

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

IGOR MARTINS

Análise de processos erosivos na Bacia Hidrográfica do Ribeirão São José, Campos Novos
Paulista-SP

Trabalho de Graduação Individual

São Paulo

Dezembro de 2017

IGOR MARTINS

Análise de processos erosivos na Bacia Hidrográfica do Ribeirão São José, Campos Novos
Paulista-SP

Trabalho de Graduação Individual (TGI)
apresentado ao Departamento de Geografia da
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas,
da Universidade de São Paulo, como parte dos
requisitos para obtenção do título de Bacharel em
Geografia.

Área de Concentração: Geografia/ Geomorfologia

Orientador: Prof. Dr. Fernando Nadal Junqueira
Villela

São Paulo

Dezembro de 2017

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo na Publicação

Serviço de Biblioteca e Documentação
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo

M386a Martins, Igor

Análise dos processos erosivos no Ribeirão São José, Campos Novos Paulista-SP / Igor Martins ; orientador Fernando Nadal Junqueira Villela. - São Paulo, 2017.
40 f.

TGI (Trabalho de Graduação Individual)- Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. Departamento de Geografia. Área de concentração: Geografia Física.

1. Erosão. 2. EUPS. 3. Oeste Paulista. I. Villela, Fernando Nadal Junqueira, orient. II. Título.

MARTINS, Igor. **Análise dos processos erosivos na Bacia Hidrográfica do Ribeirão São José, Campos Novos Paulista-SP.** Trabalho de Graduação Individual apresentado ao Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Aprovado em:

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof^o Dr Fernando Nadal Junqueira Villela

Prof. (a): _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. (a): _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. (a): _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

AGRADECIMENTOS

À Deus pela ajuda a entrar na Universidade e apoio para estudar durante todo o tempo.

À Prof^o Dr^o Fernando Nadal Junqueira Villela, que nos anos de convivência, muito me ensinou, contribuindo para meu crescimento científico e intelectual.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de iniciação científica que fomentou este trabalho.

À Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, pela oportunidade de realização do curso.

RESUMO

A presente pesquisa objetiva calcular as perdas de solo na bacia hidrográfica do Ribeirão São José (BHRSJ), localizada no Oeste Paulista, por meio da Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS). A região na qual se insere a área de estudo é marcada por intensos processos erosivos e degradação da biodiversidade, em contraste com a existência de importantes fragmentos de Cerrado indicados à conservação pelo programa BIOTA/FAPESP de acordo com Fiori & Fioravanti (2001). Para verificar como as perdas de solo refletem estes processos, fez-se uso do estudo do meio físico, abordando-se fatores geológicos, geomorfológicos, climatológicos, pedológicos e de uso da terra no cálculo dos volumes de perda de solo. Os maiores valores da EUPS ocorreram nas parcelas localizadas em nascentes dos principais cursos d'água da BHRSJ, mais íngremes, e os menores nas áreas de vegetação nativa e culturas de plantio em contorno ao relevo, localizados mais a jusante. De acordo com os limites de tolerância de perda de solo pelos parâmetros de Bertoni & Lombardi Neto (1990), a BHRSJ possui índices acima dos indicados nas áreas de maiores declividades, com pastagens sobre Argissolos Vermelho Amarelos; os menores índices ocorreram nas áreas de Cerrado preservado.

Palavras-chave: EUPS, Processos Erosivos, Oeste Paulista.

ABSTRACT

The present research aims to calculate the loss of soil in the hydrographic basin of Ribeirão São José (BHRSJ), located in the west of São Paulo, through the Universal Soil Loss Equation (USLE). The study area region is marked by intense erosion and degradation of biodiversity, in contrast to the presence of important Cerrado fragments indicated for conservation by BIOTA / FAPESP program according to Fiori & Fioravanti (2001). To see how soil losses reflect these processes, it was studied the physical environment, considering geological, geomorphological, climatological, soil and land use factors in the calculation of soil loss volumes. USLE highest values occurred in the plots located around spring areas in the main and steeper watersheds of the BHRSJ, while the smaller values occurred in the native vegetation plots and contour planting crops located further downstream. According to the tolerance limits of soil loss by the parameters presented in Bertoni & Lombardi Neto (1990), the BHRSJ has indices above the indicated ones in the areas of steepest slopes, with pastures at Red Yellow Ultisols. On the other hand, the lowest rates occurred in the preserved fragments of Cerrados.

Keywords: USLE, Erosion Processes, Oeste Paulista.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de localização e municípios da bacia hidrográfica do Ribeirão São José.....	7
Figura 2. Mapa geológico da bacia hidrográfica do Ribeirão São José.	8
Figura 3:Mapa geomorfológico da bacia hidrográfica do Ribeirão São José. Fonte: Ross & Moroz (1997).....	10
Figura 4: Mapa geomorfológico da bacia hidrográfica do Ribeirão São José. Fonte: Ponçano et al. (1981).....	11
Figura 5: Mapa pedológico da bacia hidrográfica do Ribeirão São José.	14
Figura 6: Imagem de satélite da BHRSJ. Fonte: Google Earth Pro.	16
Figura 7: Mapa de uso da terra da bacia hidrográfica do Ribeirão São José.....	18
Figura 8: Gráfico de precipitação média para o período de janeiro de 1972 a dezembro de 2014 para o posto pluviométrico D6-094. (Fonte: DAEE, 2016).	20
Figura 9: Localização do posto pluviométrico do DAEE D6-094 em Ocaçu-SP. Fonte:IBGE (1974); DAEE (2016).....	19
Figura 10: Mapa de comprimento de rampa e parcelas da BHRSJ.	23
Figura 11: Mapa de declividades na BHRSJ.	25
Figura 11: Mapa do resultado de LS das parcelas na BHRSJ.	28
Figura 12: Mapa da estimativa de perda de solo na BHRSJ.	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Usos da terra na bacia hidrográfica do Ribeirão São José entre 2002 e 2014.	17
Fonte: Google Earth Pro.	17
Tabela 2: Média mensal de precipitação para o posto pluviométrico D6-094 localizada em Ocaçu-SP.....	20
Tabela 3: Cálculo do fator R. Fonte: DAEE (2016) e Bertoni & Lombardi Neto (1990).	21
Tabela 4: Valores do fator K para áreas da bacia hidrográfica. Fonte: Bertoni & Lombardi Neto (1990).....	22
Tabela 5: Exemplo de cálculo de declividade para a parcela 22.	24
Tabela 6: Cálculo do fator LS para cada parcela da BHRSJ.	26
Tabela 7: Valores de P. Fonte: Bertoni & Lombardi Neto (1990)	29
Tabela 8: Valor dos fatores C e P. Fonte: Cunha (1997).....	29
Tabela 9: Resultados da EUPS na BHRSJ.....	30
Tabela 10: Linhas de tolerância de perdas de solo por erosão em solos paulistas.	32
Fonte: Bertoni & Lombardi Neto (1990).....	32

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. ESTADO DA ARTE DA EUPS	1
3. OBJETIVOS	2
4. METODOLOGIA.....	3
5. RESULTADOS.....	5
5.1. ÁREA DE ESTUDO	6
5.1.1. GEOLOGIA	7
5.1.2. GEOMORFOLOGIA	8
5.1.3. HIDROGRAFIA	11
5.1.4. PEDOLOGIA	13
5.1.5. CLIMA	14
5.1.6. USO DA TERRA	15
5.2. EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDA DE SOLOS (EUPS)	18
5.2.1. FATOR R	18
5.2.2. FATOR K	21
5.2.3. FATORES L E S.....	22
5.2.4. FATORES C E P	28
6. RESULTADOS DA EUPS	30
7. ANÁLISES	33
8. REFERÊNCIAS	36

1. INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica do Ribeirão São José (BHRSJ) abriga fragmentos consideráveis de Cerrado, que foram considerados prioritários à conservação da biodiversidade no estado de São Paulo pelo programa de pesquisa do BIOTA/FAPESP (FIORI & FIORAVANTI, 2001). Entretanto, a região está situada no Oeste Paulista, marcada pelo alto grau de degradação da biodiversidade pelo avanço de atividades antrópicas como agricultura, pecuária e urbanização. Consequentemente, a mesma torna-se mais vulnerável aos processos erosivos combinados às formas do relevo, declividades, solos, ação das chuvas, cobertura vegetal, etc.

Kertzman *et al.* (1995) apontam que o desmatamento, o cultivo das terras e a urbanização de modo inadequado são fatores decisivos para originar e acelerar os processos erosivos sendo o estado de São Paulo este processo acelerado atinge cerca de 80% das áreas cultivadas, que possuem perdas de solo acima dos limites de tolerância.

A análise dos processos erosivos na bacia hidrográfica indica os graus de degradação deste ambiente, associados ao uso da terra e às suas potencialidades de utilização, causando perdas de solo e impactos na preservação da biodiversidade nas áreas de cerrado remanescentes na área de estudo. A utilização da Equação Universal de Perda de Solos (EUPS) de Wischmeier & Smith (1978) visa estimar tais perdas em decorrência de diferentes situações erosivas, e pode ser aplicada na bacia em questão ao se levantar os fatores que a compõe visando calculá-la. Com o valor obtido é possível verificar se as perdas de solo estão dentro de limites tolerados para o estado de São Paulo estabelecidos por Bertoni & Lombardi Neto (1990).

2. ESTADO DA ARTE DA EUPS

Um dos primeiros trabalhos sobre a EUPS no Brasil foi publicado nos boletins de pesquisa da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) por Ramos & Marinho (1980) no sertão nordestino, especificamente em áreas desmatadas da Caatinga no estado do Ceará, e utilizou a metodologia desenvolvida por Wischmeier publicadas em 1959 e 1960, porém sem a utilização de mapas temáticos e dados obtidos por SIGs e baseado em tabelas e estudos experimentais. A grande maioria dos trabalhos que foram baseados na EUPS são publicadas a partir do ano 2000, a maioria em áreas do interior dos estados de São Paulo e Paraná. Atualmente podem ser encontrados cerca de 1350 trabalhos que são baseados na EUPS no Google Scholar aplicados em diversas áreas do Brasil.

Os trabalhos mais atuais baseados na EUPS estão delimitados em bacias hidrográficas por ser uma unidade espacial importante para compreender os processos erosivos causados pela ação das águas superficiais e ação da precipitação em diversos pontos das vertentes. Trabalhos mais recentes de aplicação da EUPS foram capazes de estimar as perdas de solo com a utilização de Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Por exemplo, o trabalho de Vitte & Vilela Filho (2006) utilizou a metodologia em diversos setores na bacia hidrográfica do Ribeirão Espírito Santo, em Valinhos-SP, enquanto que a pesquisa desenvolvida por Souza (2012) foi capaz de relacionar as perdas de solo com a intensidade dos fatores da equação e mapeamento, estimando perdas de solo na bacia hidrográfica do córrego Pinhalzinho Segundo, no noroeste do Paraná.

As contribuições de Bertoni & Lombardi (1990) Neto são utilizadas em muitos trabalhos da EUPS por adaptarem os valores dos fatores da equação a realidade do meio físico das áreas de estudo do Brasil, como os solos, uso da terra, práticas conservacionistas, limites de tolerância de perdas de solo para cada tipo de solo, etc. A aplicação da EUPS facilita o planejamento conservacionista e pode ser feito inteiramente como trabalho de gabinete, mas alguns trabalhos como de Farinasso (2006) fizeram correlação entre o resultado da EUPS com trabalho de campo para certificar as previsões de perdas de solo na área de estudo e obtiveram boa relação entre as estimativas da equação com o potencial erosivo de pontos observados na área.

A tendência dos atuais trabalhos que utilizam a EUPS publicados em revistas da área de Geografia Física é representar os dados e resultados através de SIGs e utilizar a metodologia de cálculo dos fatores da equação e o parâmetro para os limites tolerados de erosão para os solos brasileiros elaborado por Bertoni & Lombardi Neto (1990).

3. OBJETIVOS

O objetivo central desta pesquisa foi analisar os processos erosivos na bacia hidrográfica do Ribeirão São José por meio da Equação Universal de Perda de Solos (EUPS), compreendendo os processos erosivos no domínio da bacia hidrográfica do Ribeirão São José à luz de suas associações com as características do modelado do relevo, uso e manejo do solo e clima.

Para alcançar o objetivo central desta pesquisa, os objetivos específicos foram traçados:

- Elaborar mapas temáticos obtidos a partir do Sistema de Informações Geográficas (SIGs) e Google Earth Pro;
- Quantificar as perdas de solo para diversas parcelas da BHRSJ;
- Avaliar os processos erosivos nas áreas prioritárias a conservação do programa BIOTA/FAPESP.

4. METODOLOGIA

A erosão pode ser entendida como o processo de desprendimento e transporte de partículas causadas pela água e pelo vento. A água é o agente mais importante da erosão, pois através de cursos d'água são levadas a maior parte das partículas de solo (Bertoni & Lombardi Neto, 1990). Neste aspecto, podemos entender como os processos erosivos podem ser estudados a partir de uma unidade espacial elementar como uma bacia hidrográfica, no sentido de estimar as perdas de solo causadas pela ação de cursos d'água e escoamento das águas pluviais.

A EUPS foi desenvolvida para prever as perdas de solo em trabalho de gabinete, conforme Wischmeier & Smith (1978) a taxa de erosão resultante desta equação é determinada pela maneira particular em que estão relacionadas as variáveis físicas e de gestão de determinada área. A equação foi desenvolvida nos Estados Unidos a partir da década de 1940, sendo utilizada em diversos países e tem sido eficaz para o planejamento conservacionista.

A EUPS neste trabalho segue Wischmeier & Smith (1978) como referência original, mas utiliza Bertoni & Lombardi Neto (1990) para aplicação da EUPS no estado de São Paulo.

A EUPS é composta pela seguinte fórmula (**Equação 1**):

$$A = R K L S C P \quad (\text{Equação 1})$$

Sendo:

A = perda de solo dentro de uma unidade de área;

R = fator precipitação relacionado à capacidade de erodir;

K = fator de erodibilidade do solo;

L = fator comprimento de rampa;

S = fator do grau de declividade;

C = fator uso e manejo;

P = fator prática conservacionista.

A partir do entendimento dos fatores envolvidos na equação, foi iniciado o levantamento de dados fundamentais para desenvolvê-la e para entender a dinâmica do meio físico na bacia hidrográfica em estudo quanto à análise dos processos erosivos.

Para o fator R foram obtidos os dados pluviométricos da BHRSJ no banco de dados do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE,2016) no posto pluviométrico D6-094, localizado no município de Ocaçu-SP. Embora o posto localize-se externo à bacia, o município faz parte da área abrangida pela BHRSJ e possui, portanto, contexto geográfico similar, como será demonstrado adiante (item “Área de Estudo”).

Para a pluviometria, foram calculadas as médias históricas para cada mês do ano e relacionou-se a mesma com a erosividade da chuva em cada mês através da equação abaixo fornecidos por Bertoni & Lombardi Neto (1990) para a obtenção de EI:

$$EI = 67,355 (r^2/P)^{0,85} \quad \textbf{(Equação 2)}$$

Onde:

EI = média mensal do índice de erosão (em MJ.mm/ha.L);

r = precipitação média mensal (em mm);

P = precipitação média anual (em mm).

O fator K está relacionado ao comportamento do solo em relação aos processos erosivos. Cada tipo de solo possui uma particularidade em relação à sua resistência aos agentes que condicionam os processos erosivos na bacia e que estão contidos na equação. Para a obtenção destes dados adaptados às realidades dos solos da área de estudo, foi necessária a consulta e análise de testes feitos em determinados tipos de solo do estado de São Paulo em Bertoni & Lombardi Neto (1990) e a aproximação com as características dos solos da BHRSJ de acordo com o mapa pedológico do estado de São Paulo (Oliveira *et al.*, 1999). Este índice numérico é proporcional à resistência do solo aos processos erosivos.

Os *fatores L e S* são variáveis da equação que estão relacionadas ao considerar-se a influência do relevo nos processos erosivos. Através da análise de cartas topográficas digitalizadas foi feito o mapeamento do comprimento de rampa (*fator L*) e elaboração de mapa de declividades para obtenção dos dados de declividade (*fator S*), sobrepostos nas vertentes das sub-bacias da área de estudo. A partir deste procedimento, foram extraídas as

médias por meio da equação formulada por Bertoni e Lombardi Neto (1990) para adequar os cálculos dentro dos perfis para o estado de São Paulo (**Equação 3**).

$$LS=0,00984 C^{0,63} D^{1,18} \quad \textbf{(Equação 3)}$$

Onde:

LS = Fator topográfico

C = Comprimento da rampa em metros

D = grau de declive em porcentagem

O *fator C* leva em conta o tipo de cultura predominante em determinada área e manejo do solo em razão do plantio, tempo de desenvolvimento, cobertura oferecida ao solo, colheita e resíduos da planta. O *fator P* estabelece o valor numérico proporcional à ação dos processos erosivos, verificando a influência da vertente (conexão do topo ao fundo de vale de um interflúvio ou morro) no modo de plantio, considerando se este acompanha o sentido das curvas de nível morro abaixo, além da presença/ausência de vegetação permanente e/ou campinas. A obtenção de valores de C e P pode ser feita em conjunto, em razão da relação entre manejo e prática conservacionista (CUNHA, 1997). Combinando-se os *fatores C* e *P* é possível obter um valor numérico que é correlacionado à ação dos processos erosivos e ao resultado final da equação. Para identificar o valor dos fatores C e P juntos, foi realizado mapa de uso da terra a partir da orientação de Sokolonski (1999) utilizando as imagens de satélite obtidas a partir do Google Earth para o período de 2002 a 2014. Para cada tipo de uso e manejo do solo há um valor específico, apresentado em Cunha (1997) e Vitte & Vilela Filho (2006) e tomado como base na presente pesquisa.

Para a aplicação da EUPS foi feita a multiplicação dos valores numéricos dos fatores em diversos setores da bacia hidrográfica, e assim serão demonstradas as áreas de maior e menor estimativa de perdas de solo para o período considerado nesta equação.

5. RESULTADOS

Para subsidiar a obtenção dos valores dos fatores da EUPS foi necessária a realização de estudos ligados a Geografia Física, visando melhor compreensão dos fatores que desencadeiam a erosão, além de mapeamentos. As formas do relevo são o principal palco para o desenvolvimento dos processos erosivos, e a bacia hidrográfica trata da unidade elementar na análise desses processos, envolvendo também estudos da litologia, solos, clima e uso da

terra, pois todos são fatores importantes a serem considerados tanto na utilização da equação quanto no estudo da erosão em si. Dessa maneira, foi preciso caracterizar a bacia hidrográfica que configura a área de estudo nesta pesquisa antes de combinar os parâmetros da equação, a fim de identificar os resultados por meio dos fatores calculados.

5.1. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo da presente pesquisa trata da bacia hidrográfica do Ribeirão São José (**Figura 1**), abrangendo os municípios paulistas de Campos Novos Paulista, Echaporã, Marília e Ocaçu. De acordo com o Talamoni et al. (2003) a área da bacia está dentro da UGRHI 17 - Médio Paranapanema. A bacia hidrográfica possui cerca de 156,58 km² e perímetro de 65,5 km.

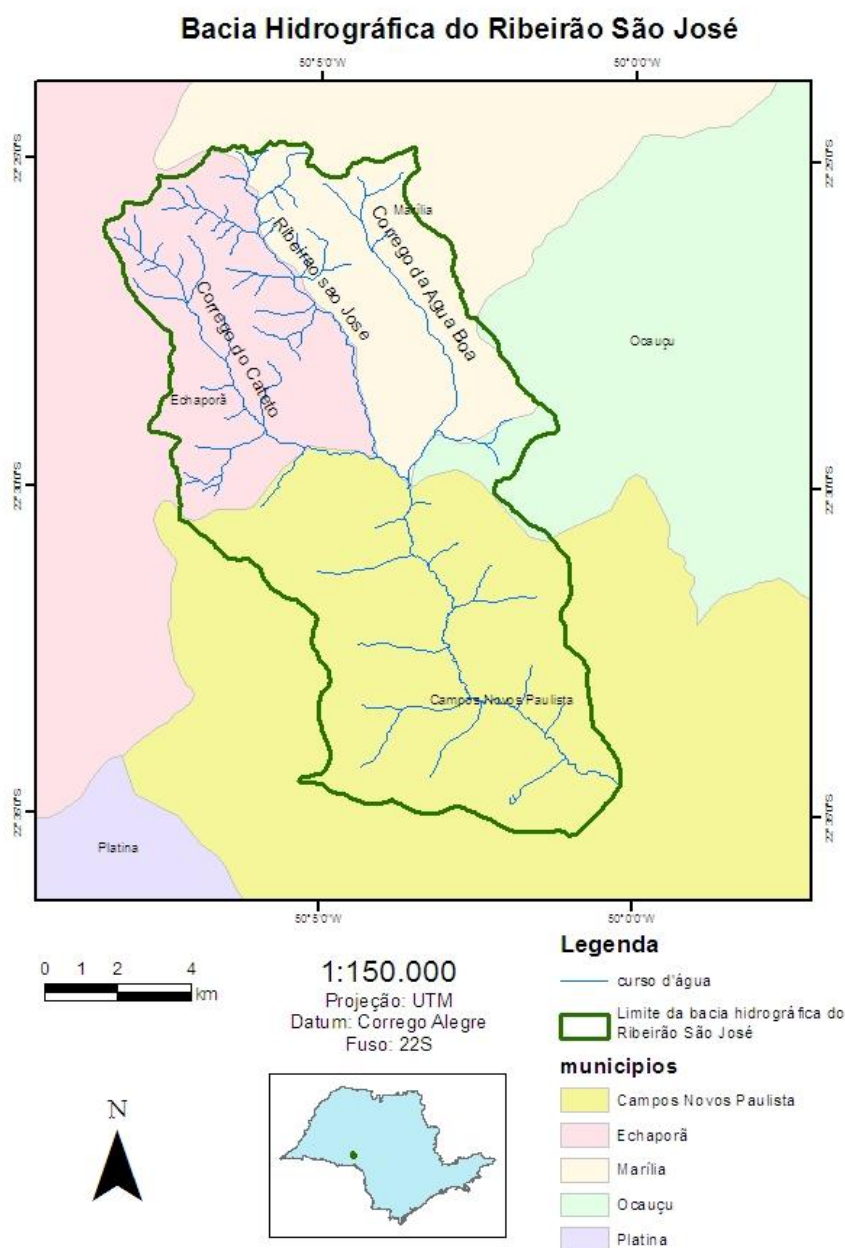


Figura 1: Mapa de localização e municípios da bacia hidrográfica do Ribeirão São José.

5.1.1. Geologia

De acordo com Perrota *et al.* (2005), a área de estudo está situada sobre rochas do Grupo Bauru (**Figura 2**); arenitos e argilitos arenosos da Formação Vale do Rio do Peixe são dominantes quanto à litologia existente na bacia hidrográfica. Nas cabeceiras de drenagem, principalmente no Ribeirão São José e no córrego do Cateto, há predominância de arenitos da Formação Marília, junto às áreas de maiores densidades de drenagem da bacia, na escarpa da Serra do Mirante. Ao longo de quase toda a planície fluvial há predominância da Formação Vale do Rio do Peixe: apenas os últimos dois quilômetros do Ribeirão São José à jusante são embasados pelos derrames basálticos da Bacia Sedimentar do Paraná (Formação Serra Geral).

Mapa geológico da bacia hidrográfica do Ribeirão São José

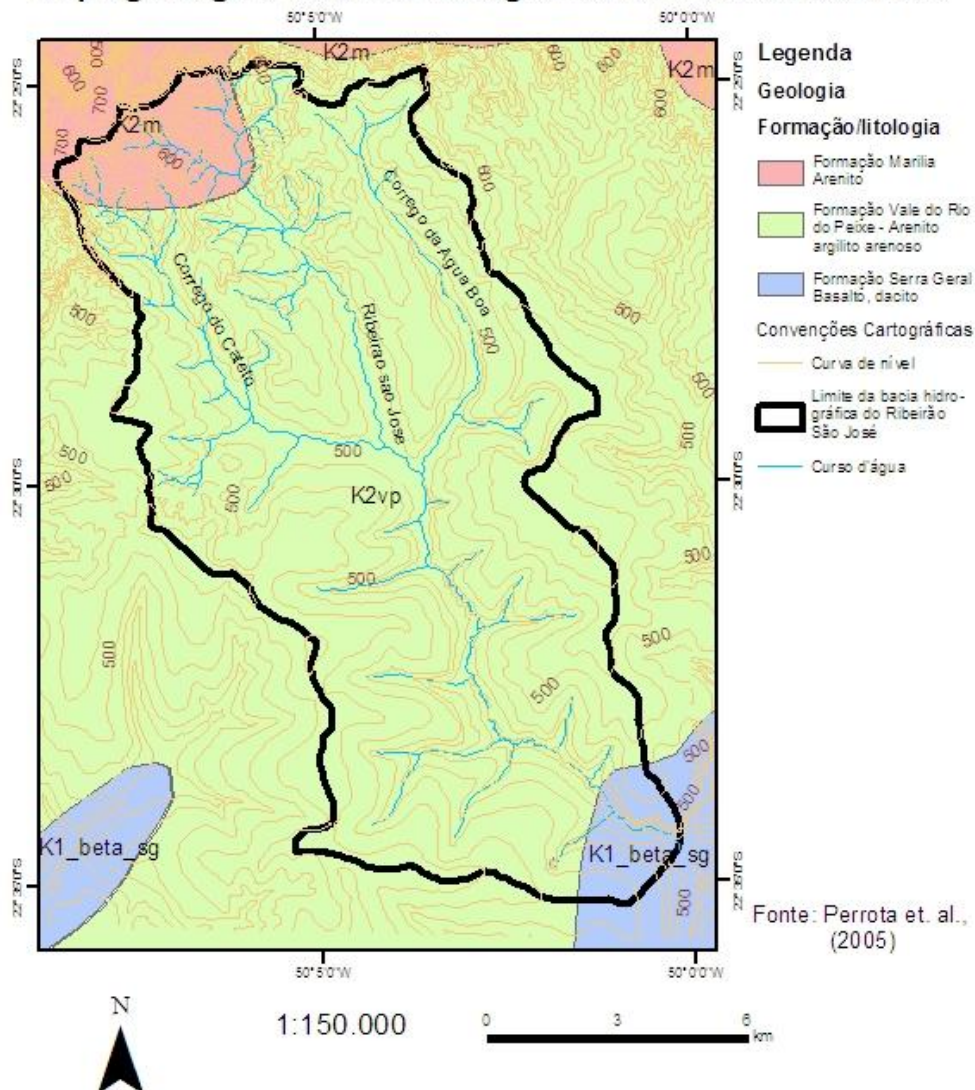


Figura 2. Mapa geológico da bacia hidrográfica do Ribeirão São José.

5.1.2. Geomorfologia

Segundo mapeamento geomorfológico de Ross & Moroz (1997), a bacia do Ribeirão São José está situada dentro de duas unidades morfoesculturais do Planalto Ocidental Paulista (**Figura 3**): na região das cabeceiras de drenagem, ao norte da bacia, encontram-se escarpas do Planalto Residual de Marília, e na parte posterior da bacia ocorrem colinas amplas e baixas do Planalto Centro-Ocidental. Em ambas as unidades morfoesculturais, separadas pela Serra do Mirante, predominam arenitos e lentes de siltitos e argilitos, em declividades de 10 a 20% (ROSS & MOROZ, 1997).

Para os autores supracitados, a região na qual se insere a bacia hidrográfica do Ribeirão São José apresenta níveis de fragilidade potencial aos processos erosivos muito baixos, uma vez que o modelado de relevo caracteriza-se por ser suave (pouco rugoso), com baixa densidade de drenagem e portanto baixo potencial erosivo. Porém, nas maiores altitudes da bacia e nos vales mais entalhados das cabeceiras de drenagem o nível de fragilidade é alto, caracterizado pela alta densidade de drenagem e pelo alto potencial de desenvolvimento de processos erosivos agressivos, inclusive com ocorrência de voçorocas (ROSS & MOROZ, 1997).

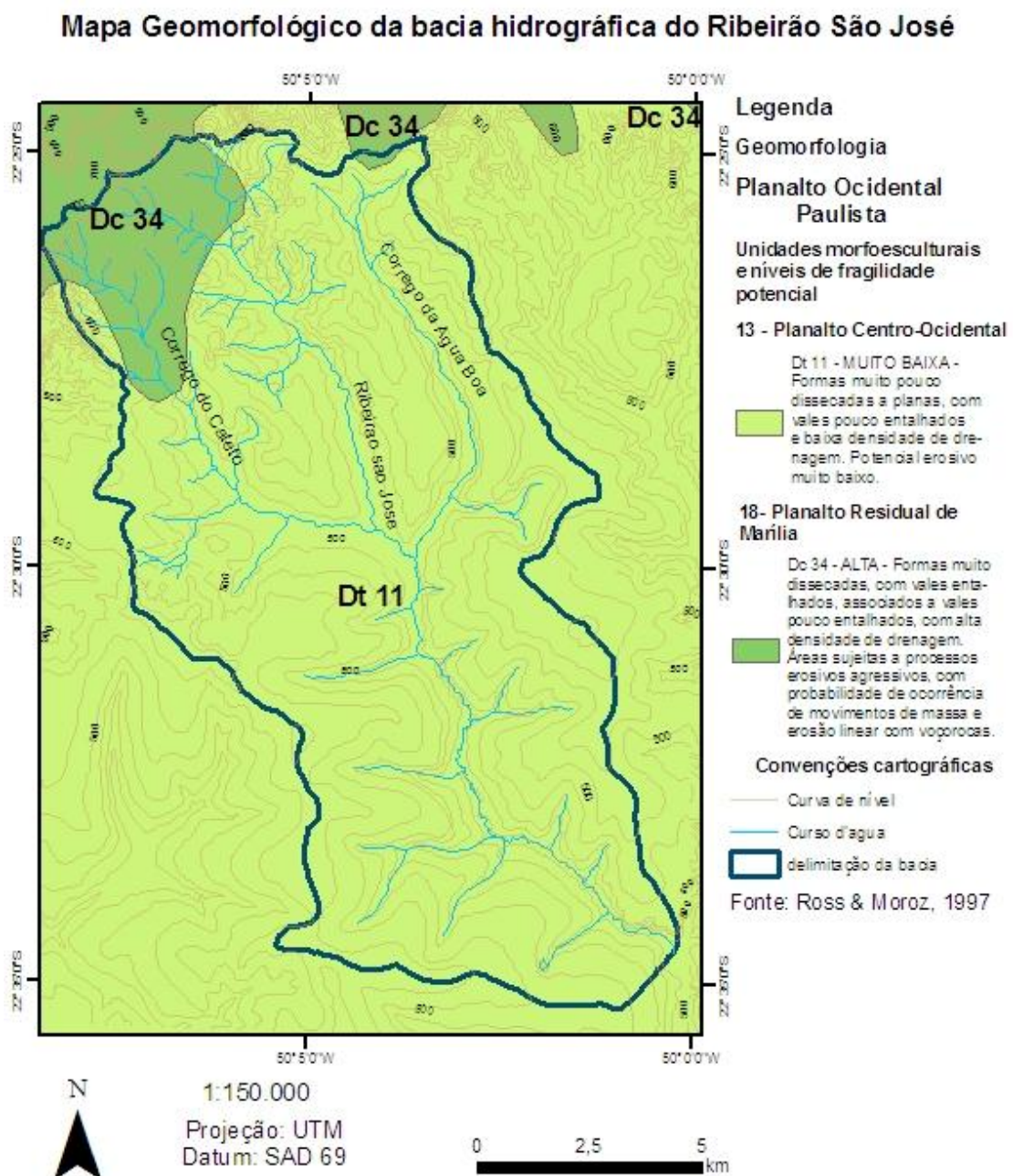


Figura 3: Mapa geomorfológico da bacia hidrográfica do Ribeirão São José.

Fonte: Ross & Moroz (1997).

Por sua vez, de acordo com o mapeamento geomorfológico do estado de São Paulo de Ponçano *et al.* (1981), a área de estudo situa-se principalmente sobre as colinas amplas da Bacia Sedimentar do Paraná, associadas aos arenitos da Formação Vale do Rio do Peixe, onde a área apresenta interflúvios com topos aplainados e extensos, com baixa densidade de drenagem (**Figura 4**). Nas cabeceiras de drenagem iniciadas na Serra do Mirante (ao norte da bacia hidrográfica) encontram-se formas de escarpas festonadas, associadas aos arenitos da Formação Marília. À jusante, em áreas menores da bacia hidrográfica, ocorrem colinas médias interligadas também à Serra do Mirante e aos arenitos da Formação Marília, caracterizadas por interflúvios de topos aplainados e vertentes convexas (PONÇANO *et al.*, 1981).

Mapa geomorfológico da Bacia hidrográfica do Ribeirão São José

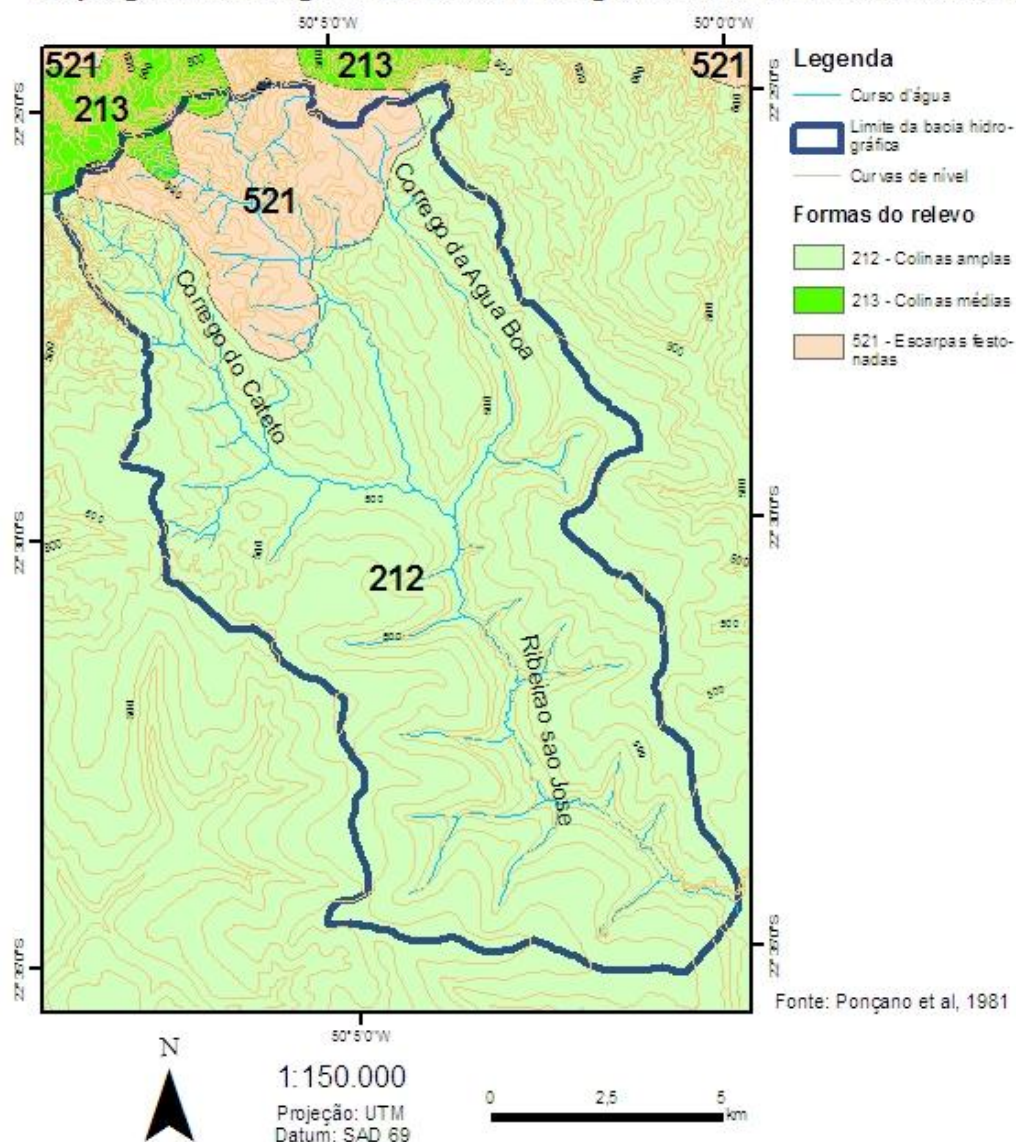


Figura 4: Mapa geomorfológico da bacia hidrográfica do Ribeirão São José.

Fonte: Ponçano *et al.* (1981).

5.1.3. Hidrografia

A maior concentração das nascentes da bacia hidrográfica do Ribeirão São José encontra-se na Serra do Mirante ao norte, que chega a alcançar 700 metros de altitude em alguns pontos da área de estudo, formando o principal divisor de águas da bacia. Os três principais cursos d'água (Ribeirão São José ou Fanchona, córrego do Cateto e córrego da Água Boa ou Mato Bom) se encontram na cota de 500 metros acima do nível do mar e

seguem pela planície fluvial até desaguar aos 465 metros de altitude no Rio Novo, que é uma das bacias hidrográficas tributárias do Rio Paranapanema.

A bacia hidrográfica do Ribeirão São José tem seus cursos d'água caracterizados por um sistema fluvial retilíneo, com orientação noroeste-sudeste desde a nascente até a foz. O curso principal da bacia é de 4ª ordem na hierarquia de drenagem e é tributário do Rio Novo. A densidade de drenagem calculada através da fórmula $Dd=Lt/A$ na sub-bacia de 3ª ordem do Córrego da Água Boa resultou em 0,712 km/km², enquanto que na sub-bacia do córrego do Cateto foi obtido o valor de 0,9089 km/km². O Ribeirão São José surge na junção dos córregos da Lagoa e do Meio nos 540 metros de altitude, ambos de 2ª ordem na hierarquia de drenagem, tornando-se um canal fluvial de 3ª ordem neste trecho de acordo com a carta de Echaporã (IBGE, 1975a). Os outros dois córregos principais (do Cateto e da Água Boa ou Mato Bom) nascem paralelos ao Ribeirão São José, na orientação noroeste-sudeste e em altitudes semelhantes. O Córrego do Cateto nasce a oeste do Ribeirão aos 660 metros de altitude, chegando até a 4ª ordem da hierarquia de drenagem, juntando-se ao Ribeirão São José aos 495 metros de altitude. O Córrego da Água Boa ou do Mato Bom surge aos 595 metros de altitude e torna-se de 3ª ordem antes de se juntar ao Ribeirão, nos 494 metros de altitude. O Ribeirão São José torna-se de 4ª ordem na junção com o Córrego do Cateto e permanece nesta hierarquia de drenagem até o exutório.

Na Serra do Mirante existem altas declividades associadas à sua escarpa, onde surgem os primeiros cursos d'água da bacia hidrográfica. As nascentes apresentam padrão de drenagem dendrítico e em poucos quilômetros os rios mudam de hierarquia, chegando à 3ª ordem nos cinco primeiros quilômetros dos principais córregos. Quando os desníveis e declividades diminuem e os canais fluviais atingem a 3ª ordem, os interflúvios são formados por morros com topos alongados e convexos com a variação máxima de 60 metros entre o topo e o fundo de vale.

Na planície fluvial o curso do Ribeirão São José recebe menos tributários em relação à montante e as declividades diminuem, sendo a drenagem retilínea no mesmo sentido de orientação dos interflúvios, que é de noroeste a sudeste. Uma característica marcante de diversos tributários da bacia são as drenagens retilizadas nos córregos do Catetinho, Água Boa, da Divisa, dos Cochos, do Bode e outros de hierarquia fluvial inferior, que podem ser explicadas pelo controle estrutural exercido pela litologia. Tanto o Ribeirão São José quanto o Córrego do Cateto, antes de chegarem à planície fluvial, recebem grande quantidade de tributários de 1ª e 2ª ordens, diferentemente do Córrego da Água Boa que permanece por

quilômetros sem receber afluentes perenes. Na planície fluvial a orientação dos afluentes muda, e no trecho mais retilíneo do curso principal os tributários da margem esquerda fluem de nordeste para sudoeste e os da margem direita escoam de sudoeste para nordeste.

5.1.4. *Pedologia*

De acordo com Oliveira *et al.* (1999), a bacia hidrográfica do Ribeirão São José apresenta três tipos de solos: Latossolos, Argissolos e Neossolos (**Figura 5**).

A cabeceira de drenagem do Ribeirão São José encontra-se sobre Neossolo Litólico Eutrófico, relacionado a relevos com forte dissecção, com textura média a argilosa e presença de afloramentos de rocha e áreas com Argissolos Vermelho-Amarelos.

A área da bacia que apresenta a maior densidade de drenagem (ao norte) encontra-se também sobre Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico, relacionado a relevo suave ondulado e ondulado com textura arenosa média.

Nos topos de interflúvios bem como nos limites da bacia (nos divisores topográficos a leste e oeste) predominam Latossolos Vermelhos Distróficos, que de acordo com Oliveira *et al.* (1999) estão relacionados a relevos planos, com textura média e associados a Argissolos Vermelho-Amarelos. A área dos vales menos entalhados da bacia, próximos à planície fluvial, caracterizam-se também por Argissolos Vermelho-Amarelos, relacionados à presença de relevo suave ondulado, de textura média, com intercalações de Argissolos Vermelhos e Latossolos Vermelhos.

Além disso, observando-se imagens de satélite obtidas no Google Earth Pro (2014), é possível identificar áreas com presença de Gleissolos de textura argilosa, associados à cor cinza-escura e vegetação de pequeno porte na planície fluvial, não identificados pelos autores anteriormente citados e por isso não delimitados. Os Gleissolos ocorrem no contato dos sopés dos interflúvios com o relevo mais plano se inicia na cota de 500 metros de altitude, a partir da junção dos três principais córregos da bacia do Ribeirão São José, e se mantém contínuos acompanhando a planície fluvial até o encontro com o Rio Novo.

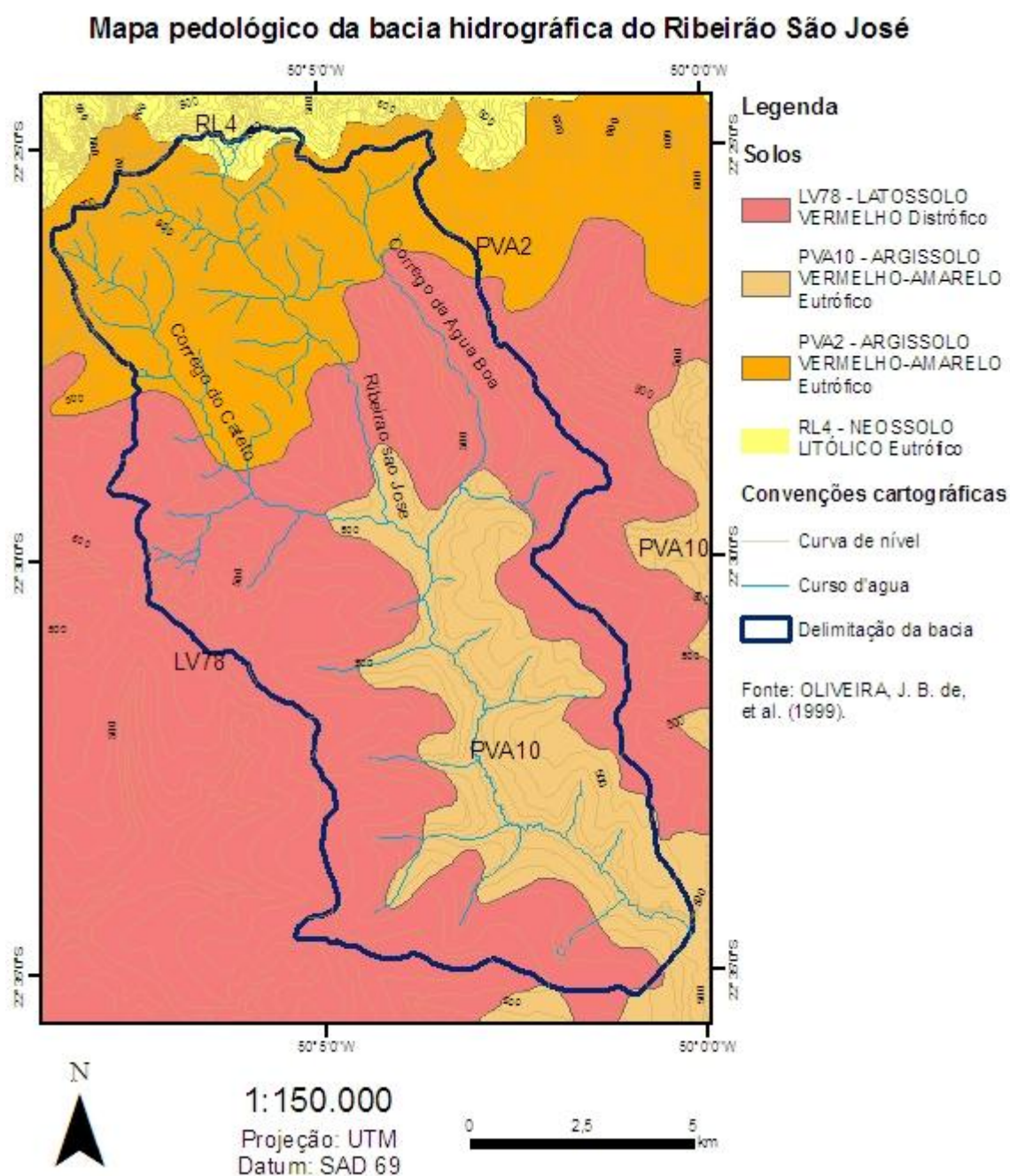


Figura 5: Mapa pedológico da bacia hidrográfica do Ribeirão São José.

5.1.5. Clima

De acordo com o banco de dados do Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura (CEPAGRI/UNICAMP), a área da BHRSJ está enquadrada no clima do tipo AW, caracterizado como tropical com estação seca no inverno. A temperatura média anual no município de Campos Novos Paulista (município que abrange a maior parte da BHRSJ) é de 22,2° C e a média da precipitação anual são de 1424,9 mm para o período de

junho de 1988 e outubro de 2008. O mês com maior temperatura é fevereiro com média de 25°C e o mais frio é julho com média de 18,5°C. A média pluviométrica do posto pluviométrico do DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica) em Ocaçu, na área da BHRSJ, registra a média de 1356,91 mm de precipitação no período entre janeiro de 1974 a dezembro de 2014.

5.1.6. Uso da Terra

A região da bacia do ribeirão São José é marcada pelo desenvolvimento de atividades antrópicas ligadas à agricultura e pecuária de acordo com dados obtidos a partir das cartas de Campos Novos Paulista e Echaporã do IBGE (1975) e do mapeamento de uso da terra, efetuado por meio das imagens de satélite do Google Earth Pro (**Figura 6**) datadas entre 2002 a 2014. A importância desta bacia hidrográfica decorre da presença de significativos fragmentos de cerrado, que segundo Fiori & Fioravanti (2001) tratam de uma das únicas áreas com fisionomia de cerrado no Oeste Paulista, grande região do estado marcada por intensas atividades agropastoris e consequente desmatamento da vegetação nativa. Pelas cartas do IBGE (1975a,1975b) é possível identificar que a região teve também em certo período de predominância do cultivo de café e algumas áreas de mata nativa nos topos de morros.

O mapa de uso da terra (**Figura 7**) foi elaborado a partir do conjunto de imagens de satélite do Google Earth Pro (**Figura 6**) para o período entre 2002 a 2014 (**Tabela 1**). Após o mapeamento de uso da terra na bacia foi possível verificar o cenário de uso a que os solos da área estão submetidos, sendo 77,54% da área sob o uso de atividades humanas e 22,46% recobertos por vegetação florestal em aparente estágio de recuperação.

No mapeamento de uso da terra foi levada em consideração a metodologia utilizada pelo IBGE, elaborada por Sokolonski (1999) quanto à consideração das categorias de separação de cada uso. A BHRSJ é dominada por áreas antrópicas agrícolas e áreas de vegetação natural. As áreas agrícolas foram classificadas em cultura permanente, com ciclo de duração de vários anos produzindo sem a necessidade de desmatamento e replantio (no caso o café presente no relevo escarpado à montante da BHRSJ); culturas temporárias, que tem ciclo de plantio, colheita e novo plantio em período inferior a um ano (na BHRSJ foram identificadas as culturas de grãos e cereais, como o milho); pastagem, como áreas de vegetação de porte baixo destinada a criação de animais; silvicultura, que são pequenas áreas à montante na BHRSJ com o cultivo de arbórea lenhosa, provavelmente eucalipto; e solo exposto como categoria que considera áreas com pouca ou sem vegetação sob o solo podendo

ser visualizada como áreas de coloração branca ou avermelhada. As áreas de vegetação natural são identificadas como cerrado preservado e indicado a conservação da biodiversidade no estado de São Paulo por Fiori & Fioravanti (2001).

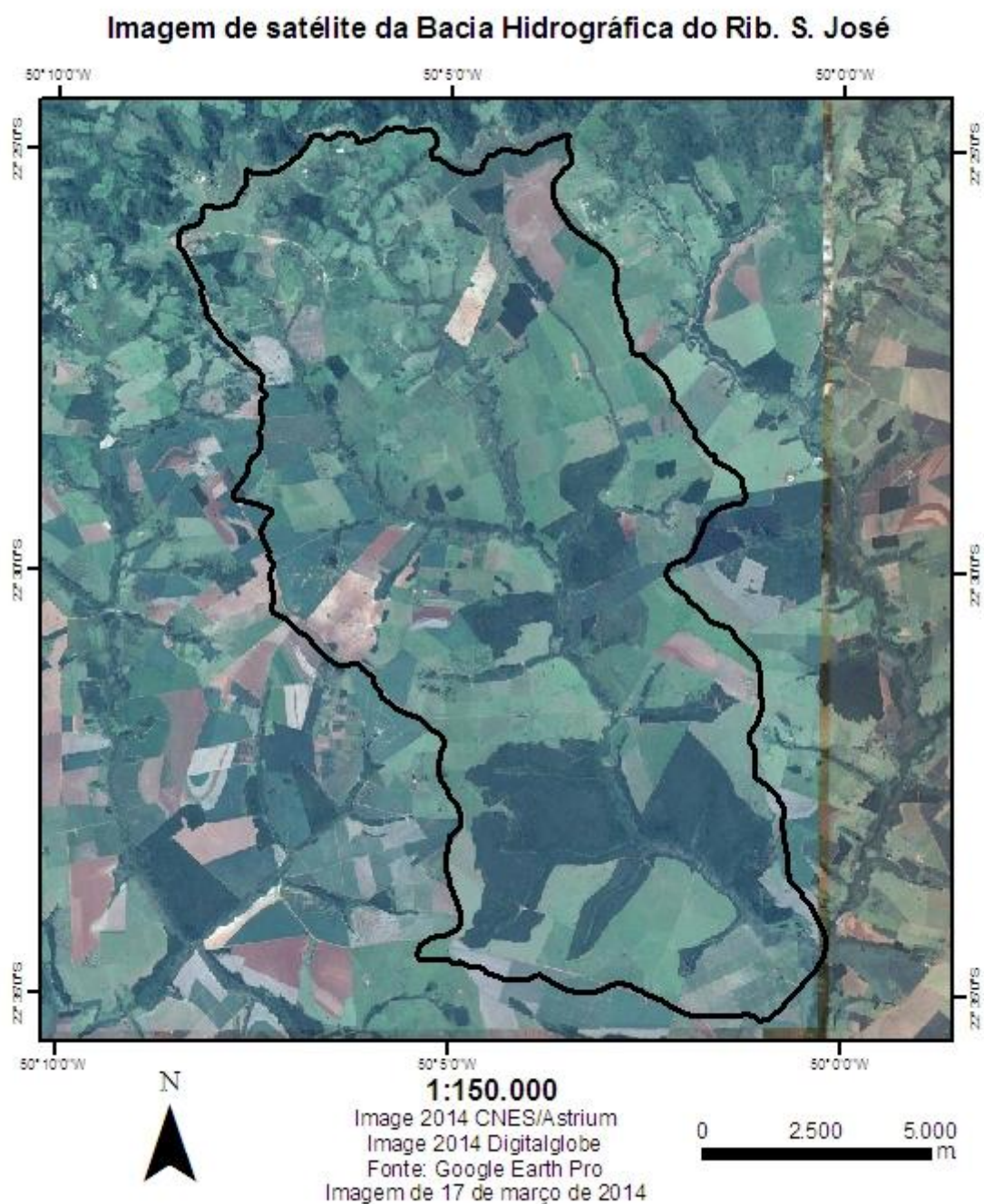


Figura 6: Imagem de satélite da BHRSJ. Fonte: Google Earth Pro.

Tabela 1. Usos da terra na bacia hidrográfica do Ribeirão São José entre 2002 e 2014.
 Fonte: Google Earth Pro.

Percentual dos usos da terra na bacia hidrográfica do Ribeirão São José	
Áreas Antrópicas Agrícolas	
Cultura permanente	1,80%
Cultura temporária	28,54%
Pastagem	45,93%
Silvicultura	0,52%
Solo exposto	0,75%
Áreas de Vegetação Natural	
Florestal	22,46%
TOTAL	100,00%

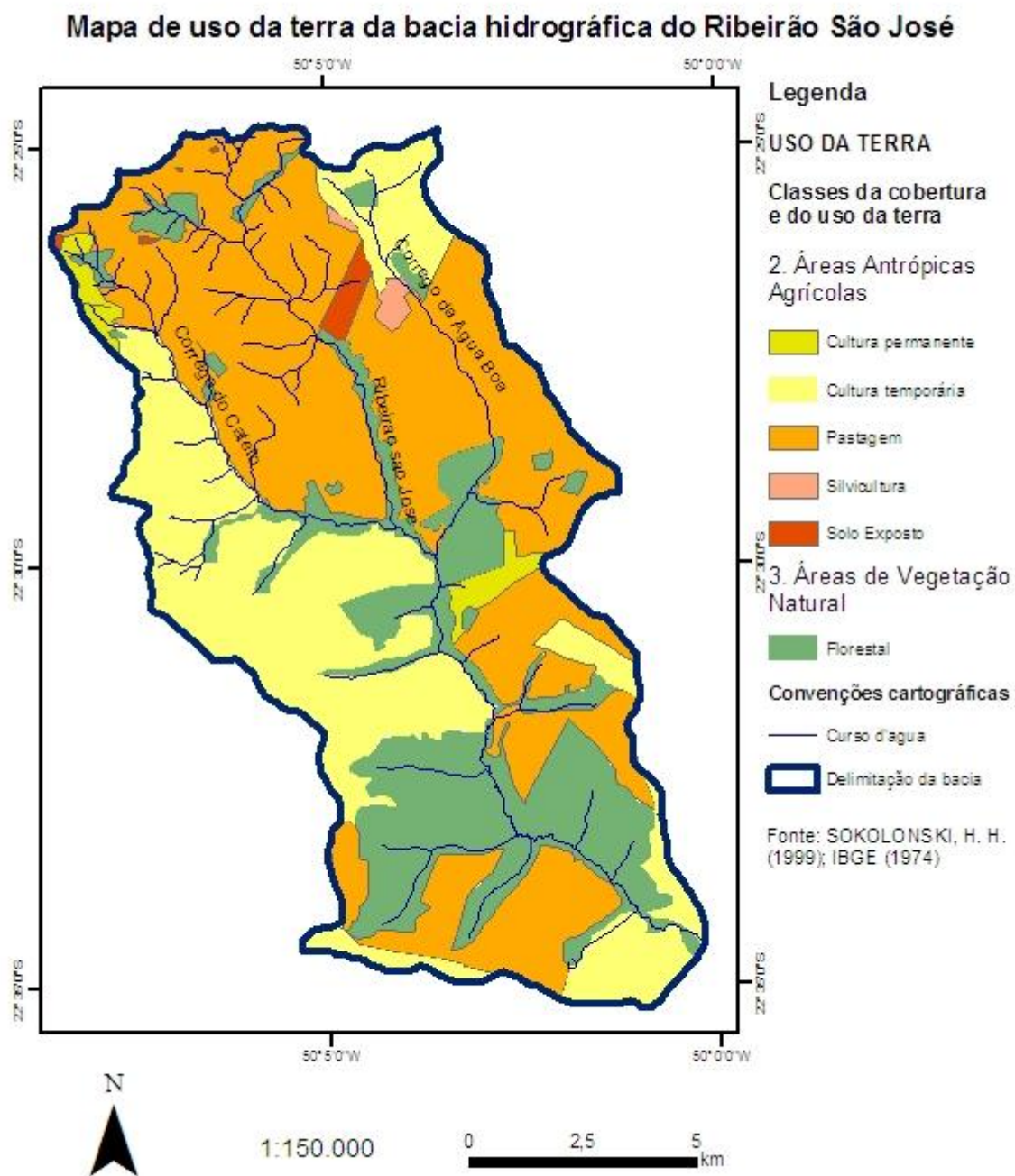


Figura 7: Mapa de uso da terra da bacia hidrográfica do Ribeirão São José.

5.2. EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDA DE SOLOS (EUPS)

5.2.1. Fator R

Para calcular o fator R foi necessário obter os dados de precipitação sobre a região da bacia hidrográfica do Ribeirão São José. O posto pluviométrico escolhido do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), localiza-se no município de Ocaçu (**Figura 8**), nos

domínios da Unidade de Gerenciamento dos Recursos Hídricos– Médio Paranapanema (UGRHI – 17)e na parte nordeste da BHR SJ. Para compor as médias mensais de chuva (**Tabela 2**) foram utilizados os dados de precipitação mensal da série histórica de janeiro de 1972 a dezembro de 2014. O referido posto pluviométrico está localizado próximo à escarpa da Serra do Mirante, que é o divisor de águas desta UGRHI e também da bacia hidrográfica do Ribeirão São José. Os dados pluviométricos (**Figura 9**) mostram que o período entre outubro a março se concentram os meses de maior índice de precipitação na região com cerca de 80% da média anual, e o período de abril a setembro como a estação seca do ano.

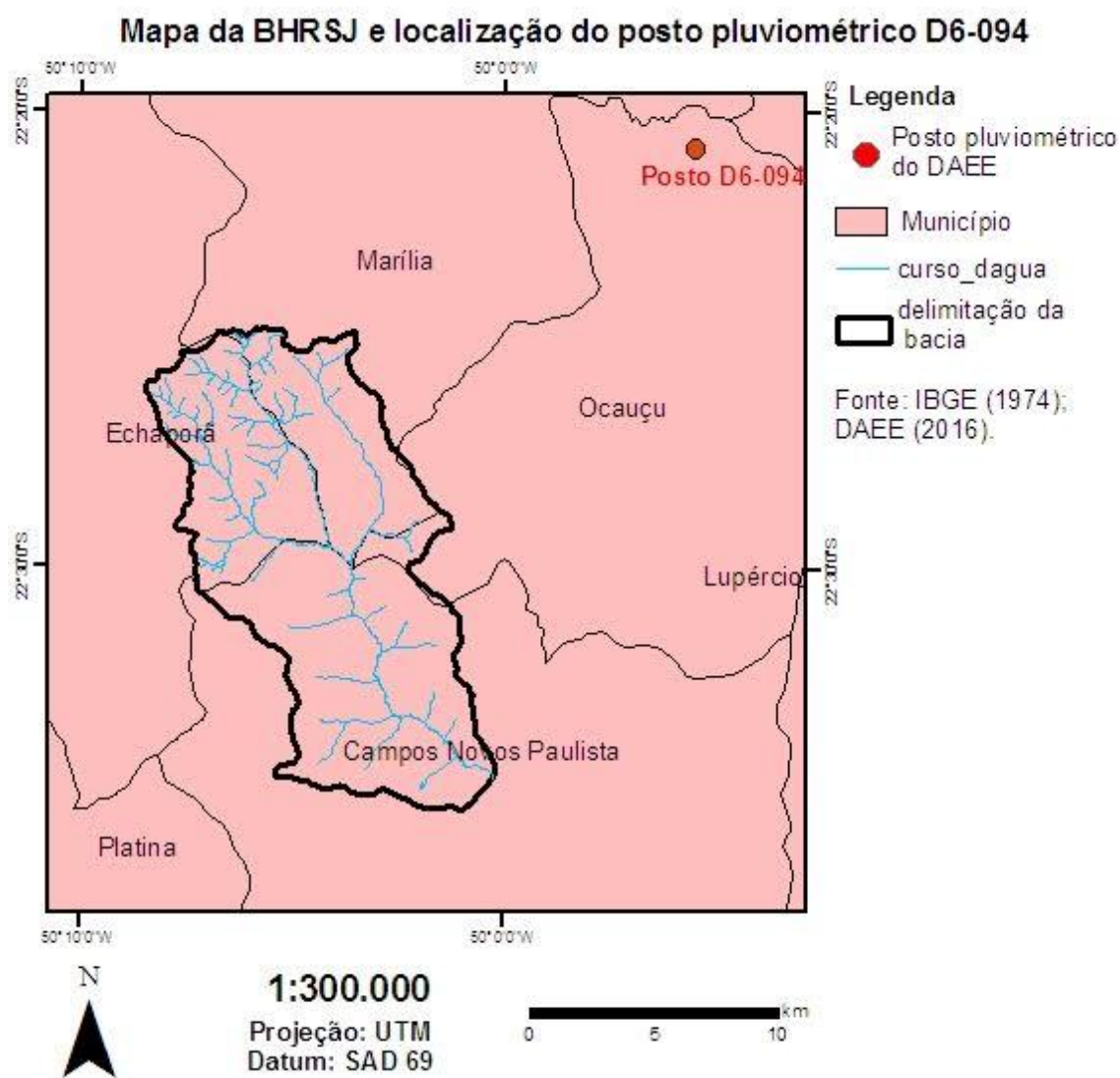


Figura 9: Localização do posto pluviométrico do DAEE D6-094 em Ocaçu-SP.

Fonte: IBGE (1974); DAEE (2016)

Tabela 2: Média mensal de precipitação para o posto pluviométrico D6-094 localizada em Ocaçu-SP.

MÉDIAS ANUAIS (mm) - Estação D6-094 - Ocaçu-SP - Período: Jan. 1972 a Dez. 2014												
Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Anual
243,97	165,70	137,79	86,74	81,95	58,94	41,70	33,69	81,40	121,18	115,32	195,75	1356,91

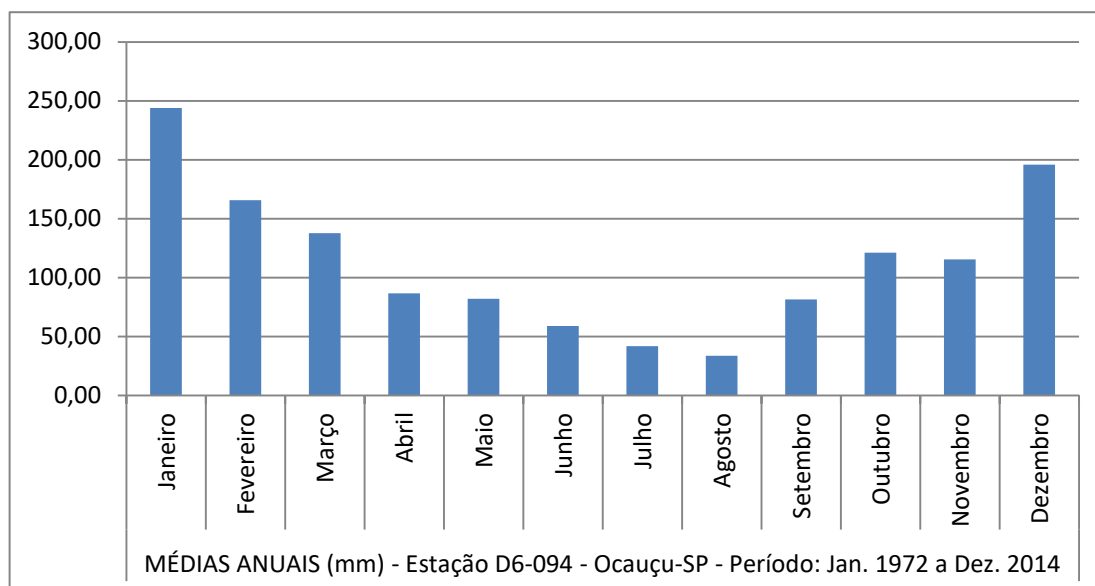


Figura 8: Gráfico de precipitação média para o período de janeiro de 1972 a dezembro de 2014 para o posto pluviométrico D6-094. (Fonte: DAEE, 2016).

Os dados acima compõem a equação de Bertoni & Lombardi (1990) para o fator R. Esta equação foi desenvolvida para correlacionar os dados de precipitação com a capacidade de erosividade (Equação 4).

$$EI = 67,355 (r^2/P)^{0,85} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

EI= média mensal do índice de erosão; MJ.mm/ha.L

r= precipitação média mensal em milímetros;

P= precipitação média anual em milímetros.

Para a bacia hidrográfica do Ribeirão São José o índice de erosividade foi calculado utilizando a fórmula citada e obteve os seguintes resultados (**Tabela 3**):

Tabela 3: Cálculo do fator R. Fonte: DAEE (2016) e Bertoni & Lombardi Neto (1990).

Médias mensais de precipitação e índice de erosão (EI =67,355(r ³ /p) ^{0,85})		
Mês	Média de precipitação (em mm)	Índice de erosividade
Janeiro	243,97	13789,31
Fevereiro	165,7	7143,63
Março	137,79	5220,84
Abril	86,74	2377,08
Maio	81,95	2158,26
Junho	58,94	1232,44
Julho	41,7	684,38
Agosto	33,69	672,55
Setembro	81,4	2133,69
Outubro	121,18	4196,65
Novembro	115,32	3857,42
Dezembro	195,75	9483,39
Total	1364,13	52949,64
Média	113,68	4412,47
Valor de R para o período: 4412,47		

Portanto, o valor de R nesta equação é 4412,47. De acordo com Bertoni & Lombardi (1990), estabelece-se para a região da área de estudo valores de índice de erosividade em torno de 5750 a 6000; possivelmente, a diferença de resultado entre a presente pesquisa e a literatura citada reflete a série mais chuvosa utilizada pelos autores em comparação com a série e período utilizado neste trabalho.

5.2.2. Fator K

O fator K está relacionado ao comportamento do solo em relação aos processos erosivos. De acordo com Bertoni & Lombardi Neto (1990), a erodibilidade do solo é a sua vulnerabilidade ou suscetibilidade à erosão, que é a recíproca de sua resistência à erosão. A obtenção dos valores para determinados tipos de solo envolvem técnicas custosas e demoradas, porém na obra dos autores citados há experimentos com diversos tipos de solos paulistas para estabelecer este índice. Na BHRSJ há predominância de Latossolo Vermelho (LV78) e Argissolos Vermelho-Amarelos (PVA 2 e PVA 10), de acordo com Oliveira *et al.* (1999) (**Figura 2**). O índice de erodibilidade destes solos (**Tabela 4**) é baseado na

aproximação das características encontradas na BHRSJ para os dois tipos de solo principais, sendo eles compostos por horizonte B textural e horizonte B latossólico.

Tabela 4: Valores do fator K para áreas da bacia hidrográfica. Fonte: Bertoni & Lombardi Neto (1990).

Solo	Relação de erosão Horizonte Superficial
Com Horizonte B textural e Podzolizados de Lins e Marília, variação Marília.	0,049
Com Horizonte B Latossólico e Latossolo Vermelho-Escuro, fase arenosa.	0,017

5.2.3. Fatores L e S

O cálculo dos fatores L e S estão relacionados à potencialidade do relevo em desenvolver os processos erosivos. O cálculo foi feito em conjunto por meio da Equação 3, mas a obtenção dos dados de comprimento de rampa (fator L) e declividade (fator S) foram executados isoladamente. A BHRSJ foi dividida em parcelas (**Figura 10**), que são áreas da bacia que possuem semelhanças em relação à extensão do comprimento de rampa (em metros), declividade, uso da terra, solos e sub-bacias hidrográficas.

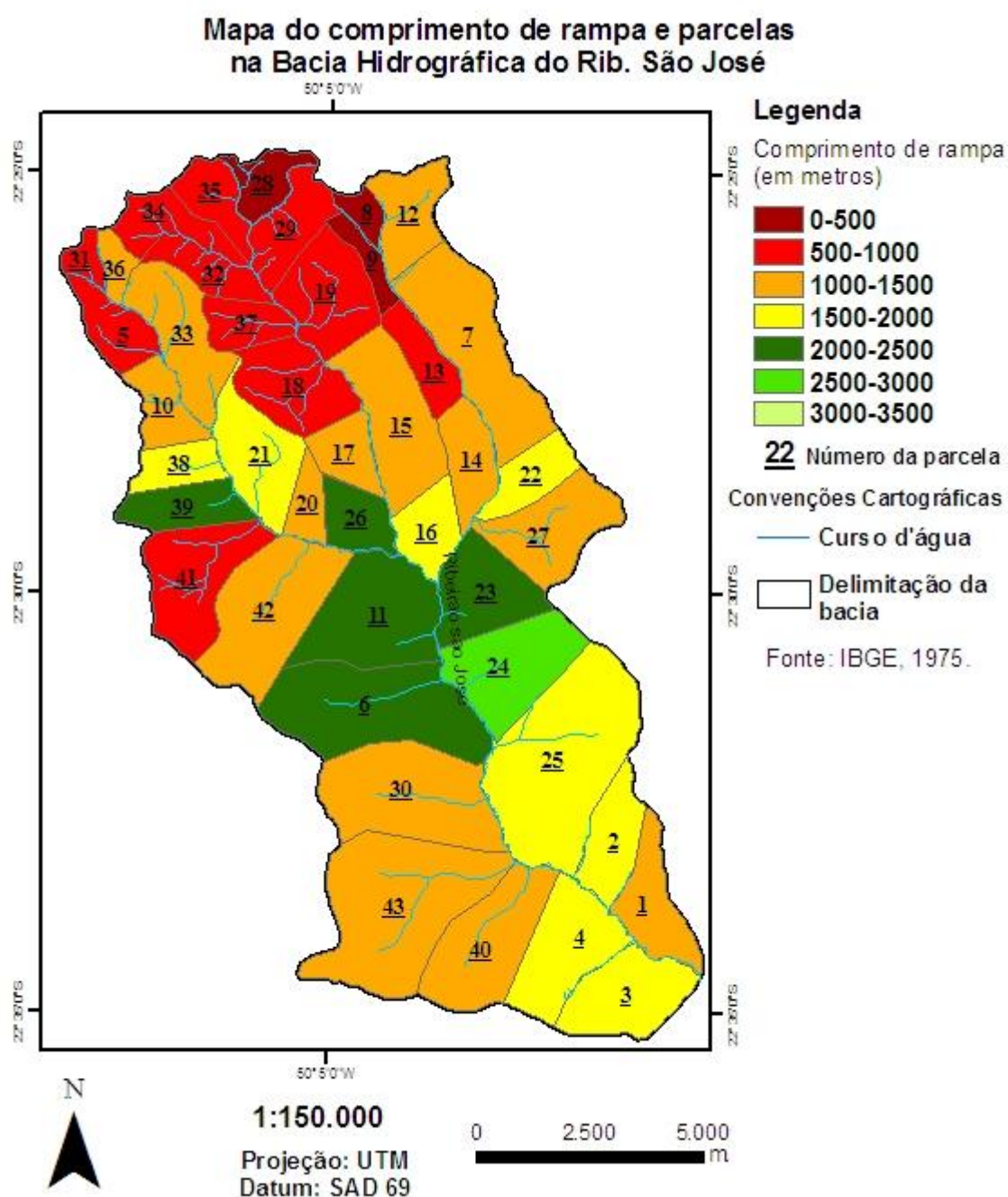


Figura 10: Mapa de comprimento de rampa e parcelas da BHRSJ.

A BHRSJ foi dividida em 43 parcelas e a EUPS foi calculada em cada uma destas para que se identificassem as áreas de acordo com o potencial de ação dos processos erosivos e, consequentemente, das perdas de solo. O levantamento para obtenção do comprimento de rampa (*fator L*) foi feito através da medição das vertentes da bacia hidrográfica desde o divisor de águas até o curso d'água no software Arc Gis 9.0. Com o auxílio das cartas

topográficas utilizadas nos demais mapeamentos deste trabalho (IBGE, 1975a,1975b) e através destas medições, foram feitos os limites das parcelas seguindo a proposta de Vitte e Vilela Filho (2006) para melhor obtenção de resultados em áreas diferentes da bacia hidrográfica. Nas cabeceiras de drenagem predominam os comprimentos de rampa de até 1.500 metros, e a medida que se aproxima do setor jusante do Ribeirão São José as distâncias aumentam, predominando as medidas de 1.000 a 1.500 metros e de 1.500 a 2000 metros (**Figura 10**), havendo alcances de até 3500 metros em alguns casos.

A declividade (*fator S*) foi calculada para cada parcela a partir da geração de um mapa de declividades (**Figura 11**) no software Arc Gis 9.0 a partir das curvas de nível e pontos cotados, gerando-se 6 classes. Em todas as parcelas há uma diversidade de classes de declividade ao longo dos setores das vertentes; para compor-se como fator S apenas um valor, foi construída uma tabela que considerou o percentual de área dentro de cada parcela das classes de declividade presentes, a fim de obter um valor médio (**Tabela 5**). Para cada classe de declividade foi considerado o valor médio multiplicado pelo percentual de área que ocupa na parcela, dividindo-se por 100 (percentual total da parcela) no valor total das multiplicações, conforme proposta de Vitte e Vilela Filho (2006).

Tabela 5: Exemplo de cálculo de declividade para a parcela 22.

Parcela		22	
Classe de declividade (%)	Média das classes	Área (em %)	Total
0-2	1	36	36,0
2-5	3,5	35	122,5
5-10	7,5	14	105,0
10-15	12,5	11	137,5
15-30	22,5	4	90,0
>30 (até 100)	65	0	0,0
Totais		100	491,0
		Declividade média	4,91%

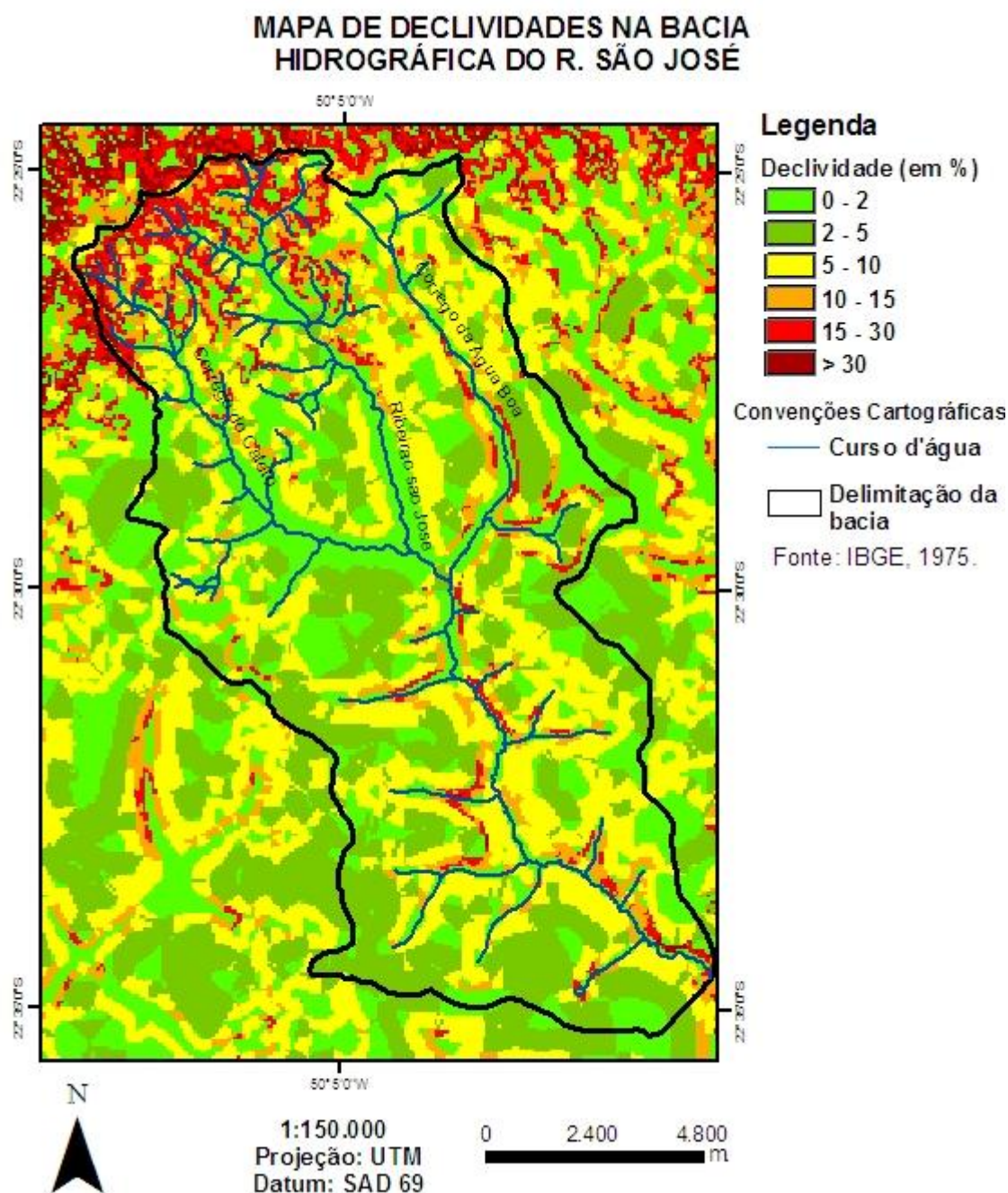


Figura 11: Mapa de declividades na BHRSJ.

Para calcular o fator LS em conjunto (**Tabela 6**) foi utilizada a equação 3 estabelecida por Bertoni e Lombardi Neto (1990), considerando que o valor de L para cada parcela é o valor médio da faixa de comprimento de rampa (por exemplo, para a classe do *fator L* de 1.000 a 1.500 metros, foi considerado o valor de 1.250 metros), e o valor tomado para o fator S deve ser calculado conforme a **Tabela 5**.

$$LS=0,00984 C^{0,63} D^{1,18} \quad (\text{Equação 3})$$

Onde:

LS = Fator topográfico

C = Comprimento da rampa em metros

D = grau de declive em porcentagem

Tabela 6: Cálculo do fator LS para cada parcela da BHR SJ.

Parcelas	Comprimento de Rampa (Fator L)	Declividade (Fator S)	Fator LS
1	1250	11,70	16,0
2	1750	7,90	12,5
3	1750	4,34	6,1
4	1750	7,09	11,0
5	750	26,21	30,1
6	2250	6,08	10,7
7	1250	7,54	9,5
8	250	4,37	1,8
9	250	6,55	2,9
10	1250	5,18	6,1
11	2250	4,39	7,3
12	1250	5,85	7,1
13	750	8,40	7,8
14	1250	5,28	6,3
15	1250	6,30	7,7
16	1750	3,58	4,9
17	1250	4,07	4,6
18	750	6,58	5,9
19	750	12,90	13,0
20	1250	3,33	3,6
21	1750	5,19	7,6
22	1750	4,91	7,1
23	2250	6,47	11,5
24	2750	7,22	14,9
25	1750	6,61	10,1
26	2250	4,30	7,1
27	2750	7,23	14,9
28	250	15,07	7,8
29	750	13,74	14,0
30	1250	9,00	11,7

31	750	19,73	21,5
32	750	13,77	14,1
33	1250	12,67	17,6
34	750	22,18	24,7
35	750	18,36	19,8
36	750	18,26	19,6
37	750	8,47	7,9
38	1750	4,10	5,7
39	2250	3,20	5,0
40	1250	5,20	6,2
41	750	4,71	4,0
42	1250	4,53	5,2
43	1250	5,66	6,8

Os maiores valores de LS são atribuídos principalmente a declividades altas, mesmo com comprimentos de rampa curtos em relação à área da parcela. É importante lembrar, no entanto, que o comprimento de rampa pode potencializar o efeito da declividade nos processos erosivos, como se observa nas áreas das cabeceiras de drenagem que tiveram maiores valores de LS (**Figura 11**).

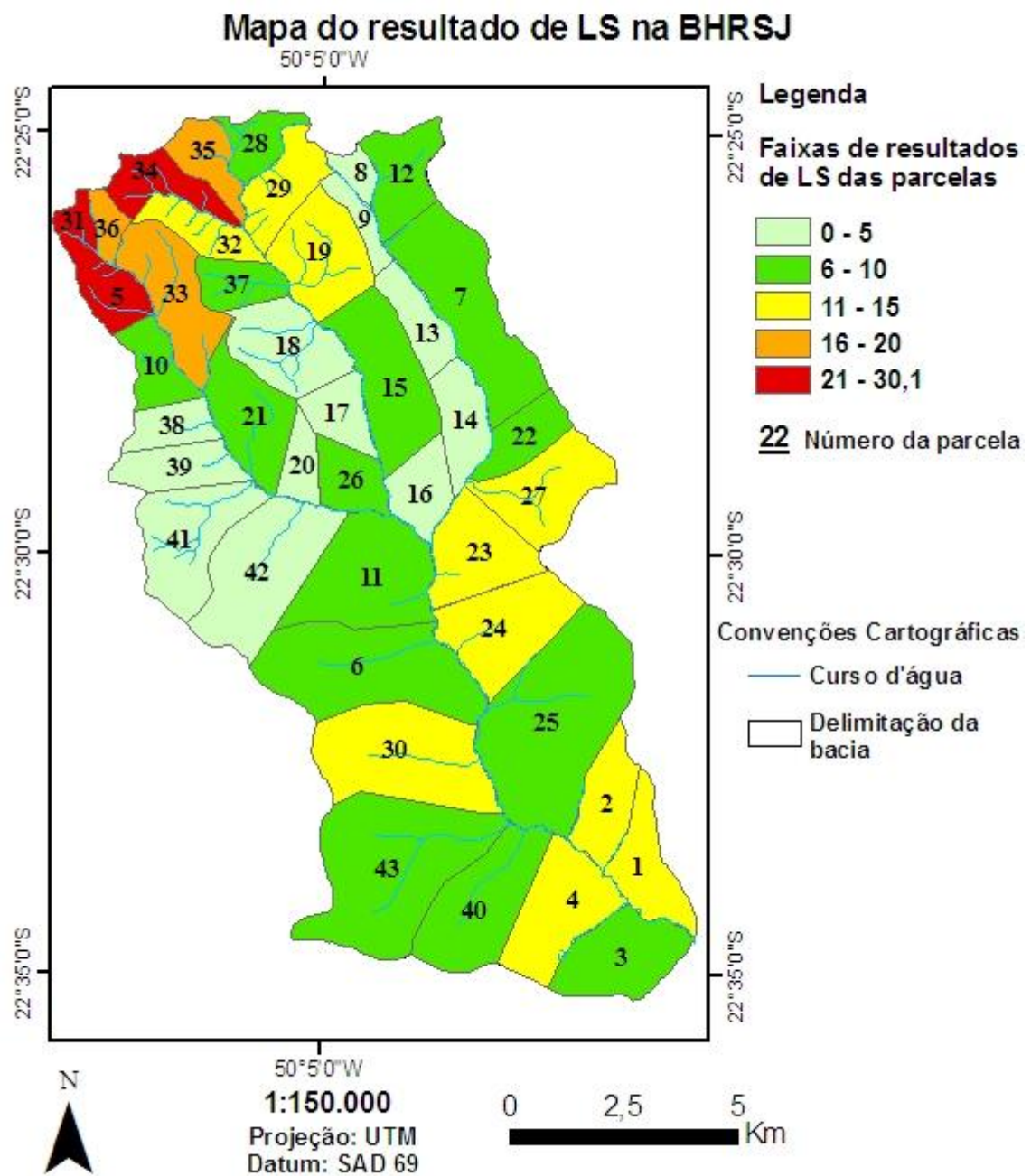


Figura 11: Mapa do resultado de LS das parcelas na BHRSJ.

5.2.4. Fatores C e P

Para o fator C é necessário interpretar o mapa de uso da terra (**Figura 7**) para o período de 2002 a 2014. Bertoni & Lombardi Neto (1990) estabelecem que cada cultura possui um valor definido, que envolve os estágios de cobertura da vegetação nas fases de preparação do solo, plantio, estabelecimento, maturação e colheita/resíduos.

No fator P também é necessário o mapa de uso da terra e imagens de satélite do Google Earth para o período mencionado, verificando-se o tipo de prática conservacionista (plantio morro abaixo, plantio em contorno, alternância de campinas e plantio em contorno e cordões de vegetação permanente) e o valor atribuído a cada uma nas glebas de uso da terra para incluir nesta última variável da EUPS (**Tabela 7**).

Tabela 7: Valores de P. Fonte: Bertoni & Lombardi Neto (1990). Práticas conservacionistas	Valor de P
Plantio morro abaixo	1
Plantio em contorno	0,5
Alternância de campinas + plantio em contorno	0,4
Cordões de vegetação permanente	0,2

Porém, a obtenção de valores de C e P pode ser feita em conjunto, em razão da relação entre manejo e prática conservacionista (CUNHA, 1997). Na BHRSJ é possível encontrar os seguintes usos da terra e os respectivos valores, combinando-se os fatores C e P (**Tabela 8**).

Tabela 8: Valor dos fatores C e P. Fonte: Cunha (1997).

Uso da terra	Valor de C e P
Mata	0,00004
Silvicultura	0,0001
Citrus	0,02
Café	0,02
Cana-de-açúcar	0,5
Pastagem	0,01
Cultura anual	0,02

6. RESULTADOS DA EUPS

A multiplicação de todos os fatores da EUPS para cada divisão de área na bacia hidrográfica do Ribeirão São José geraram os valores de A (resultado da equação em ton/ha./ano) para cada parcela, além da média para a bacia hidrográfica (**Tabela 9**). Com estes valores é possível verificar como as perdas de solo para o ano de 2014 estão em relação ao limite tolerado para os solos do estado de São Paulo, estabelecidas através de experiências de Bertoni & Lombardi Neto (1990).

Para o cálculo da EUPS o valor de R é igual para todas as parcelas, o valor de K foi atribuído ao solo predominante na parcela considerada e, nos casos de dois tipos de solo serem relevantes, foi calculada a média dos valores de erodibilidade. Para o *fator LS* foram atribuídos os cálculos da Tabela 6; para o fator C e P foi atribuído o valor do uso da terra predominante na parcela: em caso de dois ou mais usos relevantes, também foi feita a média dos valores. O valor de A reflete a estimativa de perda de solo em toneladas para cada hectare no período do ano de 2014.

Tabela 9: Resultados da EUPS na BHRSJ.

RESULTADOS DA EUPS (A=R.K.L.S.C.P)					
Parcela	R	K	LS	CP	A (ton./ha./ano)
1	4412,47	0,049	16,0	0,01002	34,69
2	4412,47	0,049	12,5	0,00004	0,11
3	4412,47	0,033	6,1	0,01	8,94
4	4412,47	0,033	11,0	0,01	15,96
5	4412,47	0,017	30,1	0,015	33,83
6	4412,47	0,033	10,7	0,02	31,22
7	4412,47	0,017	9,5	0,01002	7,16
8	4412,47	0,049	1,8	0,01002	3,93
9	4412,47	0,049	2,9	0,02	12,66
10	4412,47	0,033	6,1	0,02	17,81
11	4412,47	0,017	7,3	0,02	10,93
12	4412,47	0,049	7,1	0,02	30,53
13	4412,47	0,017	7,8	0,00505	2,97
14	4412,47	0,017	6,3	0,00505	2,37
15	4412,47	0,033	7,7	0,01	11,23
16	4412,47	0,033	4,9	0,00505	3,60
17	4412,47	0,017	4,6	0,01	3,46
18	4412,47	0,049	5,9	0,02	25,43
19	4412,47	0,049	13,0	0,01	28,16
20	4412,47	0,017	3,6	0,01	2,73

21	4412,47	0,033	7,6	0,01	11,04
22	4412,47	0,017	7,1	0,01	5,33
23	4412,47	0,033	11,5	0,00004	0,07
24	4412,47	0,033	14,9	0,01	21,66
25	4412,47	0,033	10,1	0,00505	7,41
26	4412,47	0,033	7,1	0,01	10,36
27	4412,47	0,033	14,9	0,01	21,70
28	4412,47	0,017	7,8	0,01	5,87
29	4412,47	0,049	14,0	0,01	30,34
30	4412,47	0,017	11,7	0,00004	0,04
31	4412,47	0,049	21,5	0,01	46,50
32	4412,47	0,049	14,1	0,01	30,42
33	4412,47	0,049	17,6	0,01	38,02
34	4412,47	0,049	24,7	0,00505	26,96
35	4412,47	0,049	19,8	0,01	42,71
36	4412,47	0,049	19,6	0,01	42,42
37	4412,47	0,049	7,9	0,01	17,14
38	4412,47	0,033	5,7	0,02	16,70
39	4412,47	0,017	5,0	0,02	7,52
40	4412,47	0,033	6,2	0,00505	4,52
41	4412,47	0,017	4,0	0,02	5,94
42	4412,47	0,017	5,2	0,02	7,83
43	4412,47	0,033	6,8	0,00004	0,04
				Média na BHRSJ	16,01

Com os resultados da EUPS para cada parcela foi possível elaborar um mapa com os diferentes potenciais de perda de solo nas parcelas que compõem a BHRSJ (**Figura 12**). Através da comparação do mapa de solos (**Figura 5**) é possível verificar que as áreas que ultrapassaram o limite da tolerância de perda de solo estabelecidos por Bertoni & Lombardi Neto (1990) para os solos paulistas (**Tabela 10**).

Tabela 10: Linhas de tolerância de perdas de solo por erosão em solos paulistas.
 Fonte: Bertoni & Lombardi Neto (1990).

Solos	TOLERÂNCIA DE PERDA DE SOLO	
	Amplitudes observadas	Média ponderada em relação à profundidade
COM B TEXTURAL		
Podzolizado Lins e Marília v. Marília	3,0 a 8,0	6
COM B LATOSSÓLICO		
Latossolo vermelho-escuro, f. arenosa	13,6 a 15,3	14,2

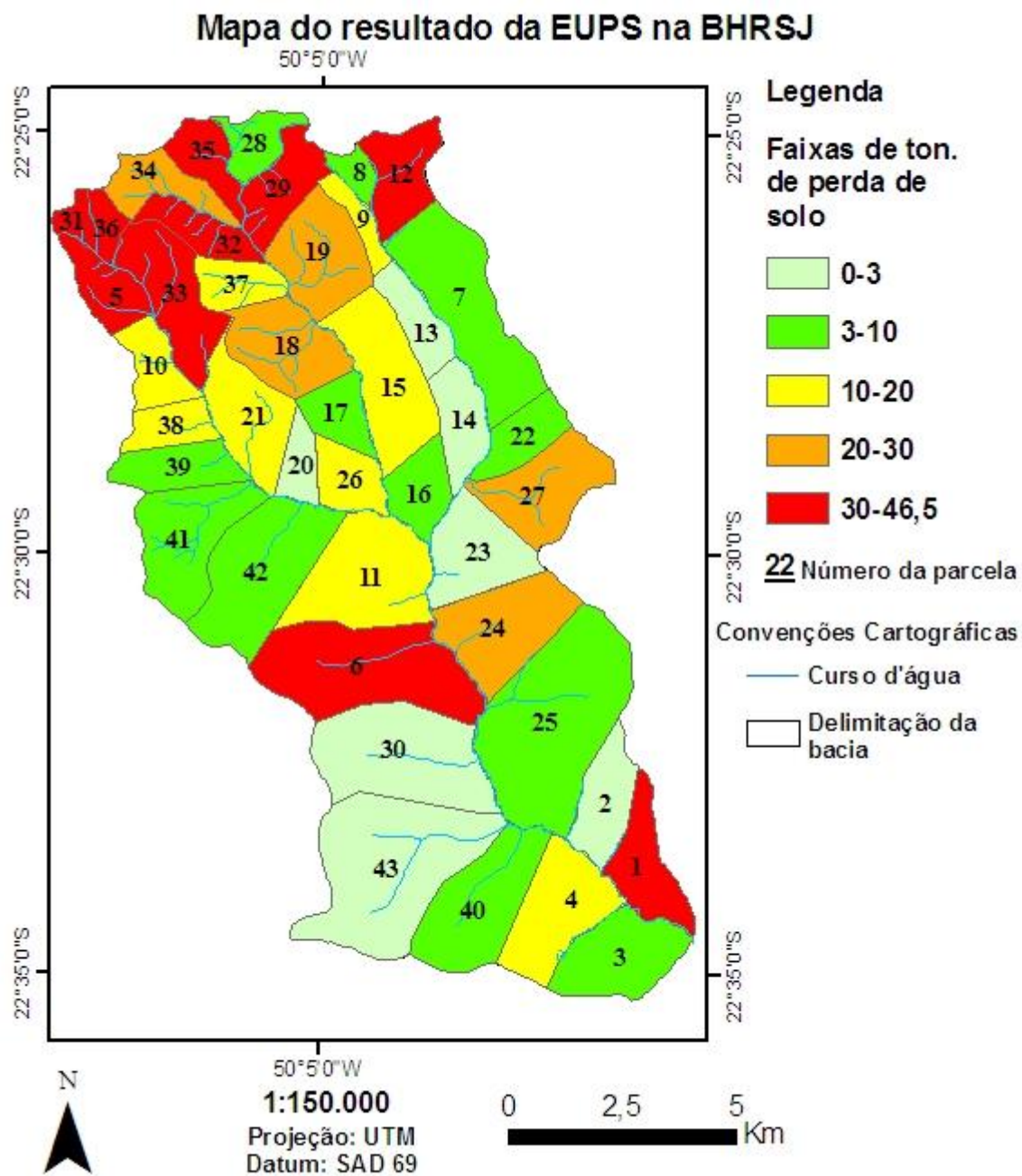


Figura 12: Mapa da estimativa de perda de solo na BHRSJ.

7. ANÁLISES

A divisão da BHRSJ em parcelas apontou as diferenças existentes quanto aos potenciais processos erosivos de acordo com cada fator que integra a equação. Destes, podemos destacar o fator LS, que considera os efeitos ligados ao tipo de vertente em que estão inseridos os solos, além dos usos da terra e a precipitação, como principais potencializadores para aumentar os valores de perda de solo em ton./ha./ano. Em parcelas com valores do *fator*

LS altos ocorreram, conseqüentemente, valores acima do limite de tolerância apontado quanto à perda de solo. A ação da precipitação (*fator R*) sobre diversos tipos de condições da vertente mostrou que a mesma age de maneira diferente: enquanto que algumas parcelas tiveram números irrelevantes de erosão, outras tiveram valores de até 5 vezes acima do limite de tolerância sobre a mesma média de precipitação. Mesmo que tais resultados sejam reflexo do conjunto de dados, o *fator R* acaba por maximizar os resultados, demonstrando toda a influência do clima no cálculo da equação.

Os maiores valores da EUPS ocorreram nas parcelas localizadas nas nascentes dos principais cursos d'água da bacia hidrográfica, próximas a Serra do Mirante ao norte. Nesta área de alta declividade, comprimento de rampa de até 1.000 metros e predominância de pastagens sobre o Argissolo Vermelho-Amarelo, tais fatores foram determinantes para que a EUPS identificasse os maiores valores de *A* (em toneladas/hectare/ano). Quanto aos menores valores, situados em parcelas próximas à planície fluvial que se desenvolve a partir da cota de 500 metros, em relevo colinoso com declividades inferiores a 10% sob uso da terra predominante de culturas temporárias e culturas anuais (café, milho e citricultura), os valores baixos estão localizados em parcelas que possuem predominância de florestas. Nestas, estão inclusas as áreas prioritárias do referido programa de conservação do Cerrado do projeto BIOTA/FAPESP, havendo menos de 3 toneladas/hectare para o período calculado, mostrando como o fator de uso da terra pode diminuir o efeito de fatores que implicam em maior perda de solo, como de declividade e comprimento de rampa associados a pastagem, por exemplo. É importante observar que em parcelas de uso misto entre florestas e culturas temporárias ou anuais os valores de perda de solo também foram abaixo do limite tolerado.

A utilização da EUPS possibilita verificar a realidade dos processos erosivos em uma unidade de paisagem como a bacia hidrográfica. Os valores são estimados, afinal o trabalho realizado foi feito em gabinete, mas a vantagem da aplicação da equação está na indicação das áreas mais vulneráveis à perda de solos, podendo auxiliar no planejamento conservacionista e manejo da área de estudo. Logicamente, esta metodologia tem suas limitações, pois não apenas os dados levantados podem apresentar problemas, como por exemplo leituras descontínuas nos dados de precipitação, mas há a falta de leituras e monitoramento em campo para maior proximidade das condições reais de erosão da bacia hidrográfica pesquisada.

A maior parte da BHRSJ tem perda de solo superior aos limites de tolerância estabelecidos por Bertoni & Lombardi Neto (1990). Os valores acima de 10 toneladas por hectare no período de um ano já indica um grau alto para os Argissolos e próximo ao limite

nos Latossolos. Tendo em vista que a os processos erosivos na bacia hidrográfica possuem altos índices, pode-se inferir que a atual organização do uso da terra na região poderá intensificar o quadro de degradação do solo causado por processos erosivos, além de gerar problemas ambientais que afetam principalmente os cursos d'água e a agricultura. A EUPS é apontada por Wischmeier & Smith (1978) como um guia para predição de perdas de solo a fim de identificá-las sem a necessidade de pesquisas em campo, e assim prever demais problemas ambientais decorrentes de acordo com o resultado da equação.

Uma condição importante a ser considerada sobre os processos erosivos são as feições lineares que desencadeiam grandes perdas de solo através do desgaste agressivo de uma ravina ou voçoroca, que não são considerados pela EUPS. No caso, a bacia hidrográfica do Ribeirão São José possui algumas destas feições lineares em áreas de pastagens próximas as áreas prioritárias à conservação do Cerrado, podendo ser observadas pelas imagens do Google Earth. Outra limitação é a atribuição de fatores que envolvem a equação podem ser diferentes para cada pesquisador já que dependem de operações subjetivas durante a manipulação de sistemas de informação geográfica, como por exemplo o uso da terra, comprimento de rampa e a divisão das parcelas.

A pesquisa foi desenvolvida e proporcionou um entendimento da estreita relação entre as características do meio físico e os processos erosivos, suas diferenciações dentro de uma bacia hidrográfica e das metodologias propostas para analisar cada fator que compõe a EUPS e suas limitações para aplicação em gabinete.

8. REFERÊNCIAS

1. BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. São Paulo: Ícone, 1990.
2. CUNHA, C. M. L. Quantificação e mapeamento das perdas do solo por erosão com base na malha fundiária. Dissertação (Mestrado em Geografia), IGCE, UNESP, Rio Claro, 1997.
3. DAEE. Departamento de Águas de Energia Elétrica. Banco de dados hidrológicos. UGRHI Médio Paranapanema prefixo D6-094 Ocaçu-SP. Disponível em: <<http://www.hidrologia.daee.sp.gov.br/Default.aspx?dadosorigem=Pluviom%C3%A9tricos&ugrhi=UGRHI&cidadeugrhi=M%C3%89DIO%20PARANAPANEMA&prefixoposto=D6-094>> Acesso em 09 de março de 2016.
4. FARINASSO, Miguel et al. Avaliação qualitativa do potencial de erosão laminar em grandes áreas por meio da EUPS equação universal de perdas de solos utilizando novas metodologias em SIG para os cálculos dos seus fatores na região do Alto Parnaíba PI-MA. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 7, n. 2, 2006.
5. FIORI, A. M.; FIORAVANTI, C. Os caminhos para salvar o cerrado paulista. Revista Pesquisa FAPESP Nº63, 2001. p. 38-40. Disponível em: revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2001/04/38_biota.pdf?051c7c. Acesso em: 03 fev. 2016.
6. IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Carta de Campos Novos Paulista, 1975b. Escala 1:50.000.
7. INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. Dados da estação de Londrina-PR, 2016. Disponível em http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/gera_serie_txt_mensal.php?&mRelEstacao=83766&btnProcesso=serie&mRelDtInicio=01/01/2002&mRelDtFim=31/12/2014&mAtributos=,,,,,,,1,,,,,, Acesso em 8 de jan. 2016.

8. Kertzman, F. F., Oliveira, A. M. S., Salomão, F. X. T., & Gouveia, M. I. F. . Mapa de erosão do estado de São Paulo. Rev. Inst. Geol., São Paulo, v. 16, n. esp, dez. 1995 . Disponível em <http://ppegeo.igc.usp.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-929X1995000200004&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 7 jan. 2016.
9. MIRANDA, Marina J. de et al. Clima dos municípios paulistas. Campinas: CEPAGRI/UNICAMP - Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas a Agricultura. Disponível em: http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_112.html. Acessado em 11/02/2016 as 14:46.
10. OLIVEIRA, J.B.; CAMARGO, M.N.; ROSSI, M. & CALDERANO FILHO, B.. Mapa pedológico do Estado de São Paulo: Escala 1: 500.000. Instituto Agrônomo. Campinas, 1999.
11. Perrota, M. M., Salvador, E. D., Lopes, R. C., D'Agostinho, L. Z., Peruffo, N., Gomes, S. D., & Lacerda Filho, J. V.. "Mapa geológico do estado de São Paulo." CPRM, Programa Geologia do Brasil–PGB, São Paulo, 2005.
12. PONÇANO, W., CARNEIRO, C., ALMEIDA, F., & PRANDINI, F. Mapa geomorfológico do estado de São Paulo.. IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Divisão de Minas e Geologia Aplicada, Vol. 5. São Paulo, 1981.
13. RAMOS, A. D.; MARINHO, H. E. Estudo da erodibilidade de solo litólico sem cobertura vegetal e sob duas condições de pastagem nativa de caatinga. **Embrapa Caprinos e Ovinos-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)**, 1980.
14. ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. Laboratório de Geomorfologia. São Paulo: Departamento de Geografia–FFLCH–USP/Laboratório de Cartografia Geotécnica–Geologia Aplicada–IPT/FAPESP (Fundação do Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo), 1997.

15. SOKOLONSKI, H. H. Manual técnico de uso da terra. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 1999.
16. SOUZA, V. Estimativa de perdas de solo por erosão laminar na bacia do córrego Pinhalzinho Segundo com suporte de Geoprocessamento. Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 13, n. 3, 2012.
17. TALAMONI, C. D.; DIEGUEZ, E. M.; JAHNEL, T. C.. Unidades hidrográficas de gerenciamento de recursos hídricos do estado de São Paulo- UGRHI. DAEE/IGC, 2003.
18. VITTE, ANTONIO CARLOS; VILELA FILHO, LUÍS RIBEIRO. Estimativa de Perdas de Solos em uma Bacia Hidrográfica sob o Cultivo de Frutíferas, no Município de Valinhos (SP). GEOUSP: Espaço e Tempo (Online), n. 20, p. 45-64, 2006.
19. WISCHMEIER, WALTER H. A rainfall erosion index for a universal soil-loss equation. Soil Science Society of America Journal, v. 23, n. 3, p. 246-249, 1959.
20. WISCHMEIER, WALTER H. et al. A universal soil-loss equation to guide conservation farm planning. Transactions 7th int. Congr. Soil Sci., v. 1, p. 418-425, 1960.
21. WISCHMEIER, W. H.; D. D. SMITH. Predicting rainfall erosion losses - a guide to conservation planning. U.S. Department of Agriculture, Handbook No. 537, Washington, 1978.