOSTRANDO A DIFERENÇA DO IMPACTO NO SOLO CAUSADO PELA GOTA D´ÁGUA.	23
FIGURA 7- EXEMPLIFICAÇÃO DA METODOLOGIA.....	31
FIGURA 8- POLÍGONOS DE THIESSEN QUE DEFINEM AS ÁREAS DE INFLUÊNCIA DAS ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS.....	32
FIGURA 9- REPRESENTAÇÃO DOS DIVISORES DE ÁGUA DAS SUB-BACIAS NO MDE.	36
FIGURA 10- MAPA ALTIMÉTRICO PARA A SUB BACIA PIRAJIBU-MIRIM (MDE SRTM).....	37
FIGURA 11 – EXEMPLO DADOS PLUVIOMÉTRICOS OBTIDOS NO HIDROWEB.	38
FIGURA 12 – MAPA DE SOLOS PRESENTES NO MUNICÍPIO DE SOROCABA E NA SUB BACIA PIRAJIBU MIRIM.....	41
FIGURA 13 – DISTRIBUIÇÃO DA DECLIVIDADE (%) NA SUB BACIA PIRAJIBU-MIRIM.....	42
FIGURA 14 – MAPA REPRESENTATIVO DO FATOR L.....	44
FIGURA 15 – MAPA REPRESENTATIVO FATOR S.	44
FIGURA 16 – MAPA REPRESENTATIVO DO FATOR LS.	45
FIGURA 17 – MAPA DE USO DO SOLO E COBERTURA VEGETAL DO SOLO.	46
FIGURA 18 – COMPARAÇÃO ENTRE OS PERÍODOS COM MAIORES E MENORES PERDAS DE SOLO.	48
FIGURA 19 – COMPARAÇÃO ENTRE A PERDA DE SOLO PELO FATOR LS.....	49
FIGURA 20 – COMPARAÇÃO ENTRE AS PERDAS DE SOLO POR USO DO SOLO (DESTAQUE PARA ÁREAS COM SOLO EXPOSTO).	50

LISTA DE TABELA

TABELA 1- BANDAS ESPECTRAIS DOS SENSORES DO LANDSAT 8.....	21
TABELA 2 - FATOR DE USO E MANEJO DE SOLO (C) PARA O ESTADO DE SÃO PAULO.....	26
TABELA 3 - FATOR DE PRÁTICAS CONSERVACIONISTAS (P).....	27
TABELA 4 - DADOS DAS ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICA DA CIDADE DE SOROCABA UTILIZADAS PARA A BACIA	33
TABELA 5 - ALTITUDES EM RELAÇÃO A ÁREA REPRESENTADA NA SUB BACIA HIDROGRÁFICA DO PIRAJIBU-MIRIM.....	37
TABELA 6 - MÉDIA MENSAL DE PRECIPITAÇÃO PERÍODO DE 2000 A 2016, EM ROSA A ESTAÇÃO ÉDEN (PIRAJIBU), EM AMARELO PARA SOROCABA E VERMELHO OS DADOS CALCULADOS.	39
TABELA 7 – PRECIPITAÇÃO TOTAL MENSAL E ANUAL.	39
TABELA 8 - FATOR DE EROSIVIDADE (R) ACUMULADO MENSAL E ANUAL PARA A SUB-BACIA DO PIRAJIBU-MIRIM DE 2000 A 2016.	40
TABELA 9 – CLASSES DE DECLIVIDADE EMBRAPA (1995).	43
TABELA 10 – CLASSES DO FATOR TOPOGRÁFICO (LS) E SUA CORRESPONDENTE ÁREA (KM ²), FREQUÊNCIA RELATIVA (%) E FREQUÊNCIA ACUMULADA (%).	45
TABELA 11 – TIPOS DE USO DO SOLO E SUA FREQUÊNCIA RELATIVA E ACUMULADA.	46
TABELA 12 – ÁREAS REFERENTES AS PERDAS DE SOLO ANUAIS NO PERÍODO DE ESTUDO.	47

1. INTRODUÇÃO

Por definição, as bacias hidrográficas são um conjunto de terras drenadas por corpos d'água representando importante região para estudos qualitativo e quantitativo da água e dos fluxos de sedimentos e nutrientes (PIRES et al, 2002).

Pires et. al. (2002) salientam que a erosão dos solos é o impacto de maior ocorrência dentro de uma bacia hidrográfica, causando grandes problemas ambientais, desde a perda da qualidade de água até a extinção de espécies de fauna e flora.

Em 1996, Gouveia (1996) já estimava uma perda de 200 milhões de toneladas de solo no estado de São Paulo, acarretando em perda de nutrientes e conseqüentemente fertilidade, aumentando os custos na reparação do mesmo, além de prejuízos econômicos e ambientais para as regiões onde o solo carregado é sedimentado, podendo ocasionar o assoreamento, contaminação e degradação de reservatórios e canais de rios (BESKOW et al, 2009).

Dos diversos tipos de erosão, vale destacar a erosão hídrica que transporta sedimentos de menor densidade e diâmetro, constituídos principalmente de partículas minerais e orgânicas (GUTH, 2010).

Alguns fatores atenuam ou agravam esse tipo de erosão, como precipitação, tipos de solo e uso e ocupação do solo (SANTOS, 2016), por exemplo.

Para a avaliação da produção de sedimento, alguns autores utilizam técnicas de geoprocessamento combinadas com a equação universal de perda de solo (PAIM, 2012; BORGES et al., 2013; SANTOS, 2016;).

Essas análises têm como vantagens o uso do monitoramento remoto, serem rápidos, práticos e principalmente de baixo custo (SERIO et al., 2017), visto que atualmente são disponibilizadas diversas imagens de satélite gratuitamente.

Diante do exposto, o presente estudo propõe uma avaliação da quantidade de sedimentos produzidos pela sub-bacia Pirajibu Mirim, no período de 2000 a 2016, utilizando de técnica de geoprocessamento e a equação universal de perda do solo.

A sub-bacia do rio Pirajibu Mirim pertence à Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 10 (UGRHI 10) da Bacia Hidrográfica Sorocaba e Médio. Com uma área de aproximadamente 54 km² essa sub-bacia está totalmente inserida no município de Sorocaba, possuindo duas represas das quais uma regula a vazão e a outra é utilizada para o abastecimento de água de uma parcela de aproximadamente 10% da população de Sorocaba (SAAE, 2017).

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi estimar a perda de solos na sub-bacia do Rio Pirajibu-Mirim localizada no município de Sorocaba durante o período de 2000 a 2016 através de técnicas de geoprocessamento juntamente com o modelo da Equação Universal de Perdas de Solo.

2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

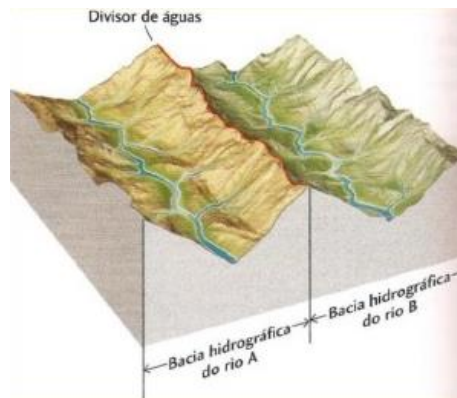
- Determinar cada variável que compõe a EUPS;
- Calcular a EUPS para o período de 2000 a 2016.
- Determinar os tipos de uso do solo através de uma imagem do satélite Landsat 8;
- Analisar os mapas de perda de solo gerados e discutir a respeito dos fatores que implicam no aumento e/ou redução da perda de solo na bacia em função do uso e ocupação desta sub-bacia.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. BACIAS HIDROGRÁFICAS

Bacia hidrográfica é uma área drenada por um rio e seus afluentes limitada pelo relevo mais alto (divisor de águas) como limite superior (Figura 1) e a confluência e exutório como limite inferior (LIMA, 1996; CANABARRO; TOLEDO; BARRELLA, 2008; RIBEIRO; TOCANTINS; FIGUEIREDO, 2013; GUANDIQUE; MORAIS, 2015), sendo assim, uma área de captação natural da água precipitada onde ocorre o escoamento superficial para os rios e seus afluentes (LIMA, 1996).

Figura 1 – Esquema de uma bacia hidrográfica.



Fonte: <http://www.aquafluxus.com.br/as-caracteristicas-das-bacias-hidrograficas/>

O estudo de bacias hidrográficas busca entender seu comportamento hidrológico e as interações existentes entre os tipos de solo, clima, geologia, topografia, uso e ocupação, etc.; a fim de permitir o gerenciamento de seus recursos hídricos e manejos da melhor forma possível (LIMA, 1996; GUANDIQUE; MORAIS, 2015).

3.2. SUB-BACIA DO RIO PIRAJIBU-MIRIM (SOROCABA-SP)

No estado de São Paulo, os recursos hídricos são geridos de forma descentralizada a partir de suas bacias hidrográficas divididas em 22 Unidades de

Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI), definidas pelo Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH) (PERH, 2013).

A UGRHI 10 se refere à Bacia Hidrográfica Sorocaba e Médio e apresenta uma área de drenagem de 11.829 km², sendo que aproximadamente 254 km² referem-se a reservatórios (PERH, 2013; IPT, 2008).

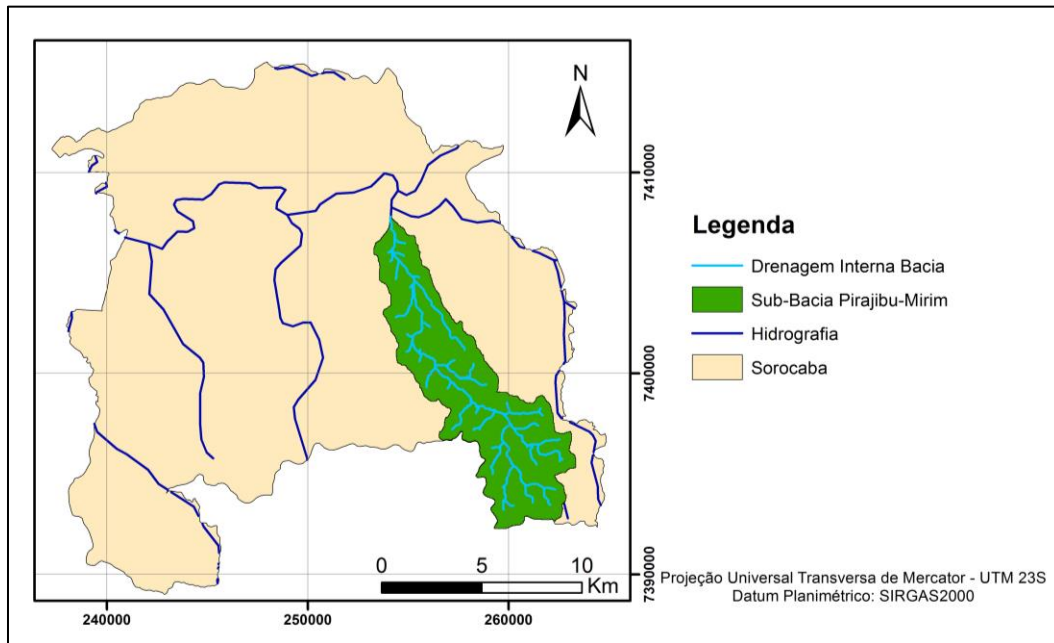
Seus principais rios são: Sorocaba, Tietê, Sorocabuçu, Sorocamirim, Pirajibu, Jundiuvira, Murundu, Sarapuí, Tatuí, Guarapó, Macacos Ribeirões Peixe, Alambari, Capivara e Araquá (PERH, 2013).

Esta bacia subdivide-se ainda em 6 sub-bacias, onde a sub-bacia 4 - Médio Sorocaba (SB-4), está localizada na cidade de Sorocaba que se encontra à 92km de São Paulo (SP), nas coordenadas 23°17' (latitude) e 47°16' (longitude), clima tropical de altitude, precipitação em torno de 1311 mm anuais e vegetação de ecótono (Mata Atlântica e Cerrado) (CÔRREA; TONELLO; FRANCO, 2016; CEPAGRI, 2016).

A sub bacia do Pirajibu-Mirim (23°25'73"S e 47°24'19"O) (Figura 2) é uma importante área de estudo, devido aos seus recursos hídricos, por estar completamente inserido na cidade de Sorocaba e por corresponder a 10% do abastecimento de água da cidade (CANABARRO; TOLEDO; BARRELLA, 2008; CÔRREA; TONELLO; FRANCO, 2016; SAAE, 2017).

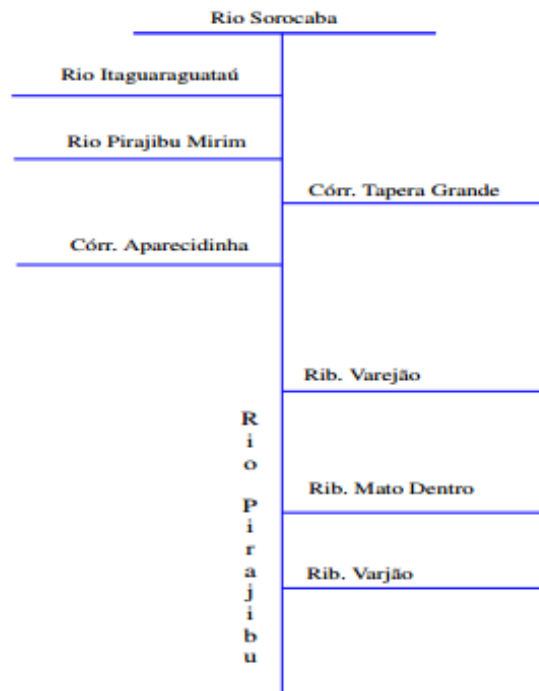
A área desta bacia é de aproximadamente 54 km², com drenagem pouco densa e bastante ramificada (Figura 3) ocorrendo variação entre ambientes lênticos e lóticos. Apresenta relevo com serras e morros, inserido na região geomorfológica de transição do Planalto Ocidental Paulista e Depressão Periférica, cuja nascente está a 1000 metros de altitude e a foz a 540 metros (CANABARRO; TOLEDO; BARRELLA, 2008; MÁ; BARRELLA, 2008; TARCITANI; BARRELLA, 2009).

Figura 2 - Cidade de Sorocaba com destaque para a Sub bacia do Rio Pirajibu-Mirim.



Fonte: Autoria própria.

Figura 3 – Diagrama do Rio Pirajibu.



Fonte: MÁ; BARRELLA (2008).

A região desta bacia possui clima úmido, sem estiagem, com temperaturas médias variando entre mínima de 13 °C e máxima de 26 °C e pluviosidade entre 1100 e 1700 mm (TARCITANI; BARRELLA, 2009). A vegetação local encontra-se amplamente degradada, sendo possível encontrar mata ciliar apenas nas nascentes, parte do distrito industrial de Sorocaba está inserido na sub bacia (CANABARRO; TOLEDO; BARRELLA, 2008; MÁS; BARRELLA, 2008).

3.3. Área de preservação permanente (APP) para reservatórios artificiais

Como comentado, os reservatórios presentes na sub bacia possuem uma grande importância para o município, e, por isso, deve haver formas de proteção contra: poluentes sólidos, vulnerabilidade da região, aumento da turbidez da água, erosão e consequente assoreamento, para que possa ser mantida sua função inicial (ANGELIN, 2013; ALMEIDA CHAMHUM SILVA, 2015).

Com esse intuito existe a área de preservação permanente (APP), que de acordo com a Lei nº 12.651 de 25 de Maio de 2012 é definida da seguinte forma:

Área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

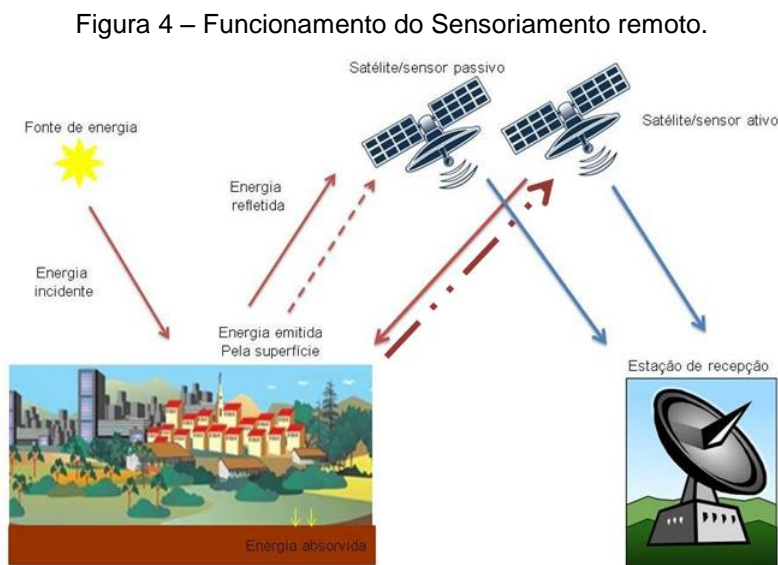
Também foi determinado pela legislação que para reservatórios artificiais é considerada APP as áreas ao seu redor definidas pelo licenciamento ambiental. Já para aqueles que não sofreram modificação por barragens, não é exigida APP.

Nos casos de reservatórios com finalidade de geração de energia ou abastecimento público é obrigatória uma faixa de preservação de no mínimo 30 metros e máximo de 100 metros para áreas rurais, e, mínimo de 15 metros e máximo de 30 metros para áreas urbanas.

3.4. SENSORIAMENTO REMOTO

Essa designação passou a ser utilizada a partir da década de 1960 e se aplica a técnica baseada no uso de sensores para se obter informações de objetos ou características e propriedades da superfície, como temperatura, relevo e tipo de vegetação, sem que haja contato físico (VERAS, 2013; EMBRAPA, 2014).

Os sensores utilizados podem ser óticos (nas faixas do visível e infravermelho), de micro-ondas e laser (VERAS, 2013), que podem detectar e medir a radiação eletromagnética refletida pelos materiais de estudo tendo o Sol como fonte (sensor passivo) ou algum dispositivo irradiador (sensor ativo) (EMBRAPA, 2014) (Figura 4).



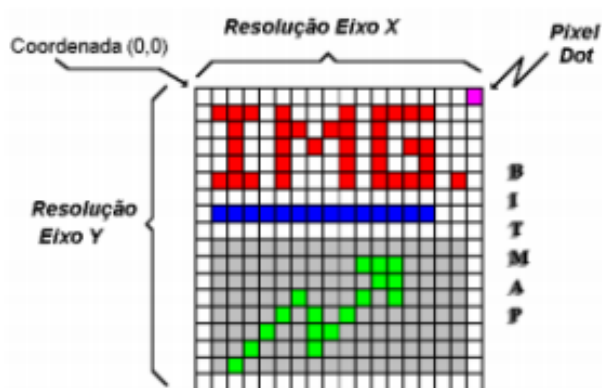
Fonte: Autoria própria.

As imagens geradas apresentam diferentes atributos ou características, isso porque cada superfície, como água, solo e vegetação, absorve e reflete radiação de forma diferente, devido às suas propriedades naturais (COSTA, ORTOLAN, 2014; LIU, 2015), permitindo assim diversas aplicações, tais como a identificação e monitoramento do uso e ocupação do solo, gestão de água e

exploração de recursos naturais ao longo do tempo (EMBRAPA, 2014; LIU, 2015).

Os dados digitais são representados por uma matriz, composta por pixels. De acordo com o número de pixels por unidade de área da imagem, têm-se diferentes resoluções e detalhamentos de seus constituintes (COSTA; ORTOLAN, 2014; LIU, 2015) (Figura 5).

Figura 5 – imagem digital representado por uma matriz subdividida em pixles.



Fonte: Costa; Ortolan (2014).

Também pode-se obter informações, como topografia, através de mapas cartográficos convertidos em imagens digitais, sendo necessário a vetorização através de linhas, polígonos ou pontos (LIU, 2015).

Algumas imagens podem necessitar de correção e realce para que tenham melhor visualização, podendo ser em escala de cinza ou colorida (LIU, 2015; COSTA; ORTOLAN, 2014). Um dos principais modelos de cor utiliza escalas de vermelho, verde e azul (RGB) (LIU, 2015).

Outro fator a ser considerado é que essas imagens apresentam diferentes resoluções espacial, espectral, radiométrica e temporal (EMBRAPA, 2014; BITENCOURT; MANTELLI, 2015).

A resolução espacial está associada ao tamanho do pixel, que varia de 0,25 m² a 1km². Quanto maior o tamanho do pixel, menor a resolução espacial. Já a resolução espectral refere-se às larguras das bandas do espectro eletromagnético

e temporal ao tempo de órbita do sensor.

Por fim, a radiométrica refere-se à sensibilidade da medida do sensor. Cada pixel de uma imagem do sensor do Landsat 8, por exemplo, pode medir 65.536 valores diferentes de cinza (EMBRAPA, 2014; BITENCOURT; MANTELLI, 2015).

Como cada objeto responde de um modo diferente aos diferentes comprimentos de ondas eletromagnética (EMBRAPA, 2014; BITENCOURT; MANTELLI, 2015; SOARES *ET AL.*, 2015), o satélite Landsat 8 leva a bordo dois sensores: um espectral (OLI) e um termal (TIRS), que podem medir as diferentes faixas do visível, infravermelho próximo, médio e termal (ver Tabela 1 para detalhes e aplicações).

Dessa forma, esses sistemas funcionam como facilitadores no diagnóstico ambiental e na tomada de decisões. Isso porque, possuem constante atualização de dados, fácil manuseio e acesso, são confiáveis, atingem grandes extensões de áreas e possuem custo viável (NOVA; TORRES; COELHO, 2015; NASCIMENTO; FERNANDES, 2016).

Assim, facilitam a identificação de fragilidades no ambiente e estudos de tendências e das ações humanas, possibilitando o mapeamento de uso e ocupação do solo e a previsão de cenários de degradação (BITENCOURT; MANTELLI, 2015; NOVA; TORRES; COELHO, 2015).

Esse levantamento pode sofrer rápidas transformações e deve considerar a vulnerabilidade do solo e seu risco de causar impactos negativos nas bacias hidrográficas, o que pode alterar a qualidade e disponibilidade hídrica (BITENCOURT; MANTELLI, 2015; NASCIMENTO; FERNANDES, 2016).

Segundo Santos e Aquino Martins (2016) o sensoriamento remoto é um forte aliado na identificação de impactos devido à implementação de reservatórios em bacias e permite a análise de modo temporal (antes e após sua operação)

Tabela 1- Bandas espectrais dos sensores do Landsat 8.

Banda	Comprimento de onda (µm)	Resolução espacial (m)	Aplicações
1 Aerosol e costal	0,43 a 0,45	30	Estudos em áreas costeiras e de aerossóis na atmosfera
2 Azul	0,45 a 0,51	30	Mapeamento de águas costeiras Diferenciação entre solo e vegetação Diferenciação entre vegetação coníferas e decídua
3 Verde	0,53 a 0,59	30	Reflectância de vegetação verde sadia
4 Vermelho	0,64 a 0,67	30	Absorção de clorofila Diferenciação de espécies vegetais
5 Infravermelho próximo	0,85 a 0,88	30	Levantamento de biomassa Delineamento de corpos d'água
6 Infravermelho de ondas curtas 1	1,57 a 1,65	30	Medidas de umidade da vegetação Diferenciação entre nuvens e neve
7 Infravermelho de ondas curtas 2	2,11 a 2,29	30	Mapeamento hidrotermal
8 Pancromática	0,50 a 0,68	15	Fusão de imagens para obtenção de maior resolução espacial
9 Cirrus	1,36 a 1,38	30	Detecção de nuvens do tipo cirrus
10 Infravermelho termal 1	10,60 a 11,19	100	Temperatura da superfície
11 Infravermelho termal 2	11,50 a 12,51	100	Temperatura da superfície

Fonte: Adaptado de Embrapa (2014); Soares *et al.* (2015).

Neste contexto, os autores Nascimento e Fernandes (2016) levantaram e avaliaram os diversos usos do solo na bacia hidrográfica do Igarapé da Prata (Amazônia). Para isto, foram utilizados os dados digitais do satélite Landsat 5, o que possibilitou o mapeamento da região a partir de seu uso e ocupação do solo e a interação humana com a natureza. Foram encontradas também muitas áreas de

pastagem no local e uma pequena mancha urbana no ano de 2012.

Nova, Torres e Coelho (2015) identificaram processos erosivos e de assoreamento devido à ocupação humana em locais ilegais e uso de monocultura, na região entre Penedo e Piaçabuçu, utilizando dados do satélite Landsat 5 entre os anos de 1990 e 2011.

Já os autores Collischonn e Clarke (2016) utilizaram imagens de satélite juntamente com os dados de nível de água para verificar a capacidade do reservatório Bico da Pedra. Essa metodologia pode ser imprecisa se não for estipulado um período de estudo e se não houver histórico dos dados de nível de água do reservatório.

Santos e Aquino Martins (2016) analisaram as imagens dos satélites Landsat 5 e 8, nos anos 2003, 2008 e 2013 para caracterizar a região antes e depois da instalação do reservatório de Peixe Angical no estado do Tocantins. Dos tipos de uso do solo encontrados o predominante foi vegetação remanescente. A boa conservação da bacia está associada a pouca urbanização da região, embora a ação humana seja crescente com o passar dos anos. Além disso, há indícios de assoreamento e poluição aquática, indicando a necessidade de políticas de preservação ambiental.

4. EROSÃO

4.1. EROSÃO HÍDRICA

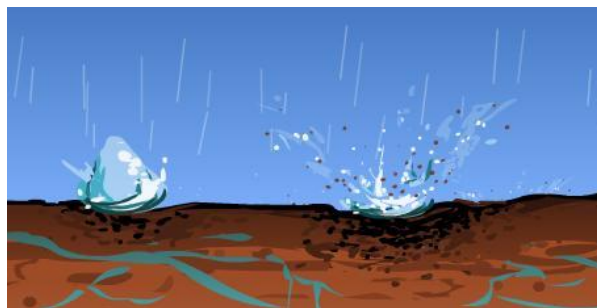
A erosão é uma preocupante forma de deterioração do solo devido ao transporte de partículas por agentes erosivos, que são: água, vento, gelo e gravidade. Além disto, causam a sedimentação nas partes mais baixas do local ou em leitos dos cursos d'água (LI *et al.*, 2017; ALMEIDA; FIGUEIREDO; OLIVEIRA, 2016).

A erosão hídrica ocorre essencialmente pela ação direta da chuva no solo (GUTH, 2010; BAGATINI *et al.*, 2011), sendo influenciada pela declividade e comprimento do terreno, hidrologia, e, tipo e uso do solo (DYONISIO, 2010;

BAGATINI *et al.*, 2011).

A quantidade total erodida irá depender da capacidade da chuva de causar erosão (erosividade), ou seja, a pressão que esta exerce sob o solo (Figura 6) e do poder de resistência do solo à chuva (erodibilidade), fator, este, que depende de suas propriedades (BAGATINI *et al.*, 2011; DYONISIO, 2010)

Figura 6 – Diagrama mostrando a diferença do impacto no solo causado pela gota d'água.



Fonte: <http://waterdropess.blogspot.com.br/2016/03/erosao-hidrica.html>.

Essas propriedades (permeabilidade, capacidade de erosão e velocidade de infiltração) são influenciadas por suas características físico-químicas, como tamanho e distribuição dos poros e agregados, composição da matéria orgânica, textura, entre outros (BAGATINI *et al.*, 2011; DYONISIO, 2010).

O processo de erosão pode ser intensificado pela ação antrópica, ao aumentar a vulnerabilidade do solo devido ao desmatamento ou mudança da cobertura vegetal nativa (BAGATINI *et al.*, 2011; DYONISIO, 2010), uma vez que a vegetação protege o solo da ação direta da chuva, aumentando a infiltração da água no solo, evaporando a água retida pelas folhas e diminuindo o escoamento (SILVA MATOS, 2015).

Como consequência do processo de erosão há a geração de sedimentos, assoreamento, perda de matéria orgânica e nutriente da superfície do solo, devido ao escoamento superficial, e, conseqüentemente perda de água não infiltrada (DYONISIO, 2010; GUTH, 2010; ANACHE *et al.*, 2017), ameaçando o equilíbrio ecológico, ambiental e socioeconômica (GUTH, 2010; MARZEN *et al.*, 2017; ANACHE *et al.*, 2017).

5. AVALIAÇÃO DE PERDA DE SOLO

A taxa de erosão e, conseqüente perda de solo irá depender da combinação de certos fatores físicos do local. Assim, a Equação universal de perda de solo (Equação 1) de Wischmeier & Smith (1978) busca prever essa perda e apesar de antiga é utilizada por diversos autores, como Paim (2012), Coutinho *et al.* (2014) e Campos *et al.* (2016).

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

onde,

A é a perda de solo calculada por unidade de área ($t.ha^{-1}$),

R é o fator de chuva ou erosividade ($(MJ.ha^{-1}).(mm.h^{-1})$),

K é o fator de erodibilidade do solo ($(t.h^{-1}).(MJ.mm)^{-1}$),

L.S é o fator de comprimento do declive ou fator topográfico (adimensional),

C é o fator de uso e manejo do solo (adimensional),

P é o fator de práticas conservacionistas (adimensional).

5.1. FATOR DE EROSIVIDADE DA CHUVA (R)

Este fator calcula a capacidade da chuva em causar erosão através da multiplicação entre a energia cinética da chuva por sua intensidade e a equação utilizada é a sugerida por Renard & Freimund (1994), também conhecida como Índice de Fourier, aplicada com sucesso em alguns trabalhos Beskow *et. al.* (2009) e Campos *et al.* (2016) para estimar a erosividade da chuva.

$$EI_i = \frac{125,92. \left(\frac{r_i^2}{P_i}\right)^{0,603} + 111,173. \left(\frac{r_i^2}{P_i}\right)^{0,691} + 68,73. \left(\frac{r_i^2}{P_i}\right)^{0,841}}{3} \quad (2)$$

onde,

EI_i é a média mensal do índice de erosão para o mês "i" específico ($(MJ.ha^{-1}).(mm.h^{-1})$);

r_i é precipitação total mensal para o mês “ i ” (mm);

P_i é precipitação total anual (mm).

5.2. FATOR DE ERODIBILIDADE DO SOLO (K)

Indica a facilidade ou resistência do solo sofrer erosão. Dessa forma, um tipo de solo pode ser mais vulnerável que o outro sob mesmas condições de manejo, dependendo de suas propriedades (SILVA *et al.*, 2010; SILVA MATOS, 2015).

O fator erodibilidade do solo é a relação entre a perda de solo e a erosividade da chuva. Os valores de K podem ser obtidos através do levantamento feito pelo Sistema Brasileiro de Classificação do Solo (EMBRAPA, 1999).

Para identificar os tipos de solos presentes na área de estudo e gerar um mapa de solos, pode-se utilizar o Mapa de Solos do Brasil em escala 1:5.000.000 disponibilizada pelo IBGE em 2001 e gerado à partir do levantamento da EMBRAPA.

5.3. FATOR TOPOGRÁFICO (L.S)

O comprimento do declive (L) (adimensional) é a distância percorrida pela água até o momento onde sua velocidade de escoamento é reduzida e começa a deposição dos sedimentos, geralmente em vales. O grau do declive (S) (adimensional) é a inclinação do terreno que correlaciona a aceleração da água com o potencial de erosão superficial (SILVA MATOS, 2015; WISCHMEIER; SMITH, 1978).

5.4. FATOR DE USO E MANEJO DO SOLO (C)

Esse fator é a relação entre a perda de solo de um terreno sob certas condições de cobertura do solo e a perda em terreno sem cobertura (Tabela 4).

Esse valor varia de 0 a 1, sendo 0 para cultivos conservacionistas e 1 para não conservacionistas.

A determinação do tipo de uso e cobertura do solo, é feita através de uma classificação supervisionada e/ou não-supervisionada. Para que classificação seja supervisionada, o analista define na imagem áreas representativas de cada classe (importante definir regiões homogênea), dependendo de um conhecimento prévio da região. Os algoritmos comumente utilizados são máxima verossimilhança, distância mínima e paralelepípedo. Para a classificação não-supervisionada, o analista classifica as classes através do uso de algoritmos (importante compreender o maior número de classes na região delimitada), sendo os métodos mais a classificação baseada na textura e K-média (SHIMABUKURO et al., 2009).

Tabela 2 - Fator de uso e manejo de solo (C) para o estado de São Paulo.

Tipo de cobertura e uso do solo	Valor de C
Tecido urbano descontínuo	0,01
Pastagens permanentes	0,02
Florestas abertas - cortes e novas plantações	0,10
Solo exposto	1,00
Corpos d'água	0,00

Fonte: Meneses (2014).

Neste trabalho, pretende-se determinar o uso e ocupação do solo através de uma classificação supervisionada, utilizando-se imagem de 2017 do LandSat-8, e imagens de alta resolução (Google Earth) na retificação afim de diferenciar áreas com texturas parecidas e também melhorar os limites de divisão das diferentes classes.

5.5. FATOR DE PRÁTICAS CONSERVACIONISTAS (P)

Este fator correspondente a perda de solo empregada no plantio e a localização desse plantio (Silva Matos, 2015), como indicado no Tabela 5.

Tabela 3 - Fator de práticas conservacionistas (P).

Prática conservacionista	Valor de P
Plantio morro abaixo	1
Plantio em contorno	0,5
Alternância de campina + plantio em contorno	0,4
Cordões de vegetação permanente	0,2

Fonte: Martin; Villela (2016).

Os fatores C e P podem ser trabalhados de forma conjunta ou separada. Quando a intensão do estudo é avaliar formas de reduzir os impactos do meio físico na produção agrícola, recomenda-se trabalhar com os fatores de forma separada. Porém quando o objetivo é a avaliar a perda de solo por erosão, recomenda-se o trabalho de forma conjunta (Stein et al., 1987).

Alguns trabalhos (Serio et al., 2008 e Paim, 2012) utilizam o valor de P igual a 1, pois não possuem informações sobre práticas conservacionistas aderidas na região e esse valor considera o pior cenário quanto a erosão.

5.6. APLICAÇÕES DA EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDA DO SOLO

A equação universal de perda do solo é um modelo que estima a perda de solo a partir de aspectos particulares em longo prazo. Isso porque as variações imprevisíveis em curto prazo podem tornar o valor expresso menos representativos do que para um maior período de tempo (WISCHMEIER & SMITH, 1978).

O modelo possui também a capacidade de generalização. Os autores Ferreira e Ferreira (2015) utilizaram a equação como base para criar um modelo de avaliação de erosão hídrica aplicado para florestas, através de SIG, na região de Lisboa-Portugal. Como resultado, o modelo apresentou valores semelhantes ao real, com aumento do nível de confiança.

Os autores Miqueloni, Bueno e Ferraudó (2012) também utilizaram a equação para estimar a perda de solo nas nascentes da Microbacia do Córrego do Tijuco-SP. O valor encontrado foi considerado alto ($118,5 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$), sendo que os fatores de maior influência foram a erosividade e práticas conservacionistas próximas às áreas urbanas (impermeabilização do solo). Já na região de divisores de água, destacaram-se a erodibilidade e fator topográfico, indicando vulnerabilidade do solo à erosão.

O mesmo estudo foi realizado por Prasannakumar et al. (2012) para avaliar a facilidade do solo sofrer erosão na sub-bacia do Rio Pampa, em Kerala (Índia).

Destes estudos notou-se que áreas com cobertura florestal natural apresentaram menor índice de erosão se comparadas ao alto valor de erosão para as áreas que sofreram ações antrópicas. Outro ponto importante é que a análise da variação espacial A permitiu mapear a região indicando os locais de maior e menor risco de erosão, auxiliando na gerência do manejo da terra.

Meneses (2014) também analisou áreas com maior suscetibilidade à erosão na região de Concelho de Tarouca (Portugal), que é predominada por atividade agrícola, seguida de floresta, e, em menor porção, urbanização. Esse estudo se mostrou de grande importância, pois identificando as áreas de maior impacto, podem-se criar programas que buscassem minimizá-los.

Anoneli e Thomaz (2016) mediram a perda de solo na Bacia do Arroio Boa Vista (Guamiranga-PR), de modo a avaliar a influência da plantação de tabaco na perda de solo próximo às estradas. Foi observada uma perda de solo de $27,6 \text{ kg}/\text{m}^2/\text{ano}$, sendo 80% desse valor corresponde às estradas, apesar de representarem baixa ocupação na área (0,02%). Também se observou que a

declividade, comprimento do barranco e período de safra influenciaram na maior perda de solo.

6. MATERIAIS E MÉTODOS

6.1. MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO (MDE)

Para a obtenção do modelo altimétrico foram utilizados os dados disponíveis no Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil (TOPODATA) que pertence ao projeto Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM) que envolve diversas agências espaciais e países.

Para a delimitação da área de estudo foi utilizada a imagem 23S48_ (articulação 1:250.000) com resolução espacial de 30m, que representa uma área de 900 m². Trabalhando no ambiente SIG do software ArcGIS foi adicionado nesta imagem uma máscara abrangendo o município de Sorocaba e também a área da sub bacia do rio Pirajibu-Mirim, para efetuar o recorte e trabalhar apenas com a área de estudo. O MDE foi reprojetoado para UTM referenciando no datum planimétrico SIRGAS 2000, Zona 23S. O datum vertical ou altimétrico foi o marégrafo de Imituba.

6.2. DEFINIÇÃO DOS LIMITES DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA

Para a delimitação da sub bacia do Pirajibu-Mirim de forma automática foram utilizados o MDE, técnicas de geoprocessamento além do auxílio do software ArcGIS e sua extensão ArcHydro.

Em síntese, para a delimitação utilizou-se as seguintes ferramentas:

- a) Fill Sinks
- b) Flow Direction
- c) Flow Accumulation

- d) Stream Definition
- e) Stream Segmentation
- f) Catchment Grid Delineation
- g) Catchment Polygon Processing
- h) Drainage Line Processing
- i) Batch Point Generation
- j) Watershed Deliniation

Ao final dessas etapas foram obtidos os limites da sub-bacia hidrográfica Pirajibu-Mirim.

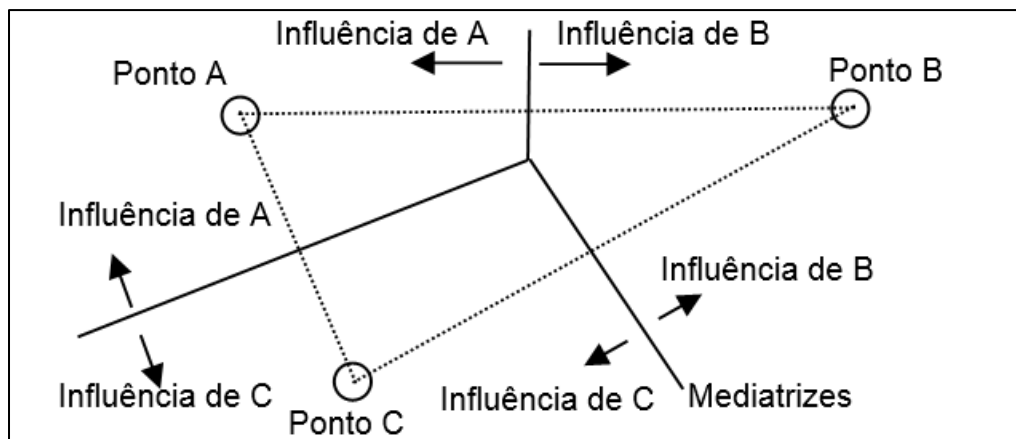
Alguns autores também utilizaram das ferramentas supramencionadas. Para extrair a drenagem automaticamente utilizando-se um MDE, Souza e Almeida (2014) aplicaram as etapas **a**, **b** e **c**, sendo a etapa **a** necessária para a correção de depressões que poderiam atrapalhar na definição das etapas **b** e **c**. Os autores concluíram que o método foi adequado para a extração da drenagem, porém salientaram que é necessário observar possíveis erros durante a correção da depressão em locais planos.

Li (2014) obteve a modelagem da bacia de Jackpine no Canadá utilizando-se do MDE e de todas as etapas já citadas no presente estudo também no ArcHydro. Com isso o autor gerou informações sobre a rede de transmissão, delimitação da bacia e dos efeitos de diferentes valores do fluxo limiar e suas consequências além de comparar os dados simulados com mapas reais. Concluiu que os resultados foram satisfatórios para modelar a bacia utilizando-se o ArcHydro e que quanto menor o valor do fluxo limiar maior o detalhamento da rede de fluxo.

6.3. DEFINIÇÃO DAS ESTACÕES PLUVIOMÉTRICAS DE MAIOR PROXIMIDADE E INFLUÊNCIA NA BACIA

Essa definição foi elaborada à partir da metodologia de polígonos de Thiessen, através do ArcGis em ambiente SIG, que consiste em traçar uma reta mediatriz a dois pontos adjacentes (neste trabalho as estações são esses pontos) definindo a influência de cada um (ver Figura 7), repetindo esse procedimento para os outros pontos próximos a bacia (Euclides et al., 1999).

Figura 7- Exemplificação da metodologia



Fonte: Autoria própria.

Cabe destacar que a técnica dos polígonos de Thiessen para a definição das áreas de influência das estações pluviométricas não considera as altitudes e posições no relevo.

6.4. SÉRIES HISTÓRICAS PLUVIOMÉTRICAS

As séries históricas de precipitação foram obtidas pelo Hidroweb da ANA e também pelo Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) do INMET levando em conta os polígonos de Thiessen.

Os dados adquiridos para esse trabalho foram de precipitação diária referente aos anos de 2000 a 2016. Para os dados nulos (dias em que não houve leituras pela estação), foram obtidas estimativas a partir de estações próximas a

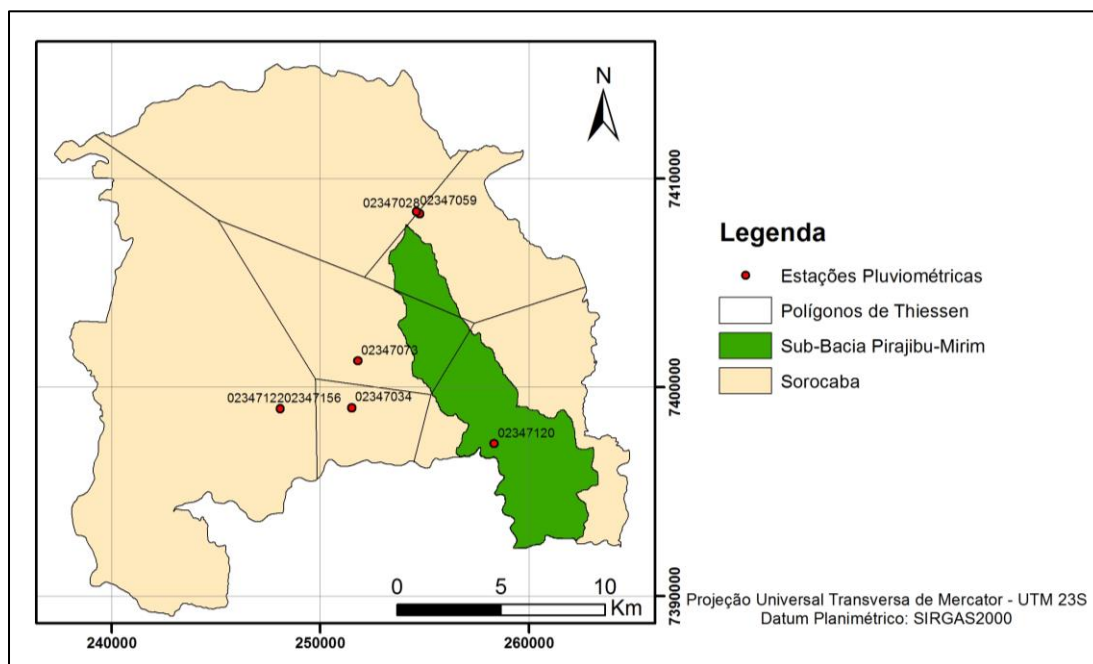
sub-bacia a fim de se completar essas falhas e para o caso de dados inexistentes os mesmos foram calculados estatisticamente por meio do simulador de precipitação pcpSTAT.

6.5. EQUAÇÃO UNIVERSAL

6.5.1. FATOR R (EROSIVIDADE DA CHUVA)

Uma vez delimitada a sub bacia, o próximo passo foi determinar a influência das estações pluviométricas na sub-bacia pela técnica de Polígonos de Thiessen já comentada. A Figura 8 apresenta a influência de três estações: Brigadeiro Tobias (02347120), Éden (02347059) e Sorocaba (02347073).

Figura 8- Polígonos de Thiessen que definem as áreas de influência das estações pluviométricas.



Fonte: Autoria própria.

As estações do Éden (02347059) e Brigadeiro Tobias (02347120) não foram utilizadas, pois a Estação do Éden possui muitos dados nulos no curto período de

tempo amostrado (2012 a 2016) e a de Brigadeiro Tobias só possui dados até 1953. Devido a esse fato, a escolha das estações foi à partir da disponibilidade de dados, as estações utilizadas (Tabela 4) foram a do Éden (PIRAJIBU) (02347028) no período de 2000 a 2012 e a Estação Sorocaba (02347073) que contribuiu com dados de 2012 a 2016.

Para os meses de janeiro a março de 2001 os quais não foram registrados dados, estes foram preenchidos a partir do pcpSTAT, que é um software utilizado para calcular parâmetros estatísticos diários de precipitação através do modelo SWAT.

Tabela 4 - Dados das estações pluviométrica da cidade de Sorocaba utilizadas para a Bacia

Código	2347028	2347073
Nome	Éden	SOROCABA
Rio	Rio Paraná	Rio Paraná
Estado	São Paulo	São Paulo
Município	Sorocaba	Sorocaba
Responsável	DAEE-SP	INMET
Operador	DAEE-SP	INMET
X*	254.758,779	254.808,002
Y*	7.408.292,538	7.401.244,932
*: Datum UTM SIRGAS 2000 - Zona 23S		

Fonte: Autoria própria.

Com os valores de precipitação total mensal e anual definidos, utiliza-se a seguinte equação para se obter a média mensal do índice de erosão:

$$EI_i = \frac{125,92 \cdot \left(\frac{r_i^2}{P_i}\right)^{0,603} + 111,173 \cdot \left(\frac{r_i^2}{P_i}\right)^{0,691} + 68,73 \cdot \left(\frac{r_i^2}{P_i}\right)^{0,841}}{3} \quad (2)$$

onde,

EI_i é a média mensal do índice de erosão para o mês “i” específico ((MJ.ha⁻¹). (mm.h⁻¹));

r_i é precipitação total mensal para o mês “ i ” (mm);

P_i é precipitação total anual (mm).

Após o cálculo da média mensal do índice de erosão é feito a somatória entre os valores obtidos para se obter o fator R de erosividade da chuva em $((MJ.ha^{-1}).(mm.h^{-1}))$:

$$R = \sum_{i=1}^{12} EI_i \quad (3)$$

6.5.2. FATOR K (ERODIBILIDADE DO SOLO)

Para a determinação dos solos presentes na área de estudo, foi utilizado o mapa de solos do Brasil, elaborado a partir da classificação de solos da Embrapa (1999) e publicado pelo IBGE em 2001 em escala 1:5.000.000.

Cada tipo de solo possui um valor diferente para o fator K, no presente estudo o valor de K foi definido por Manningel *et al.*, (2002).

6.5.3. FATOR LS (TOPOGRÁFICO)

Para o cálculo do fator L em ambiente SIG é utilizada a equação 4 proposta por Desmet & Govers (1996) seguindo a metodologia de Foster e Wischmeier (1974), que calcula para cada pixel a declividade, direção do fluxo e a quantidade de fluxo acumulado a montante do pixel:

$$L_{i,j} = \frac{(A_{i,j-in} + D^2)^{m+1} - A_{i,j-in}^{m+1}}{D^{m+2} \cdot x_{i,j}^m \cdot (22,13)^m} \quad (4)$$

onde,

$A_{i,j-in}$ é a área de contribuição de cada pixel (fluxo acumulado),

D é o tamanho de um lado do pixel (m),

m é a constante de declividade célula,

x é o coeficiente de forma das células ($x=1$ para sistemas de pixel).

A constante “ m ” foi obtida através do método de Foster (1977) combinado com McCool et. al. (1989) expressos pelas equações 5 e 6:

$$m = \frac{\beta}{(\beta + 1)} \quad (5)$$

$$\beta = \frac{\text{sen } \theta / 0,0896}{3 \cdot \text{sen}^2 \theta + 0,56} \quad (6)$$

onde,

β é a razão entre a erosão causada pelo fluxo por a erosão entre-sulcos, considerando o impacto da gota da chuva como principal causa e

θ é a declividade da encosta, em graus.

Com o valor de L , calcula-se o fator S seguindo a metodologia de McCool et al. (1987) representada pelas equações 7a e 7b.

$$S = 10,8 x \text{sen } \theta + 0,03 \text{ para declividade } < 9\% \quad (7a)$$

$$S = 16,8 x \text{sen } \theta - 0,50 \text{ para declividade } \geq 9\% \quad (7b)$$

onde,

S é o grau de declive e θ é o ângulo de declive em graus.

6.5.4. FATOR CP (USO E MANEJO DO SOLO E PRÁTICAS CONSERVACIONISTAS)

Para a confecção do mapa de uso e ocupação da terra da bacia do Pirajibu-Mirim foi utilizado imagens do satélite LandSat 8 da data de 23/02/2017 na orbita 220 e ponto 076 adquiridos junto ao INPE (gratuito). Em ambiente SIG, a ferramenta *composit band* ajudou a montar a imagem em RGB (sigla em inglês

para Red, Green, Blue) e nesta imagem foi utilizado o método supervisionado para a determinação dos usos e ocupação através da delimitação de polígonos.

Como não há informações sobre práticas conservacionistas aplicadas na área de estudo, essa foi considerada 1 (pior cenário) para os cálculos.

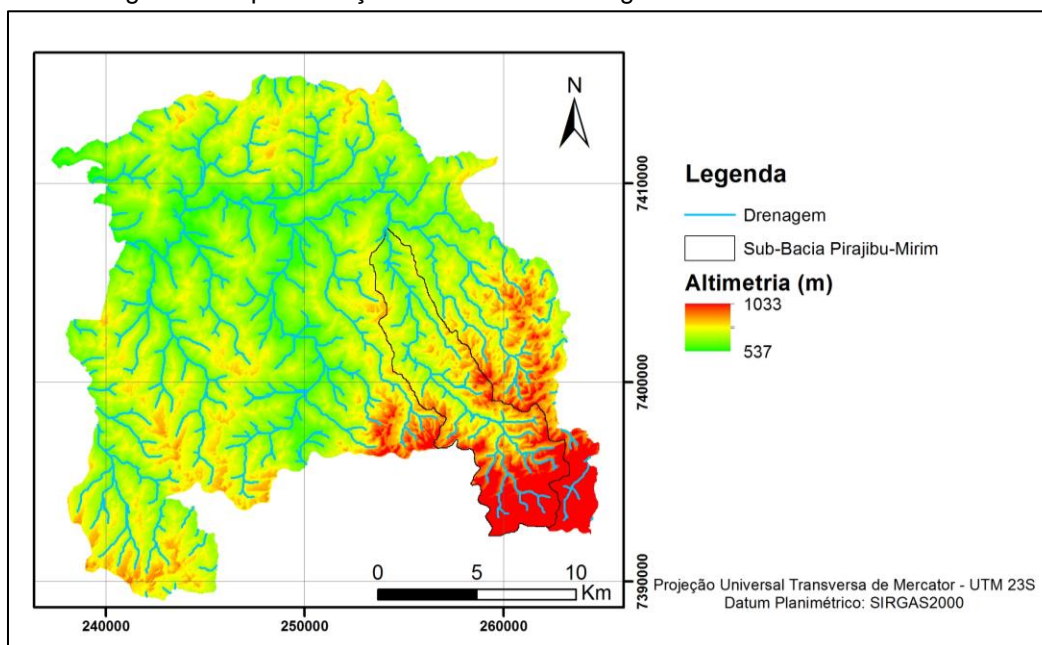
6.5.5. EQUAÇÃO UNIVERSAL DA PERDA DE SOLOS

O cálculo da perda de solos da sub-bacia foi feita em ambiente SIG aplicando a Equação 1 através do comando “raster calculator” aplicando os valores e raster dos fatores previamente calculados referentes a cada ano.

7. RESULTADOS

Avaliando a sub bacia e as linhas de drenagem geradas automaticamente no ArcHydro (Figura 9) e comparando-as visualmente com a imagem de satélite e outros trabalhos como Zanetti et al (2016), pode-se notar que o mapa da figura 9 é uma boa representação da região de estudo.

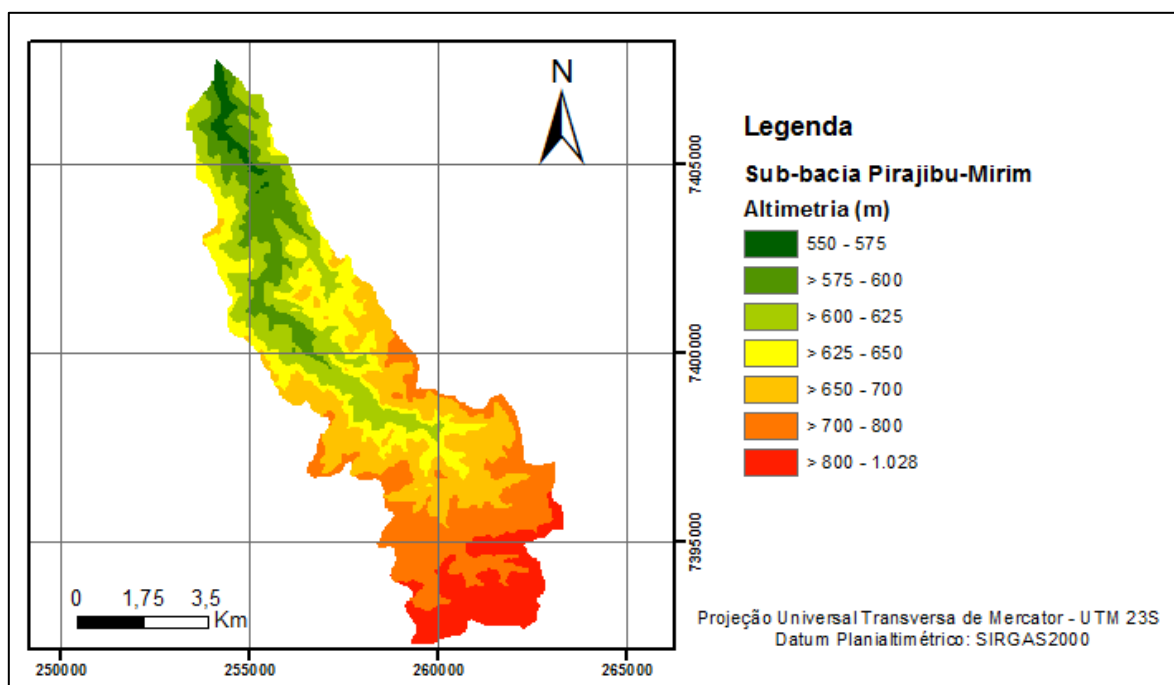
Figura 9- Representação dos divisores de água das sub-bacias no MDE.



Fonte: Autoria própria.

O mapa altimétrico gerado para a sub-bacia do Pirajibu-Mirim (Figura 10) indicou uma elevação mínima e máxima variando de 550 a 1.028 metros, respectivamente. A Tabela 5 apresenta a relação das áreas ocupadas em km² e % pelas diferentes altitudes (m). Analisando essas informações é possível concluir que aproximadamente 86% da região apresenta altitudes variando de 575 a 800 metros, representando uma região com um relevo irregular.

Figura 10- Mapa altimétrico para a sub bacia Pirajibu-Mirim (MDE SRTM).



Fonte: Autoria própria.

Tabela 5 - Altitudes em relação a área representada na sub bacia hidrográfica do Pirajibu-Mirim.

Altitudes (m)	Área (km ²)	Porcentagem do total (%)
550 a 575	0.97	1.8
575 a 600	5.82	10.7
600 a 625	9.77	18.1
625 a 650	8.63	15.9
650 a 700	11.53	21.3
700 a 800	11.12	20.5
800 a 1028	6.29	11.6

Fonte: Autoria própria.

Utilizando-se a metodologia de escolhas das estações pluviométricas, foram adquiridos através do Hidroweb dois arquivos de textos referente as estações Éden (PIRAJIBU) e Sorocaba. Esses arquivos de textos ilustrados na figura 11, possuem diversos dados pluviométricos, desde precipitações diárias à valores acumulado e o status da medição: real, estimado, duvidoso ou acumulado.

Figura 11 – Exemplo dados pluviométricos obtidos no Hidroweb.

#EstacaoCodigo	NivelConsistencia	Data	TipoMedicao	Chuva Maxima	Total	DiaMaxima	NumDiasDeChuv.	MaximaStatus	TotalStatus	NumDiasDeCh
02347028	1	01/06/1971	1					0	0	0
02347028	1	01/07/1971	1	15,9	43,2	5	13	1	1	0
02347028	1	01/08/1971	1	0,2	0,8	27	7	1	1	0
02347028	1	01/09/1971	1	17,6	69,2	7	7	1	1	0
02347028	1	01/10/1971	1	70,6	154,9	12	8	1	1	0
02347028	1	01/11/1971	1	19,2	55,7	27	4	1	1	0
02347028	1	01/12/1971	1	57,5	194,5	28	18	1	1	0
02347028	1	01/01/1972	1	108	339,4	23	22	1	1	0
02347028	1	01/02/1972	1	42	123,7	20	20	1	1	0
02347028	1	01/03/1972	1	22,6	33,4	19	12	1	1	0
02347028	1	01/04/1972	1	34	60,6	4	6	1	1	0
02347028	1	01/05/1972	1	22,7	51,6	25	6	1	1	0
02347028	1	01/06/1972	1	12,5	13	19	3	1	1	0

Fonte: http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/medicoes_historicas_abas.jsf

Em seguida, executou-se a compilação dos dados em duas novas tabelas, sendo que a Tabela 6 contém a média mensal de precipitação e a Tabela 7 o acumulado mensal e anual de precipitação. Salienta-se ainda que os dados nas cores rosa são referentes a estação pluviométrica Éden (PIRAJIBU), em amarelo para Sorocaba e vermelho os dados calculados.

Tabela 6 - Média mensal de precipitação período de 2000 a 2016, em rosa a estação Éden (PIRAJIBU), em amarelo para Sorocaba e vermelho os dados calculados.

Ano	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Precipitação	Mês	Mês	Mês	Mês	Mês	Mês	Mês	Mês	Mês	Mês	Mês	Mês	Mês	Mês	Mês	Mês	Mês
Janeiro	7,2	3,2	9,6	17,0	11,0	10,8	9,6	10,3	9,1	7,2	9,5	5,2	9,5	5,8	3,7	4,6	6,6
Fevereiro	9,6	3,3	7,6	4,1	8,4	2,2	7,8	2,1	3,8	3,6	2,1	10,5	3,7	4,7	2,7	2,4	4,9
Março	3,7	2,7	4,2	4,8	2,2	4,2	6,6	1,5	4,1	2,9	4,9	3,1	2,0	4,8	3,8	2,1	6,7
Abril	0,0	0,3	1,7	2,5	2,0	0,5	0,9	1,4	3,2	1,3	2,7	2,7	4,7	3,0	4,9	0,2	0,8
Mai	0,3	2,0	3,4	1,2	3,2	3,9	0,1	1,5	2,5	1,5	0,9	0,6	1,3	1,6	1,2	2,4	4,1
Junho	0,4	1,4	0,0	0,3	0,9	1,2	1,0	1,1	1,6	1,6	0,6	1,7	7,4	5,1	0,5	0,2	6,0
Julho	2,4	1,6	0,8	0,5	1,7	1,0	2,8	5,7	0,0	6,1	1,5	0,4	2,8	1,6	0,9	4,0	0
Agosto	2,4	0,9	1,6	0,7	0,0	0,2	0,2	0,0	2,5	0,9	0,0	2,0	0	0,0	0,9	0,7	2,2
Setembro	4,1	2,1	0,9	1,8	0,2	2,3	1,9	0,2	1,6	5,6	1,8	0,1	0,8	2,2	3,0	5,7	2,5
Outubro	1,4	5,2	5,2	1,2	3,3	4,7	2,8	2,3	5,3	3,0	3,1	6,5	3,0	2,8	0,4	3,3	5,6
Novembro	3,5	4,6	4,9	5,4	5,1	1,9	4,6	3,6	2,8	6,5	2,1	2,1	4,2	3,7	6,9	7,3	2,5
Dezembro	6,4	12,0	3,9	1,2	5,7	5,4	5,1	7,0	4,0	9,2	7,6	4,2	8,6	3,3	7,6	5,8	4,7

Fonte: Autoria própria.

Os dados de média mensal foram obtidos através do somatório da precipitação diária divididos pelo total de dias no mês, já o acumulado através da soma da precipitação diária.

Tabela 7 – Precipitação total mensal e anual.

Ano	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Precipitação	Mês	Mês	Mês	Mês	Mês	Mês	Mês	Mês	Mês	Mês	Mês	Mês	Mês	Mês	Mês	Mês	Mês
Janeiro	221,9	99,1	298,8	527,2	325,8	333,7	296,2	320,5	283,0	223,2	295,7	160,9	294,5	179,1	116,1	143,6	205,1
Fevereiro	277,0	92,5	213,8	114,4	242,9	61,7	218,4	59,3	110,8	102,1	58,0	294,1	107,5	130,4	76,6	66,9	141,1
Março	113,2	84,4	131,7	149,0	67,5	129,4	204,5	47,5	128,6	91,2	151,9	96,2	62,8	148,6	118,7	65,8	208,4
Abril	0,0	8,3	49,9	75,1	59,6	15,9	26,6	41,0	95,5	39,1	80,6	79,5	140	90,9	146	5,1	23,4
Mai	10,1	61,9	105,6	38,3	97,7	122,4	3,5	47,3	77,7	46,7	27,9	17,9	40	49,8	36	73,3	126,1
Junho	11,7	42,7	0,0	10,0	26,7	34,6	29,4	33,4	49,3	47,9	18,8	50,5	222,9	152,3	14	6,2	181,3
Julho	74,3	48,9	23,5	15,6	51,3	29,7	85,8	176,0	0,0	189,2	45,3	12,8	83,4	49,6	27,4	124,1	0
Agosto	74,1	26,4	50,9	22,3	0,0	6,7	5,6	0,0	78,9	29,2	0,3	61,9	0	1,5	28,3	22,5	67,2
Setembro	123,5	64,2	71,7	53,4	5,9	68,2	58,0	6,3	48,7	168,0	52,8	3,4	22,5	65,6	90,2	171,1	76,2
Outubro	43,8	161,4	27,6	36,5	102,5	146,8	86,5	71,5	163,7	94,5	96,5	201,6	92,9	88,2	11	101,5	174,4
Novembro	105,6	138,0	156,4	163,1	152,8	58,0	139,4	107,0	82,6	196,1	63,0	64,3	126,3	110,2	206,3	217,5	75,4
Dezembro	197,1	372,9	122,2	36,2	178,2	167,6	159,0	217,0	122,5	285,7	236,5	130,9	268,1	100,8	236,7	179	145,8
SOMA	1252,3	1200,7	1252,1	1241,1	1310,9	1174,7	1312,9	1126,8	1241,3	1512,9	1127,3	1174,0	1280,9	1167,0	900,3	997,6	1424,4

Fonte: Autoria própria.

Com os dados de precipitação total mensal e acumulada anual, foi possível calcular com as equações (2) e (3) o fator R (erosividade) que é apresentado na Tabela 8.

Os valores de erosividade calculados ficaram próximos aos valores de outros trabalhos, como por exemplo, Roque, Carvalho e Prado (2001) que encontraram valores que variaram de 3624 à 12940 MJ Ha⁻¹ mm h⁻¹ ano com a média de 7172 MJ Ha⁻¹ mm h⁻¹ ano no período de 1975 à 1997 no município de Piraju (SP) e Paim (2012) encontrou valores que variaram de 5761,8 a 11352,0 MJ Ha⁻¹ mm h⁻¹ ano em Balneário Piçarras em Santa Catarina.

Tabela 8 - Fator de erosividade (R) acumulado mensal e anual para a sub-bacia do Pirajibu-Mirim de 2000 a 2016.

Ano	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Janeiro	1355,2	441,8	2085,9	4825,9	2288,3	2566,9	1989,8	2494,7	1939,7	1192,5	2217,6	894,2	2008,9	1047,2	678,1	853,7	1102,7
Fevereiro	1868,2	400,8	1284,5	528,6	1494,1	230,4	1280,0	224,4	505,1	391,2	217,5	2136,1	473,3	665,1	376,1	289,3	645,7
Março	517,4	351,7	641,6	769,9	241,9	654,8	1164,4	164,8	624,1	333,7	847,7	430,2	222,3	801,4	699,9	282,6	1128,3
Abril	0,0	14,7	164,0	291,9	203,3	35,7	66,7	134,4	409,3	102,7	344,9	328,8	688,7	398,8	940,9	8,7	53,0
Mai	18,6	227,9	468,9	114,4	406,7	605,0	4,4	163,8	306,1	131,2	79,0	42,0	118,8	171,7	131,1	328,9	550,4
Junho	22,6	136,0	0,0	18,4	67,1	103,3	76,5	101,2	162,2	135,9	46,1	174,3	1341,9	830,1	36,0	11,3	923,8
Julho	285,7	164,1	58,2	33,6	165,0	83,7	338,3	1047,3	0,0	940,5	154,2	26,7	330,8	170,7	90,0	693,1	0,0
Agosto	284,7	70,2	168,5	54,5	0,0	11,2	8,2	0,0	312,8	68,8	0,2	231,5	0,0	1,6	94,1	64,0	226,9
Setembro	585,5	239,8	271,9	181,3	8,8	265,0	195,6	10,6	159,5	793,4	190,8	4,6	54,0	252,2	473,8	1097,7	270,5
Outubro	136,8	883,8	72,5	107,0	435,2	783,9	342,2	291,6	880,7	350,8	444,6	1236,3	385,1	382,2	26,0	520,8	873,8
Novembro	468,9	706,6	819,9	876,2	767,5	211,3	672,6	514,8	333,6	990,1	244,1	244,2	594,8	523,6	1548,1	1551,6	266,5
Dezembro	1142,4	2971,6	576,8	105,8	956,5	947,6	811,5	1416,1	582,4	1703,6	1603,3	665,9	1752,8	461,5	1889,4	1171,3	676,6
SOMA	6686,0	6609,1	6612,8	7907,4	7034,5	6498,9	6950,3	6563,7	6215,5	7134,2	6390,2	6414,7	7971,4	5706,1	6983,5	6873,0	6718,1

Fonte: Autoria própria.

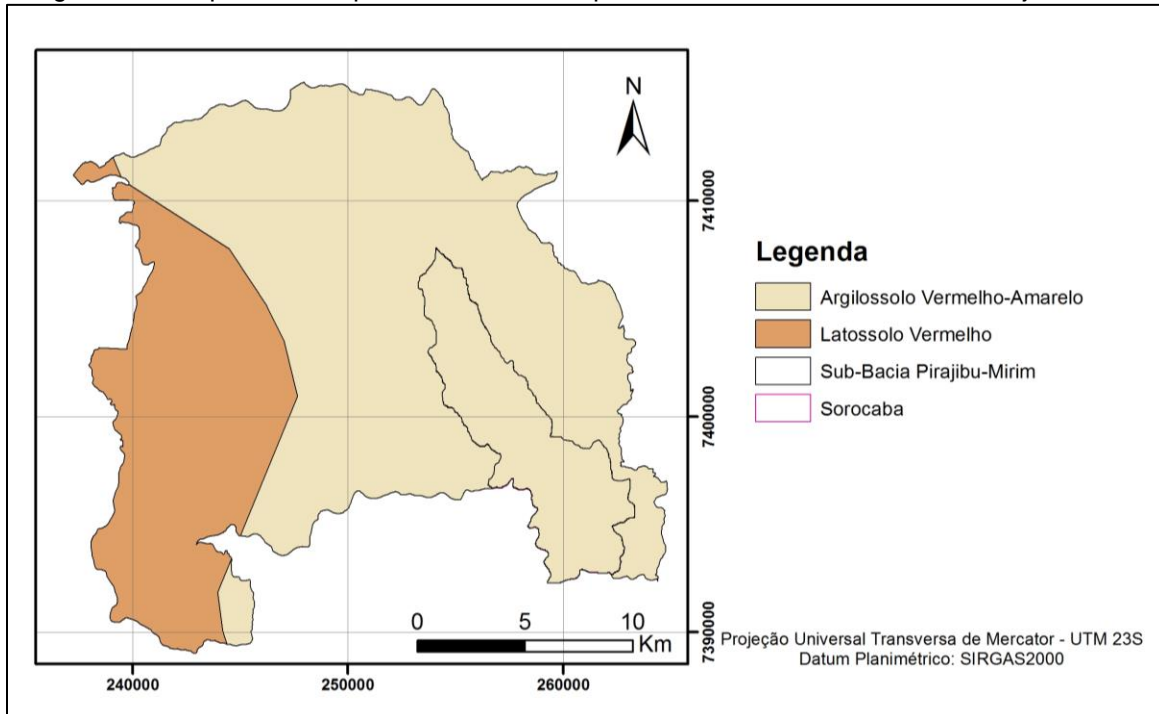
Cabe ressaltar que os valores de erosividade variaram de 5.706,1 MJ Ha⁻¹ mm h⁻¹ ano em 2013 e 7971,4 MJ Ha⁻¹ mm h⁻¹ ano em 2012. Além disso, no verão

de 2013-2014 houve uma grave crise hídrica no estado de São Paulo (Marengo et al, 2015), fato esse que pode explicar essa menor erosividade acumulada no ano de 2013.

Fazendo-se uma análise pontual de julho de 2013 a junho de 2014, período citado como anômalo por Marengo, encontra-se um fator de erosividade de 4653,9 MJ Ha⁻¹ mm h⁻¹ ano, menor que todos os valores apresentados no presente estudo. Se comparando, por exemplo, com o período de julho de 2011 a junho de 2012 (7263,1 MJ Ha⁻¹ mm h⁻¹ ano) a diferença chega a aproximadamente 2600 MJ Ha⁻¹ mm h⁻¹ ano a mais para o período de 2011 a 2012.

Na área de estudo foi encontrado somente um tipo de solo o qual é definido como Argilossolo Vermelho-Amarelo cujo Fator K calculado por Manningel *et al.* em 2002 é de 0,0466 ton ha MJ⁻¹ mm⁻¹.

Figura 12 – Mapa de solos presentes no município de Sorocaba e na sub bacia Pirajibu Mirim.



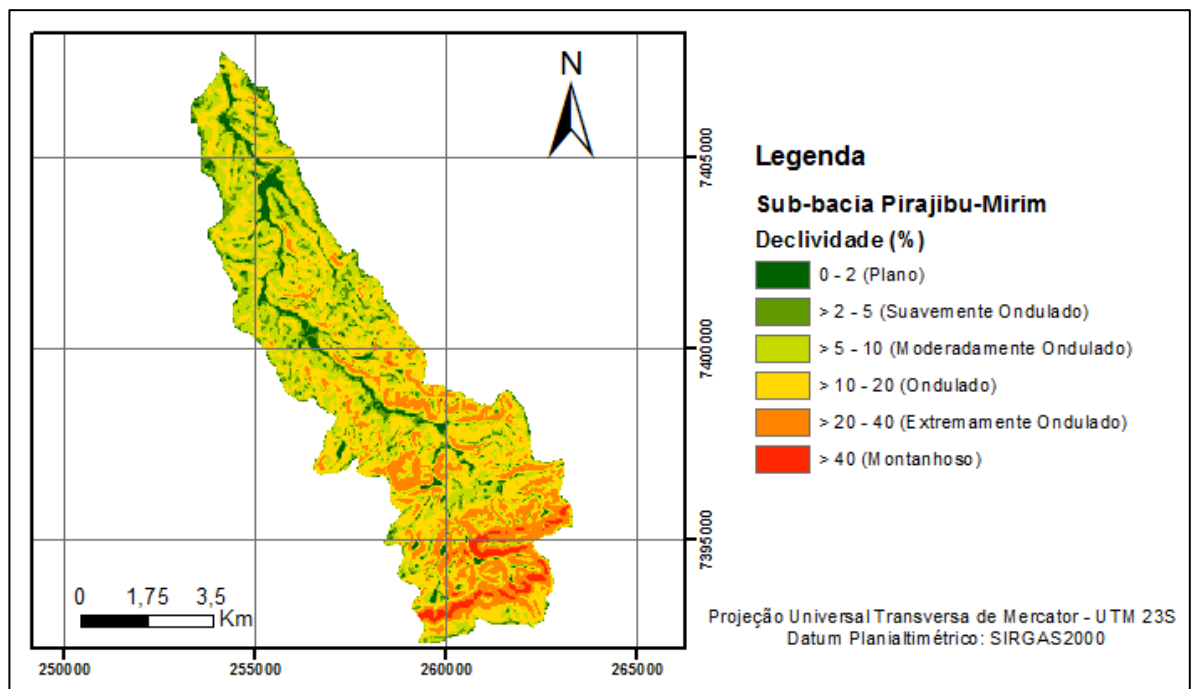
Fonte: Autoria própria.

Com os valores de R e K definidos, prosseguiu-se então para a determinação do Fator LS.

Primeiramente foi calculado os valores de declividade em % em ambiente SIG através do software ArcGIS. Com o MDE já determinado para a área de estudo, foi utilizado o comando Fill para a correção de pequenas imperfeições (áreas de pico e depressões) e com o comando Slope foram calculadas as declividades (em %) presentes na área de estudo (Figura 13). Através do comando reclass foi feita a reclassificação das declividades em função das categorias definidas pela EMBRAPA (1995), que variam conforme Tabela 9.

Refeita a reclassificação, é feita a transformação para polígonos através do Raster to polygon para assim então calcular as respectivas áreas de cada classe de declividade utilizando-se do excel com os resultados apresentados também na tabela 9.

Figura 13 – Distribuição da declividade (%) na sub bacia Pirajibu-Mirim



Fonte: Autoria própria.

Tabela 9 – Classes de declividade EMBRAPA (1995).

Intervalo de Declividade (%)	Descrição do Relevo	Área (km ²)	Área (%)
0 – 2	Plano	2,9	5,3
2 – 5	Suavemente ondulado	5,6	10,3
5 – 10	Moderadamente ondulado	15,1	27,9
10 – 20	Ondulado	20,7	38,3
20 – 40	Extremamente ondulado	8,7	16,1
> 40	Montanhoso	1,2	2,1

Fonte: Autoria própria.

Com as declividades do terreno da sub-bacia determinadas, prosseguiu-se para a determinação do fator LS com o auxílio das equações (4), (5), (6), (7a) e (7b) e o Arcgis.

O fator L foi calculado pela equação (4), cujo os parâmetros necessários são obtidos conforme os procedimentos descritos a seguir.

Como é necessário o mapa de declividades em graus, seguiu-se os mesmos passos para a geração em %, aplicando o comando fill para a correção de imperfeições e o comando slope para a geração do mapa, selecionando a opção “degree” (graus).

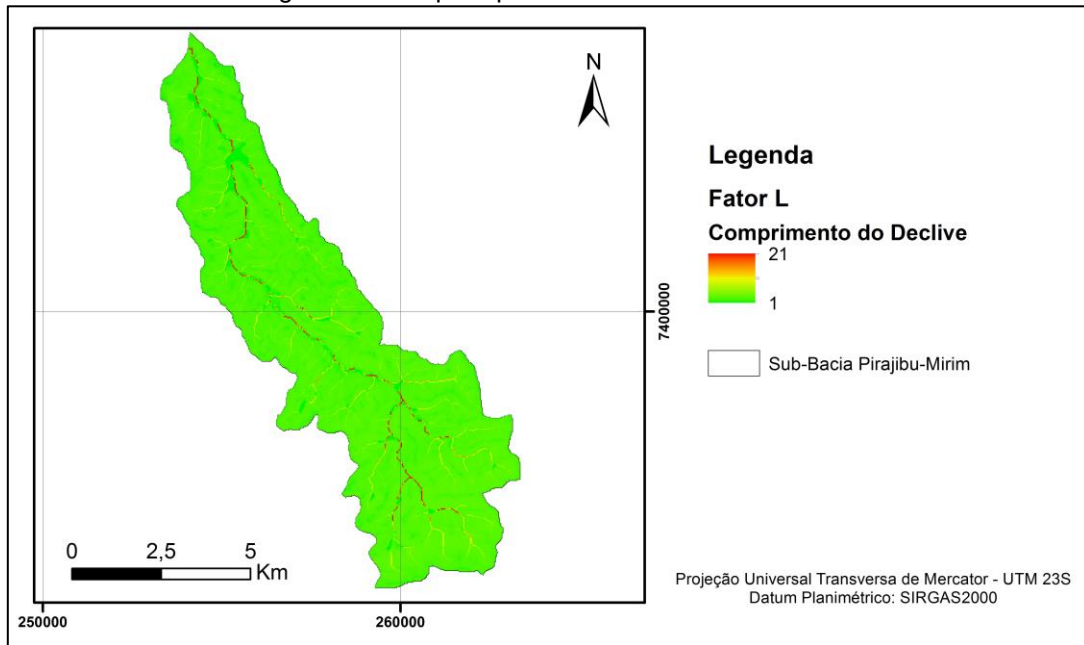
Com o raster de declividade em graus pronto, iniciou-se o cálculo da equação (6) através do comando Raster Calculator para determinar β que, uma vez calculado, possibilita a definição da constante “m” através da equação (5).

Os pixels possuem 900 m² de área, ou seja, 30 metros de largura e comprimento.

A incógnita $A_{i,j-in}$ (fluxo acumulado) é obtido calculando-se primeiramente a direção do fluxo e então o fluxo acumulado.

Com todos os parâmetros determinados, calculou-se com o comando raster calculator o fator L cujos valores são apresentados na Figura 14.

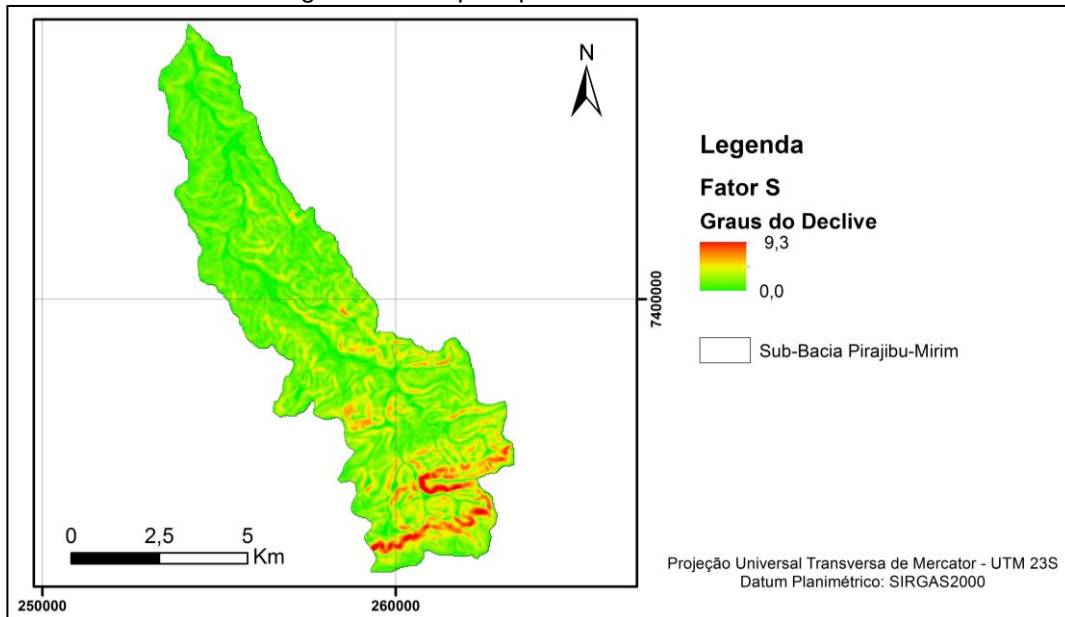
Figura 14 – Mapa representativo do fator L.



Fonte: Autoria própria.

O fator S foi calculado também através do raster calculator além das equações (7a) e (7b), gerando a figura 15.

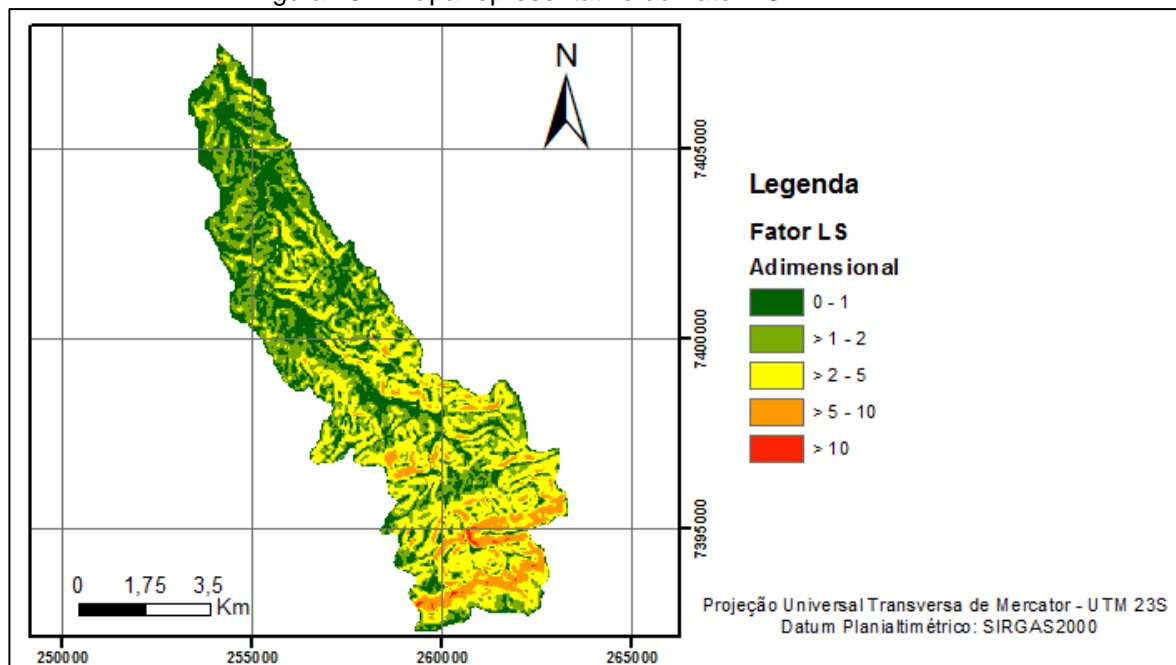
Figura 15 – Mapa representativo fator S.



Fonte: Autoria própria.

Com os dois raster representando os fatores L e S é possível através do produto destes gerar o mapa do fator LS (Figura 16) e a Tabela 10 que apresenta as áreas, sua frequência relativa e acumulada na sub-bacia.

Figura 16 – Mapa representativo do Fator LS.



Fonte: Autoria própria.

Tabela 10 – Classes do fator topográfico (LS) e sua correspondente área (km²), frequência relativa (%) e frequência acumulada (%).

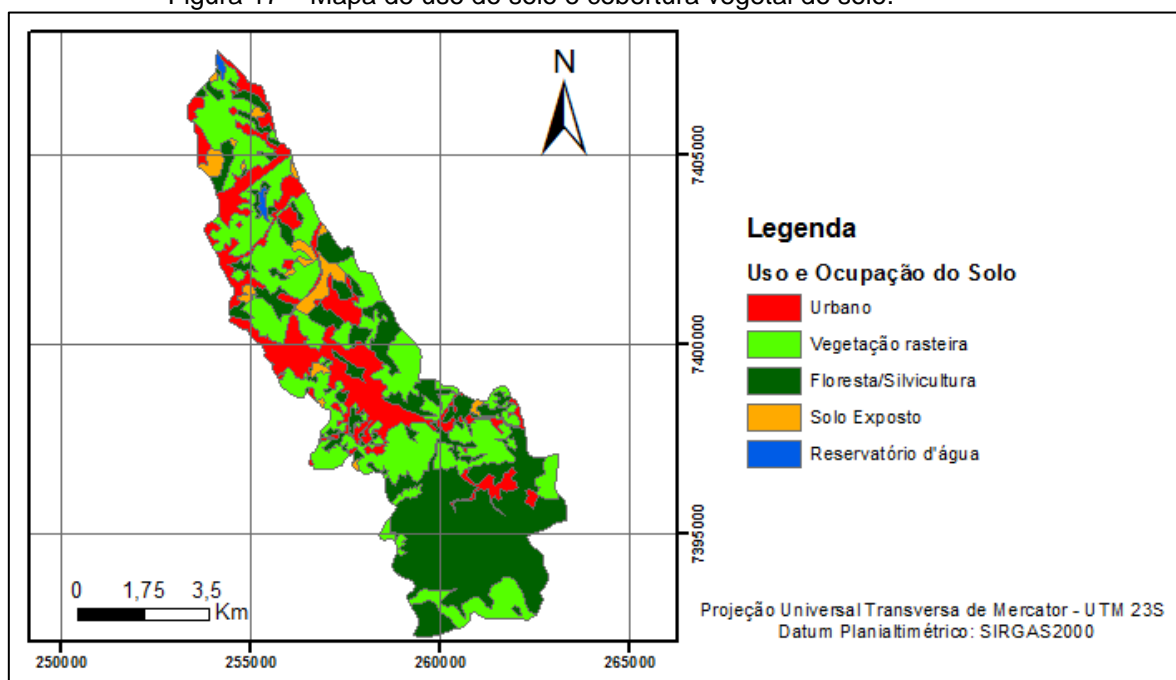
Fator LS			
LS	Área (km ²)	Frequência Relativa (%)	Frequência Acumulada (%)
0 - 1	15,67	28,93	28,93
1 - 3	26,01	48,04	76,97
3 - 5	8,39	15,50	92,47
5 - 10	3,93	7,27	99,74
> 10	0,14	0,26	100,00

Fonte: Autoria própria.

Observando-se a Tabela 10 é possível notar que 92,47% encontra-se no intervalo de 0 a 5 em clara referência ao predomínio das classes de declividade de plano a ondulado que representam 81,8% da área.

Definidos então os parâmetros R, K e LS, determinar-se os últimos dois fatores necessários para o cálculo da perda de solos. Os fatores C (uso e manejo do solo) e P (práticas conservacionistas) serão apresentados de forma combinada e em um único mapa (Figura 17), sendo que para os usos seguiu-se a classificação apresentada na Tabela 11.

Figura 17 – Mapa de uso do solo e cobertura vegetal do solo.



Fonte: Autoria própria.

Tabela 11 – Tipos de uso do solo e sua frequência relativa e acumulada.

Usos	Área	Frequência (%)	
		Relativa	Acumulada
Urbano	10,96	20,26	20,26
Pastagem	20,19	37,32	57,58
Silvicultura/Floresta	20,81	38,47	96,04
Solo Exposto	1,89	3,49	99,54
Corpo de água	0,25	0,46	100,00

Fonte: Autoria própria.

Com todos os parâmetros definidos e calculados, iniciou-se a determinação da perda de solos na sub bacia do rio Pirajibu-Mirim.

Esse cálculo da perda de solos também foi executado no software Arcgis através do comando “raster calculator” gerando um mapa de perda de solos por ano.

Após a geração dos mapas de perda de solos, foi feita a transformação dos valores para números inteiros pelo comando “int” para que pudessem ser feitas as análises a partir do raster.

Gerado o raster o mesmo foi classificado segundo Carvalho (2008) para nula a moderada perda para valores menores que 15 ton/ha.a, média para 15 a 50 ton/ha.a, média a forte para 50 a 120 ton/ha.a, forte para 120 a 200 ton/ha.a e muito forte para valores acima de 200 ton/ha.ano.

Desde novo mapa de perdas de solos com valores inteiros, foi extraída uma tabela com o comando “Zonal Geometry as Table” com diversas informações como, por exemplo, perímetro e área. Desta tabela realizou-se uma síntese e foi gerada a Tabela 12 com as informações anuais de perdas de solo por sua área correspondente.

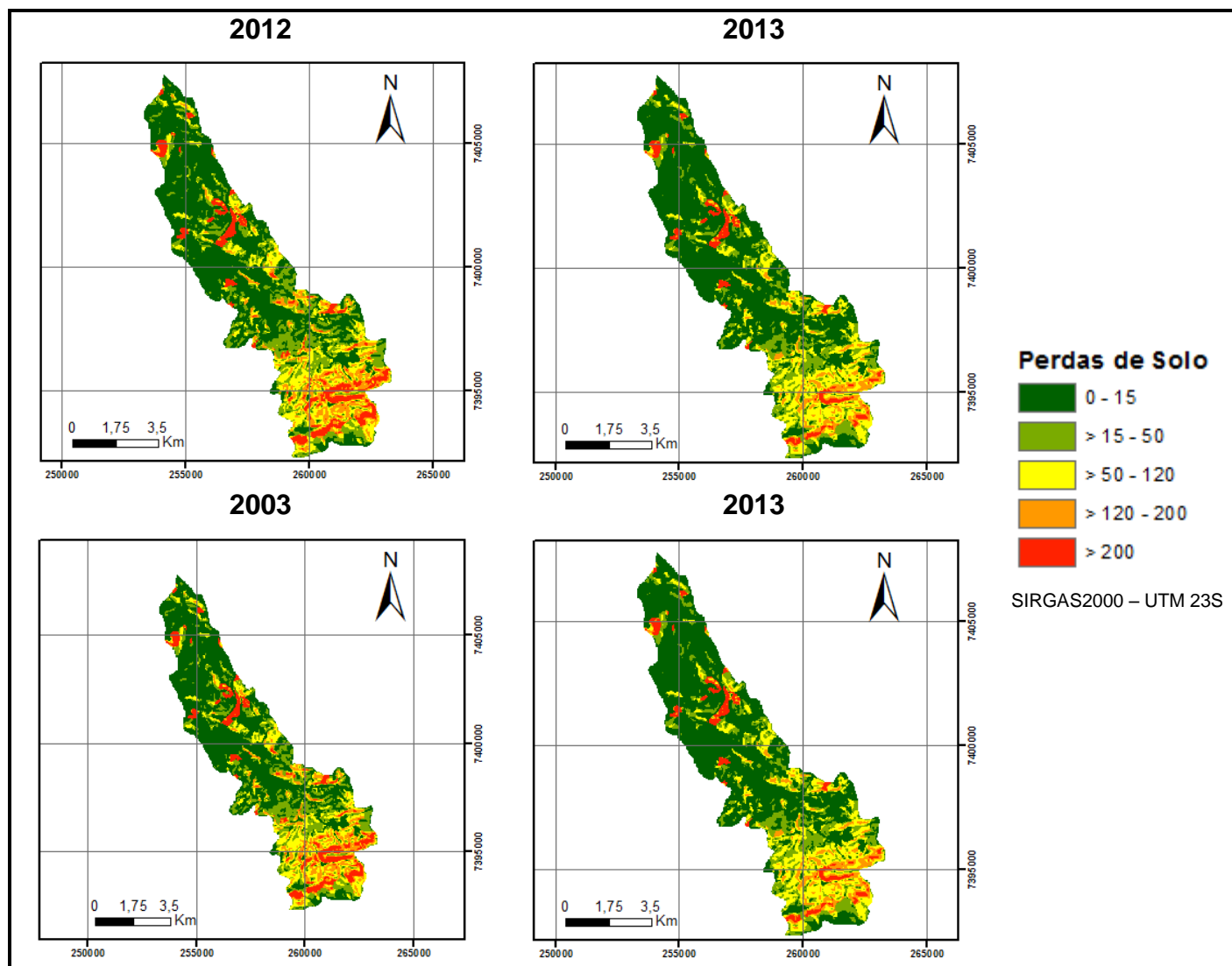
Tabela 12 – Áreas referentes as perdas de solo anuais no período de estudo.

Solo (ton/ha.a)	Área (km ²)																
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
0 - 15	28,08	28,20	28,19	26,11	27,51	27,68	27,63	28,26	28,87	27,36	28,51	28,45	26,00	29,66	27,76	27,76	28,00
>15 - 50	9,77	9,75	9,76	10,52	10,02	10,39	9,92	9,78	9,58	10,06	9,66	9,69	10,54	9,47	9,87	9,87	9,82
>50 - 120	8,52	8,54	8,53	7,84	8,22	8,61	8,30	8,53	8,68	8,18	8,70	8,67	7,83	8,85	8,41	8,41	8,48
>120 - 200	4,43	4,38	4,39	5,19	4,75	4,28	4,73	4,34	4,08	4,80	4,19	4,22	5,21	3,62	4,59	4,59	4,47
> 200	3,10	3,03	3,03	4,24	3,40	2,94	3,32	2,99	2,69	3,50	2,84	2,87	4,32	2,30	3,27	3,27	3,13

Fonte: Autoria própria.

Ao analisar a perda de solos anual separado pelas classes apresentadas na Tabela 12 e confrontando-se com os dados de fatores de erosividade, observa-se que para os anos de 2012 e 2003, os anos com maiores valores de erosividades, também são aqueles com maiores áreas, com perdas de solo acima das 200 t/ha.a, apesar de não serem os anos com os maiores índices de precipitação anual.

Figura 18 – Comparação entre os períodos com maiores e menores perdas de solo.



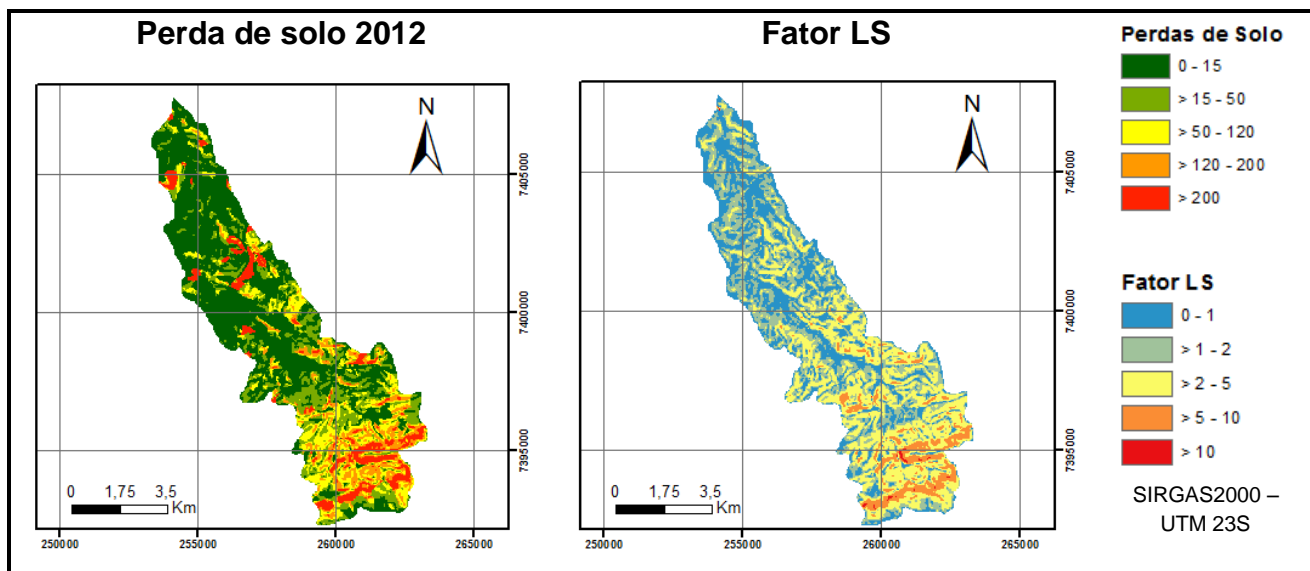
Fonte: Autoria própria.

Essa análise também é válida para o inverso. Observa-se que em 2013 ocorreu o menor índice de erosividade, assim como a menor área com perdas acima das 200 ton/ha.a e a maior área com perdas na faixa de 0 a 15 ton/ha.a, que é considerada uma perda nula a moderada. Isso pode ser observado na Figura 18.

A figura 18 ilustra de forma nítida essa maior perda de solo ao observar a quantidade de regiões em vermelho (>200 ton/ha.a), laranja (120 a 200 ton/ha.a) e amarelo (50 a 120 ton/ha.a) para os anos de 2012 e 2003 quando comparados a 2013 onde as regiões verdes (com pouca perda de solo) predominam.

Também vale salientar que a região onde apresenta as maiores altitudes, declividades (montanhosa) e o fator LS na sub bacia, é justamente a região onde ocorre os maiores valores de perda de solo como pode-se ver na Figura 19 que compara a perda de solo em 2012 com o mapa do fator LS.

Figura 19 – Comparação entre a perda de solo pelo fator LS.

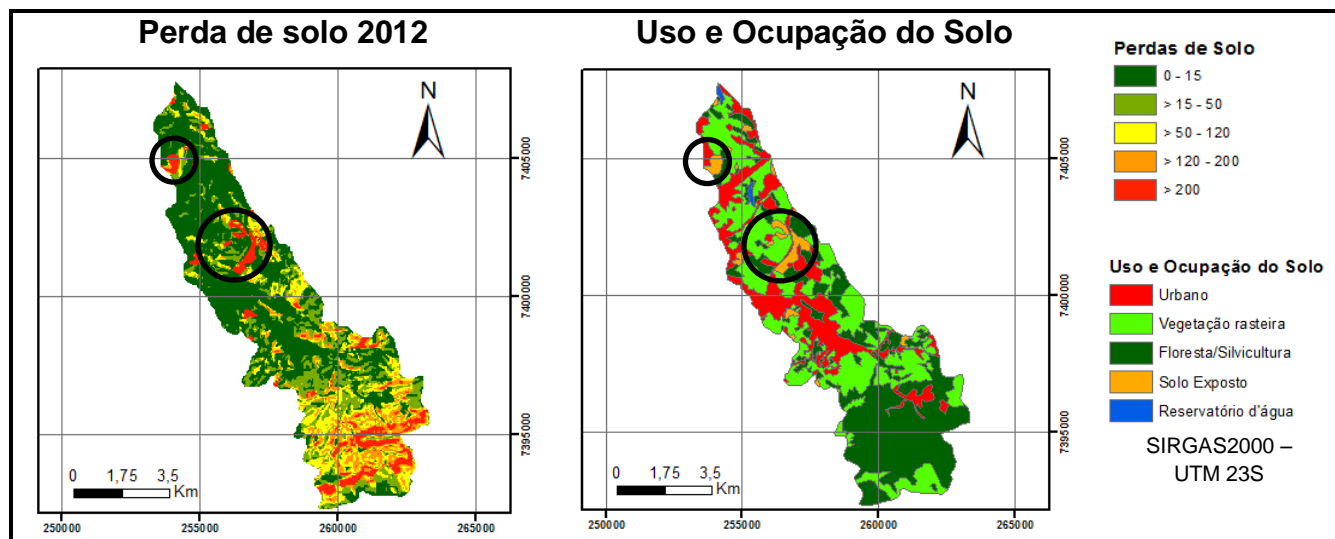


Fonte: Autoria própria.

Quando da ocorrência de valores de perdas de solos acima de 200 ton/ha.a fora das regiões de alta declividade ou dos maiores valores de LS, este é referente

ao tipo de solo, que para este caso são os solos expostos, conforme destacado na Figura 20.

Figura 20 – Comparação entre as perdas de solo por uso do solo (destaque para áreas com solo exposto).



Fonte: Autoria própria.

8. CONCLUSÃO

Os dados SRTM disponibilizados pelo INPE através do seu banco de dados geomorfométricos se mostraram muito prático e eficazes para a geração de mapas temáticos topográficos.

O trabalho mostra que é viável a integração de técnicas de geoprocessamento e bancos de dados disponíveis no levantamento e monitoramento ambiental.

O cálculo da EUPS foi executado de forma automática em ambiente SIG após o cálculo dos fatores de erosividade da chuva, comprimento e declividade da rampa, a determinação através de referências bibliográficas os valores de erodibilidade do solo, práticas conservacionistas e uso e manejo do solo. Este ultimo combinado com o mapa de uso e ocupação do solo também gerado em ambiente SIG.

Vale ressaltar a importância da EUPS na determinação de áreas críticas dentro de uma bacia hidrográfica, norteando assim as regiões onde se deve ter uma maior atenção e/ou análises de campo afim de um melhor manejo do solo e preservação do ambiente.

A análise geral da perda de solo na sub-bacia permite concluir que aproximadamente 50% da área possui perdas de solo menores que 15 ton/ha.ano, devido ao fato de ser uma região com áreas destinadas a vegetação rasteira e por vezes silvicultura e floresta. Apesar disso, ocorreu grandes variações de perdas de solo como, por exemplo, em 2012 que foi de 0 a 2174 ton/ha.ano de perda.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA CHAMHUM SILVA, L. de. **Estudo de caso de adequação de uma propriedade rural da zona da mata mineira ao código florestal federal.** Juiz de Fora, 2015. Tese (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária), Universidade Federal de Juiz de Fora. Disponível em: <http://www.ufjf.br/engsanitariaeambiental/files/2014/02/TCC_Lucas.pdf>. Acesso em: 19 abr. 2017.

ALMEIDA, L. T. de; FIGUEIREDO, F. P.; OLIVEIRA, F. G. Estimates of volume and sedimentation of the reservoir of the Itacarambi River dam, Minas Gerais, Brazil. *Nativa*, v. 4, n.4, p.231-237, 2016.

ANA. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: 2013. Brasília: ANA, 2013. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/institucional/spr/conjuntura/ANA_Conjuntura_Recursos_Hidricos_Brasil/ANA_Conjuntura_Recursos_Hidricos_Brasil_2013_Final.pdf>. Acesso em: 19 abr. 2017.

ANACHE, J. A. A.; WENDLAND, E. C.; OLIVEIRA, P. T. S.; FLANAGAN, D. C.; NERARING, M. K. Runoff and soil erosion plot-scale studies under natural rainfall: A meta-analysis of the Brazilian experience. *Catena*, v.152, p.29-39, 2017. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0341816217300036>>. Acesso em: 27 abr. 2017.

ANJELIN, G. A. **Áreas de preservação permanente da bacia hidrográfica das lagoas da fazenda rio das pedras – Campinas - São Paulo.** Campinas, 2013. Tese (Graduação em Geografia), Departamento de geografia, Universidade Estadual de Campinas.

ANTONELI, V.; THOMAZ, E. L. Perda de solo em estradas rurais em área de cultivo de tabaco na Bacia do Arroio Boa Vista – Paraná. *Rev. Bras. Geomorfol. (Online)*, v.17, n.2, p.227-240, 2016. Disponível em:

<https://www.researchgate.net/profile/Valdemir_Antoneli/publication/305080314_PERDA_DE_SOLO_EM ESTRADAS_RURAI S_EM AREA_DE_CULTIVO_DE_TABACO_NA_BACIA_DO_ARROIO_BOA_VISTA-_PARANA/links/5793c4c408ae33e89f8ab928.pdf>. Acesso em: 04 mai. 2017.

ARAÚJO BARBOSA, E. **Macrófitas aquáticas em um reservatório da grande João Pessoa, Paraíba – Brasil**. João Pessoa, 2012. Tese (Graduação em Ciências Biológicas), Centro de ciências biológicas e sociais aplicadas, Universidade Estadual da Paraíba.

BAGATINI, T.; COGO, N. P.; GILLES, L.; PORTELA, J. C.; PORTZ, G.; QUEIROZ, H. T. Perdas de solo e água por erosão hídrica após mudança no tipo de uso da terra, em dois métodos de preparo do solo e dois tipos de adubação. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, v.35, n.3, 2011. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832011000300034>. Acesso em: 27 abr. 2017.

BERTONE, E.; O'HALLORAN, K.; STEWART, R. A.; OLIVEIRA, G. F. de. Medium-term storage volume prediction for optimum reservoir management: A hybrid data-driven approach. **Journal of Cleaner Production**, v.154, p.353–365, 2017. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652617306996>>. Acesso em 25 abr. 2017

BERTONI, J. O espaçamento de terraços em culturas anuais, determinado em função das perdas por erosão. **Bragantia**, v.18, n.10, p.112-140,1959. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/brag/v18nunico/10.pdf>>. Acesso em: 03 mai. 2017.

BITENCOURT, M D. MANTELLI, L. R. Análise espacial de parâmetros limnológicos utilizando sensoriamento remoto e geoprocessamento: dois estudos de caso. **In: Ecologia de reservatórios e interfaces**. São Paulo: Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, 2015. Capítulo 12, p.160-176. Disponível em:

<http://ecologia.ib.usp.br/reservatorios/PDF/Cap._12_Sensoriamento_remoto.pdf>.

Acesso em: 09 mai. 2017.

BORGES, Kelly Maria Resende et al. Vulnerabilidade natural: a perda de solo da bacia do rio Carinhanha (MG/BA) usando uma abordagem qualitativa da equação universal de perda de solos. *GEOgraphia*, v. 14, n. 27, p. 101-125, 2013.

BRASIL. Lei n.º 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis n.ºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis n.ºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial [da União]**, Brasília, 25 mai. 2012.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução n.357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 17 mar. 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 12 mai. 2017.

BREUNIG, F. M.; FILHO, W. P.; GALVÃO, L. S.; WACCHOLZ, F.; CARDOSO, M. A. G. Dynamics of limnological parameters in reservoirs: A case study in South Brazil using remote sensing and meteorological data. **Science of The Total Environment**, v.574, n.1, p.253–263, 2017. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969716319660>>. Acesso em: 26 abr. 2017.

CAMPOS, R. A., STIPP, N. A. F., & CAVIGLIONE, J. H. Estudos ambientais no espaço geográfico da bacia hidrográfica do Córrego do Veado, no município de Cornélio Procópio–PR: Aplicação da EUPS. *Geographia Opportuno Tempore*, 2(2), 81-99. 2016.

CANABARRO, L.; TOLEDO, M. T.; BARRELLA, W. Peixes do Rio Piragibu-Mirim

em Sorocaba/SP. **Revista Eletrônica de Biologia**, v.1, n.3, p.31-49, 2008. Disponível em: <<https://revistas.pucsp.br/index.php/reb/article/view/11/709>>. Acesso em: 24 abr. 2017.

CARDOSO-SILVA, S.; SILVA, D. C. V. R. ; LAGE, F. ; ROSA, A. H. ; MOSCHINI-CARLOS, V. ; POMPEO, M. L. M. . Metals in sediments: bioavailability and toxicity in a tropical reservoir used for public water supply. **Environmental Monitoring and Assessment** (Dordrecht. Online), v. 188, p. 310, 2016.

CASSOL, A. P. V. **Impacto da espécie invasora *Ceratium furcoides* (LEVANDER) Langhans 1925 em duas represas do alto Jacuí, RS**. Santa Maria, 2014. Dissertação (Mestrado em Agrobiologia). Centro de ciências naturais e exatas. Universidade Federal de Santa Maria. Disponível em: <<http://w3.ufsm.br/ppgagrobio/AnaPaulaVestenaCassol.pdf>>. Acesso em: 26 abr. 2017.

CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS A AGRICULTURA - CEPAGRI. Clima dos municípios paulistas. 2016. Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_584.html>. Acesso em: 24 abr. 2017.

COLLISCHONN, B.; CLARKE, R. T. Estimativa e incerteza de curvas cota-volume por meio de sensoriamento remoto. **RBRH**, v.21, n.4, 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S2318-03312016000400719&script=sci_arttext>. Acesso em: 30 mai. 2017.

Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações / Editores Alexandre Schiavetti, Antonio F. M. Camargo. - Ilhéus, Ba : Editus, 2002.

CÔRREA, C. J.; TONELLO, K. C.; FRANCO, F. S. Análise hidroambiental da microbacia do Pirajibu-Mirim, Sorocaba, SP, Brasil. **Rev. Ambient. Água**, v.11, n.4, 2016. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ambiagua/v11n4/1980-993X-ambiagua-11-04-00943.pdf>>. Acesso em: 24 abr. 2017.

COSTA, J. P. de O.; ORTOLAN, L. D. **Classificação de imagens de sensoriamento remoto utilizando redes neurais artificiais**. Curitiba, 2014. Tese

(Bacharel em Sistemas de Informação). Departamento acadêmico de informática, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3024/1/CT_COBSI_2013_2_06.pdf>. Acesso em: 09 mai. 2017.

COUTINHO, L. M., CECÍLIO, R. A., DE OLIVEIRA GARCIA, G., XAVIER, A. C., ZANETTI, S. S., & MOREIRA, M. C.. Cálculo do fator LS da Equação Universal de Perdas de Solos (EUPS) para a bacia do Rio da Prata, Castelo-ES. *Revista Agro@mbiente On-line*, 8(1), 01-09, 2014.

CUNHA, D. G. F.; CARMO CALIJURI, M. do; LAMPARELLI, M. C. A trophic state index for tropical/subtropical reservoirs (TSI_{tsr}). **Ecological Engineering**, v. 60, p.126–134, 2013. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925857413003091>>. Acesso em: 25 abr. 2017.

CUNHA, D. G. F.; PAZ, L. P. S.; DODDS, W. K. Land use influence on raw surface water quality and treatment costs for drinking supply in São Paulo State (Brazil). **Ecological Engineering**, v.94, p.516-524, 2017. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925857416303883>>. Acesso em: 12 mai. 2017.

de Souza, Jonas Otaviano Praça, and Joana D'arc Matias de Almeida. "Modelo digital de elevação e extração automática de drenagem: dados, métodos e precisão para estudos hidrológicos e geomorfológicos." *Boletim de Geografia* 32.2 (2014): 134-149.

DYONISIO, H. A. F. Erosão híbrida: suscetibilidade do solo. **Revista Eletrônica Thesis**, v.7, n.13, p.15-25, 2010. Disponível em: <http://www.cantareira.br/thesis2/ed_13/2_hidrica.pdf>. Acesso em: 27 abr. 2017.

EMBRAPA. Agricultura de precisão: Resultados de um novo olhar: edição técnica. Brasília-DF: Embrapa, 2014. 596 p.

Euclides, H.P., Souza, E. F., Ferreira, P. A. RH 3.0 - Regionalização hidrológica: manual do programa. Viçosa, MG: UFV/DEA; Brasília, DF: MMA; Belo Horizonte,

MG: RURALMINAS, 1999, 149p.

FERREIRA, L. M.; FERREIRA, A G. Aplicação de um modelo de erosão hídrica do solo à escala da unidade de intervenção florestal com a utilização de um Sistema de Informação Geográfica. **Rev. De Ciências Agrárias**, v.38, n.4, 2015. Disponível em: <http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?pid=S0871-018X2015000400010&script=sci_arttext&lng=en>. Acesso em: 04 mai. 2017.

FRASCARELI, D. ; BEGHELLI, F. G. S. ; CARDOSO-SILVA, S. ; MOSCHINI-CARLOS, V. . Heterogeneidade espacial e temporal de variáveis limnológicas no reservatório de Itupararanga associadas com o uso do solo na Bacia do Alto Sorocaba- SP?. **Revista Ambiente & Água**, v. 10, p. 770-781, 2015

GOUVEIA, M.I.F. Plano Integrado de Controle de Erosão no Estado de São Paulo PICESP. II Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos. 24-27/09/96. Rio de Janeiro-RJ Anais.

GROTZINGER, J; JORDAN, T. Para entender a Terra. 6. ed. Rio Grande do Sul: Bookman editora LTDA, 2013.

GUANDIQUE, M. E. G.; MORAIS, L. C. de. Estudo de variáveis hidrológicas e de balanço hídrico. **In: Ecologia de reservatórios e interfaces**. São Paulo: Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, 2015. Capítulo 29, p.434-447. Disponível em: <http://ecologia.ib.usp.br/reservatorios/PDF/Cap._29_Variaveis_hidrologicas.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2017.

GUTH, P. L. **Perdas de solo e água por erosão hídrica em sistemas de culturas oleaginosas**. Santa Maria, 2010. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Centro de ciências rurais, Universidade Federal de Santa Maria. Disponível em: <<http://w3.ufsm.br/ppgcs/images/Dissertacoes/PAULO-LUIS-GUTH.pdf>>. Acesso em: 27 abr. 2017.

LEITE, M. E.; DIAS, L. S.; ROCHA, A. M. Análise da ocupação no entorno da Barragem Bico da Pedra, no Município de Janaúba/MG. **Caderno de Geografia**, v.25, n.44, 2015. Disponível em:

<<http://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/viewFile/9618/7945>>.

Acesso em: 26 abr. 2017.

LI, Q.; LIU, G. B.; ZHANG, Z.; TUO, D. F.; BAI, R. R.; QIAO, F. F. Relative contribution of root physical enlacing and biochemical exudates to soil erosion resistance in the Loess soil. **Catena**, v.153, p.61-65. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0341816217300449>>. Acesso em: 27 ab. 2017.

Li, Zhong. "Watershed modeling using arc hydro based on DEMs: a case study in Jackpine watershed." *Environmental Systems Research* 3.1 (2014): 11.

LIU, W. T. H. **Aplicações de sensoriamento remoto**. 2. ed. Campo Grande: UNIDERP, 2015.

LOPES, J. W. B.; ARAÚJO NETO, J. R. de; PINHEIRO, E. A. R. Produção de sedimentos e assoreamento em reservatório no semiárido: o caso do açude MARENGO, Ceará. **Revista Eletrônica do Curso de Geografia –UFG/REJ**, n.24, 2015.

MANNIGEL, A. R., DE PASSOS, M., MORETI, D., & DA ROSA MEDEIROS, L. (2008). Fator erodibilidade e tolerância de perda dos solos do Estado de São Paulo. **Acta Scientiarum**. Agronomy, 24, 1335-1340.

MARENGO, J. A., NOBRE, C. A., SELUCHI, M. E., CUARTAS, A., Alves, L. M., Mendiondo, E. M., ... & Sampaio, G. (2015). A seca e a crise hídrica de 2014-2015 em São Paulo. *Revista USP*, (106), 31-44.

MARTINS, I.; VILLELA, F. N. J. Análise de processos erosivos na bacia hidrográfica do Ribeirão São José, Campos Novos Paulista-SP. In: SINAGEO. GEOMORFOLOGIA: COMPARTIMENTAÇÃO DE PAISAGEM, PROCESSO E DINÂMICA, 11., 2016, Maringá. *Anais...*Maringá: 2016.

MARZEN, M.; ISERLOH, T.; LIMA, J. L.; FISTER, W.; RIES, J. B. Impact of severe rain storms on soil erosion: Experimental evaluation of wind-driven rain and its implications for natural hazard management. **Science of The Total Environment**, v.590-591, p.502-513, 2017. Disponível em:

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969717304461>>. Acesso em: 27 abr. 2017.

MÁS, B. A.; BARRELLA, W. Ocorrência de Macrófitas na Estação de Tratamento do Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE), Sorocaba-SP. **Revista Eletrônica de Biologia**, v.1, n.4, p.1-16, 2008. Disponível em: <<https://revistas.pucsp.br/index.php/reb/article/view/20/1122>>. Acesso em 24 abr. 2017.

MENESES, B. M. Avaliação da perda de solo por erosão hídrica no Concelho de Tarouca (Portugal) e sua influência na morfogênese atual. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.15, n.4, p.493-504, 2014. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Bruno_M_Meneses/publication/290600308_AVALIACAO_DA_PERDA_DE_SOLO_POR_EROSAO_HIDRICA_NO_CONCELHO_DE_TAROUCA_PORTUGAL_E_SUA_INFLUENCIA_NA_MORFOGENESE_ATUAL/links/570e275108aec783ddd1394a.pdf>. Acesso em: 04 mai. 2017.

MEZINE, W. A.; SOARES, M. A.; FAGGION, P. L.; VEIGA, L. A. K.; NADAL, C. A. Avaliação de métodos de redução de sondagens batimétricas ao nível d'água instantâneo para monitoramento de assoreamento: estudo de caso do reservatório da usina hidrelétrica Mauá. **Bol. Ciênc.Geod.**, v.22, n.4, 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1982-21702016000400736&script=sci_arttext&tlng=pt>. Acesso em: 12 mai. 2017.

MIQUELONI, D. P.; BEUNO, C. R. P.; FERRAUDO, A. S. Análise espacial dos fatores da equação universal de perda de solo em área de nascentes. **Pesq. agropec. bras.**, v.47, n.9, p.1358-1367, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v47n9/21.pdf>>. Acesso em: 03 mai. 2017.

NASCIMENTO, T. V. de; FERNANDES, L. L. Mapeamento de uso e ocupação do solo em uma pequena bacia hidrográfica da Amazônia. **Ciência e Natura**, v.39, n.1, p. 170– 178, 2017.

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

196, 1992. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/brag/v51n2/09.pdf>>. Acesso em: 03 mai. 2017.

NISHIMURA, P. Y.; MOSCHINI-CARLOS, V.; POMPÊO, M. A comunidade fitoplanctônica como discriminador da qualidade da água. **In: Ecologia de reservatórios e interfaces**. São Paulo: Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, 2015. Capítulo 3, p.49-58. Disponível em: <http://ecologia.ib.usp.br/reservatorios/PDF/Cap._3_Comunidade_fitoplanctonica.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2017.

NISHIMURA, P. Y.; MOSCHINI-CARLOS, V.; POMPÊO, M. Invasive dinoflagellate *Ceratium furcoides* (Levander) Laghans in two linked tropical reservoirs. **In: Ecologia de reservatórios e interfaces**. São Paulo: Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, 2015. Capítulo 10, p.132-142. Disponível em: <http://ecologia.ib.usp.br/reservatorios/PDF/Cap._10_Ceratium.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2017.

NOVA, F. V. P. V.; TORRES, M. F. A.; COELHO, M. P. Uso e ocupação da terra e indicadores ambientais de impactos negativos: baixo curso do Rio São Francisco, Estado de Alagoas, **Brasil. Bol. geogr.**, v. 33, n. 1, p. 1-14, 2015.

O'CALLAGHAN, J. F.; MARK, D. M. The extraction of drainage networks from elevation data. *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, ScienceDirect, Elsevier B. V, Amsterdam, v. 28, p. 323-344, 1984.

PAIM, J. B. Aplicação da equação universal de perdas do solo para a bacia hidrográfica do Rio Piçarras utilizando técnicas de geoprocessamento. 2015.

PRASANNAKUMAR, V.; VIJITH, H.; ABINOD, S.; GEETHA, N. Estimation of soil erosion risk within a small mountainous sub-watershed in Kerala, India, using Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) and geo-information technology. **Geoscience Frontiers**, v.3, n.2, p.209-215, 2012. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1674987111001034>>. Acesso em: 04 mai. 2017.

RENARD, K.G.; FREIMUND, J.R. Using monthly precipitation data to estimate the

Rfactor in the revised USLE. *Journal of Hydrology* 157: 287–306. 1994.

Recursos hídricos no Brasil: problemas, desafios e estratégias para o futuro / José Galizia Tundisi (coordenador). – Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2014.

RIBEIRO, C. J.; TOCANTINS, N.; FIGUEIREDO, M. Diagnóstico dos processos erosivos na sub-bacia do córrego Guanabara, município de reserva do Cabaçal, Pantanal, MT. **Revista GeoPantanal**, v.8, n.14, p.152-169, 2013.

RIBEIRO, C. R. **Avaliação da sustentabilidade hídrica do município de Juiz de Fora/MG: Um subsídio à gestão sustentável dos recursos hídricos em âmbito municipal**. Juiz de Fora, 2009. Monografia (Especialização em Análise Ambiental). Universidade Federal de Juiz de Fora. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/analiseambiental/files/2009/11/Christian-Ricardo-Ribeiro.pdf>>. Acesso em: 25 abr. 2017.

ROQUE, C. G., CARVALHO, M. P., & PRADO, R. M. (2001). Fator erosividade da chuva de Piraju (SP): distribuição, probabilidade de ocorrência, período de retorno e correlação com o coeficiente de chuva. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 25(1).

SANTOS, E. S. dos; CUNHA, A. C. da. Análise de cenários hidrossedimentométricos para estimar taxas de assoreamento e vida útil do reservatório da UHE Cachoeira Caldeirão no Rio Araguari/AP-Brasil. **Biota Brasileira**, v. 5, n. 3, p. 88-97, 2015. Disponível em: <<https://periodicos.unifap.br/index.php/biota/article/view/1723/v5n3p88-97.pdf>>. Acesso em: 12 mai. 2017.

SANTOS, L. P. dos; AQUINO MARTINS, P. T. Mudanças temporais no uso e cobertura do solo na bacia do reservatório de Peixe Angical, Tocantins. **Ciência e Natura**, v.38, n.1, p.137-145, 2016. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Patrick_Thomaz_De_Aquino_Martins/publication/301247428_MUDANCAS_TEMPORAIS_NO_USO_E_COBERTURA_DO_SO

LO_NA_BACIA_DO_RESERVATORIO_DE_PEIXE_ANGICAL_TOCANTINS/links/575ab7ca08ae414b8e466b39.pdf>. Acesso em: 30 mai. 2017.

SANTOS, R. G. dos. **Impactos socioambientais à margem do rio São Francisco: Relação homem x natureza**. São Paulo: Biblioteca 24 horas, 2010.

SANTOS, Robson Batista dos. Impactos das mudanças climáticas e do uso da terra nas perdas de solo da bacia hidrográfica do rio Piauitinga-SE. 2016. 60 f. Dissertação (Pós-Graduação em Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2016.

São Paulo (Estado). Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT). *Plano de bacia da unidade de gerenciamento de recursos hídricos do Sorocaba e Médio Tietê (UGRHI 10) - Revisão para atendimento da deliberação CRH 62 – Relatório final*. São Paulo, 2008. 352 p. Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents/7099/smt_rpb.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2017

São Paulo (Estado). Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos. Coordenadoria de Recursos Hídricos. Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH): 2012/2015. São Paulo: SSRH/CRHi, 2013. 210 p. Disponível em: <[http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/ckfinder/files/PERH_Voll_Abr2013\(1\).pdf](http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/ckfinder/files/PERH_Voll_Abr2013(1).pdf)>. Acesso em: 24 abr. 2017.

SENANTE, M. M.; GARRIDO, R. S. How much should customers be compensated for interruptions in the drinking water supply?. **Science of Total Environment**, v.586, p.642-649, 2017. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969717302760>>. Acesso em: 12 mai. 2017.

SERIO, Juliana et al. Aplicação da USLE e SIG na caracterização de três micro bacias hidrográficas no Brasil. **Revista Acadêmica: Ciência Animal**, v. 6, n. 2, 2017.

Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE). Água. Disponível em: <http://www.saaesorocaba.com.br/site/?page_id=178>. Acesso em: 24 abr. 2017.

Shimabukuro, Y. E., Eiji Maeda, E., & Formaggio, A. R. (2009). Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas aplicados ao estudo dos recursos agrônômicos e florestais. **Revista Ceres**, 56(4).

SILVA MATOS, T. V. **Determinação de áreas de vulnerabilidade à erosão hídrica com base na equação universal de perda de solo (USLE)**. Belo Horizonte, 2015. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Universidade Federal de Minas Gerais. Disponível em: <<http://www.smarh.eng.ufmg.br/defesas/1156M.PDF>>. Acesso em: 03 mai. 2017.

SILVA, F. das G. B. da; MINOTTI, R. T.; NETO, F. L.; PRIMAVESI, O.; CRESTANA, S. Previsão da perda de solo na Fazenda Canchim – SP (EMBRAPA) utilizando geoprocessamento e o USLE 2D. **Eng. Sanit. Ambient.**, v.15, n.2, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522010000200006>. Acesso em: 03 mai. 2017.

SOARES, R. B.; SILVA SOARES, C. B. S. da; COSTA, J. A. L. da; SANTOS COSTA, S. dos.; SOARES, R. B. Aplicação de técnica de fusão em imagens Landsat 8/OLI. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO – SBSR, 17., 2015. *Anais...João Pessoa*: 2015, p. 4836-4843. Disponível em: <<http://marte2.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/marte2/2015/06.15.15.46.48/doc/p0944.pdf>>. Acesso em: 09 mai. 2017.

SOUZA SILVA, A. P. de; DIAS, H. C. T.; BASTOS, R. K. X.; SILVA, E. Qualidade da água do Reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti, Minas Gerais. **Rev. Árvore**, v.33, n.6, 2009. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622009000600009>. Acesso em; 26 abr. 2017.

Stein, D.P.; Donzelli, P.; Gimenez, A.F.; Ponçano, W.L. & Lombardi Neto, F. 1987. Potencial de erosão laminar natural e antrópica na bacia do Peixe-Paranapanema. In: **SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO**, 4, Marília, 1987. Anais, Marília, p. 105-135.

TARCITANI, F. C.; BARRELLA, W. Conhecimento Etnoictológico dos Pescadores Desportivos do Trecho Superior da Bacia do Rio Sorocaba. **Revista Eletrônica de Biologia**, v.2, n.2, p.1-28, 2009. Disponível em: <<https://revistas.pucsp.br/index.php/reb/article/viewFile/24/1753>>. Acesso em: 24 abr. 2017.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. **Limnologia**. São Paulo: Oficina das Letras, 2008. VERAS, C. A. G. Sensoriamento remoto no Brasil. **Revista MundoGEO**, n.71, p. 64-65. Disponível em: <<http://mundogeo.com/mundogeo71.php>>. Acesso em: 08 mai. 2017.

WEI, S.; ZHANG, X.; MCLAUGHLING, N. B.; CHEN, X.; JIA, S.; LIANG, A. Impact of soil water erosion processes on catchment export of soil aggregates and associated SOC. **Geoderma**, v.294, p.63-69, 2017. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016706117301106>>. Acesso em: 27 abr. 2017.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. U. S. Department of Agriculture, **Agriculture Handbook** n. 537. 1978. 67p. Disponível em: <<https://naldc.nal.usda.gov/download/CAT79706928/PDF>>. Acesso em: 02 mai. 2017.

ZAJAC, Z.; REVILLA-ROMERO, B.; SALAMON, P.; BUREK, P.; HIRPA, F. A.; BECK, H. The impact of lake and reservoir parameterization on global streamflow simulation. **Journal of Hydrology**, v.548, p.552–568, 2017. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169417301671>>. Acesso em: 19 abr. 2017.

ZANETTI, N.; GALEMBECK, O.; RODRIGUES, V. R. Utilização de SIG para gerenciamento de recursos hídricos subterrâneos: uma aplicação no município de Sorocaba-SP. In: EXPERIÊNCIAS EM GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS POR BACIA HIDROGRÁFICA, 2., 2010, Atibaia. *Anais...Atibaia*: 2010, p. 1-13.

WISCHMEIER, WALTER H., AND DWIGHT DAVID SMITH. "Predicting rainfall

erosion losses-a guide to conservation planning." Predicting rainfall erosion losses-a guide to conservation planning. (1978).

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, 30(5), 1387-1396. (1987).

DESMET, P. J. J.; GOVERS, G. A GIS procedure for automatically calculating the USLE LS factor on topographically complex landscape units. Journal of Soil and Water Conservation, v. 51, n. 5, p.427-433, 1996.

FOSTER, G. R., & WISCHMEIER, W. Evaluating irregular slopes for soil loss prediction. Transactions of the ASAE, 17(2), 305-309. (1974).

CARVALHO, N.O. Hidrossedimentologia Prática. Rio de Janeiro: CPRM – Companhia de Pesquisa em Recursos Minerais, 600 p. 2008.