

MORFOMETRIA DA BACIA DO RIBEIRÃO LAJEADO-SP

HIRATA, Anderson Akira¹
BURKERT, Denilson²

Recebido (Received): 2019-04-16 Aceito (Accepted): 2019-10-28

Como citar este artigo: HIRATA, A. A.; BURKERT, D. Morfometria da Bacia do Ribeirão Lajeado-SP. **Formação (Online)**, v. 27, n. 50, p.175-199, 2020.

Resumo

A geração de informações a respeito da morfometria de uma bacia hidrográfica pode contribuir para a gestão territorial, obtendo conhecimento a respeito da sua susceptibilidade à processos erosivos e à degradação do solo decorrentes do uso e ocupação em desconformidade às suas propriedades hidrológicas. O trabalho foi realizado com o objetivo de se analisar a morfometria da bacia hidrográfica do Ribeirão do Lajeado, que é subunidade da bacia hidrográfica do Rio Aguapeí e está localizada entre os municípios de Lucélia, Adamantina, Salmourão, Inúbia Paulista e Osvaldo Cruz, na região oeste do Estado de São Paulo. A partir da delimitação da sub bacia utilizando técnicas de geoprocessamento e um modelo digital de elevação (MDE), foram determinados parâmetros que influenciam no comportamento hidrológico da área, a saber: características geométricas (área, perímetro, forma da bacia), da rede de drenagem (ordenamento dos cursos d'água; densidade de drenagem; extensão média do escoamento superficial) e de relevo (declividade média; perfil longitudinal do canal principal). De acordo com os valores obtidos, verificou-se que a bacia hidrográfica do Ribeirão do Lajeado possui uma densidade de drenagem de 1,41 km/km². Também foi observado que a bacia apresenta forma estreita e alongada o que lhe garante baixa tendência a enchentes. Sobressaem-se na área relevo descritas principalmente como suave ondulado (60,92 %) e ondulado (31,31 %) fator que a torna vulnerável à ocorrência de processos erosivos, o que demanda a adoção de práticas conservacionistas do solo. Por meio desta análise, os resultados mostraram-se satisfatórios e eficientes, uma vez que tais dados são escassos para a bacia em estudo e servirá de fonte de dados para futuros projetos e estudos ambientais.

Palavras-chave: Análise Morfométrica. Geoprocessamento. Bacia Hidrográfica.

MORPHOMETRY OF THE BASIN OF RIBEIRÃO LAJEADO-SP

Abstract

Generating information regarding the morphometry of a river basin can contribute for territorial management, learning about its susceptibility to erosive processes and soil degradation through misuse and occupation with its hydrological properties. The work was carried with the objective of analyzing the morphometry of the watershed of Ribeirão do Lajeado, which is subunit of River Aguapeí located between of the counties of Lucélia, Adamantina, Salmourão, Inúbia Paulista and Osvaldo Cruz, in the western region of the State of São Paulo. From the delineation of the sub-basin using geoprocessing techniques and a digital elevation model (DEM), certain parameters have been determined which influence the hydrological behavior of the area namely geometrical characteristic (area, perimeter, basin shape), drainage network (river planning; dewatering density; average surface runoff) and relief (average slope; lengthwise profiling of the main channel). According to the values obtained, it turned out that the watershed area of Ribeirão do Lajeado has a drainage density of 1,41 km/km². It was also observed that the basin is narrow and elongated in shape, which ensures low flooding tendency. Outstanding in the relief area described mainly as soft wavy (60.92%) and wavy (31.31%) factor making it vulnerable to erosion, leading to the adoption of soil conservation practices. By means of this analysis, the results were satisfactory and efficient, as such data are scarce for the basin under study and will serve as a data source for future projects and environmental studies.

Keyword: Morphometric Analysis. Geoprocessing. Watershed.

¹ Graduando no Centro Universitário de Adamantina (UNIFAI), Departamento de Engenharia Ambiental. E-mail: akira_hirata23@hotmail.com

² Pesquisador da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios - APTA Regional Alta Paulista. E-mail: denilsonb@apta.sp.gov.br

MORFOMETRIA DE LA CUENCA RIBEIRÃO LAJEADO – SP

Resumen

La generación de información sobre la morfometría de una cuenca hidrográfica puede contribuir a la gestión territorial, obteniendo conocimiento acerca de su susceptibilidad a procesos erosivos y a la degradación del suelo, derivados del uso y ocupación en discordancia a sus propiedades hidrológicas. El trabajo fue realizado con el objetivo de analizar la morfometría de la cuenca hidrográfica del arroyo del Lajeado, subunidad de la cuenca hidrográfica del río Aguapeí y está ubicada entre los municipios de Lucélia, Adamantina, Salmourão, Inúbia Paulista y Osvaldo Cruz, en la región en el oeste del Estado de São Paulo. A partir de la delimitación de la subcuenca utilizando técnicas de geoprocésamiento y un modelo digital de elevación (MDE), fueron determinados parámetros que influyen en el comportamiento hidrológico del área, tales como: carácter geométrico (área, perímetro, forma de la cuenca), de la red de drenaje (ordenamiento de los cursos de agua, densidad de drenaje, extensión media del flujo superficial) y del relieve (declividad media, perfil longitudinal del canal principal). De acuerdo con los valores obtenidos, fue verificado que la cuenca hidrográfica del arroyo del Lajeado posee una densidad de drenaje de 1,41 km/km². También se observó que la cuenca presenta una forma estrecha y alargada, lo que garantiza una baja tendencia a las inundaciones. En relación con el relieve, el área presentó declive ondulado suave (60,92%) y ondulado (31,31%), factor que la torna vulnerable a la aparición de procesos erosivos, lo que hace necesario la adopción de prácticas de conservación del suelo. Mediante este análisis, los resultados fueron satisfactorios y eficientes, ya que dichos datos son escasos para la cuenca en estudio y servirán como fuente de datos para futuros proyectos y estudios ambientales.

Palabras-Clave: Análisis Morfométrico. Geoprocésamiento. Cuenca Hidrográfica

1 Introdução

A bacia hidrográfica tem sido adotada como unidade territorial para o planejamento e para a aplicação de políticas de exploração de usos múltiplos da água (MARINHO e MORETTI, 2013). De acordo com Coelho (2006), o termo bacia hidrográfica pode ser definida como uma área de superfície terrestre delimitada topograficamente que drena água, sedimentos e materiais dissolvidos para uma saída comum em um determinado ponto de um canal fluvial, este conceito abrange todos os espaços que compartilham o armazenamento de circulação e saídas de água e de todo material transportado, que contém relações com esses canais. A bacia hidrográfica representa uma unidade sistêmica, na qual cada unidade constituinte interliga-se com outra, de ordem hierárquica superior, produzindo, em relação à última, uma sub bacia. Assim, uma sub bacia representa uma unidade menor dentro de uma bacia hidrográfica de maiores dimensões e mais complexa.

O estudo detalhado de uma bacia hidrográfica é fundamental para que se proceda a utilização e o manejo mais adequado de seus recursos naturais, especialmente os hídricos.

A subdivisão de uma bacia hidrográfica de maior ordem em seus componentes (sub bacias) permite a caracterização de problemas difusos, tornando mais fácil a identificação de focos de degradação de recursos naturais, da natureza dos processos de degradação ambiental

instalados e o grau de comprometimento da produção sustentada existente (FERNANDES e SILVA, 1994).

Para o entendimento mais detalhado dos fenômenos físicos reinantes em bacias hidrográficas, autores como Dibieso (2013), Costa (2015) e Gonçalves (2016) têm utilizado a análise dos parâmetros morfométricos para compreender melhor a dinâmica do escoamento da água superficial, principal agente erosivo identificado. Tais parâmetros são obtidos geralmente com base em informações extraídas de mapas, fotografias aéreas, imagens de satélite e, quando necessário, informações oriundas do campo. No entanto, a utilização de ferramentas computacionais e a aplicação de modelos digitais de elevação (MDE) têm contribuído muito para tal análise.

Nesse sentido, técnicas de geoprocessamento têm sido utilizadas para análises morfométricas, além de ter se tornado um instrumento primordial para estudos que envolvem espacialização de dados (DINESH, 2008; FITZ, 2008; PISSARA *et al.*, 2010; KOHORI, 2017). De forma resumida, geoprocessamento pode ser definida como processamento de informações georreferenciadas utilizando aplicativos, equipamentos, dados de diversas fontes e profissionais especializados, além de realizar estudos individualizados e esclarecer fenômenos que ocorrem em determinado ambiente de forma específica e definida (VEIGA e XAVIER-DA-SILVA, 2004; PIROLI, 2010).

A morfometria refere-se basicamente a determinação de áreas, comprimentos, declividades e coberturas do solo mensurados diretamente ou expressos por índices (TUCCI, 1997). Para Lima (2008) os parâmetros morfométricos fazem com que se possa compreender o funcionamento de uma bacia hidrográfica. Segundo Machado *et al.* (2005), a análise de aspectos relacionados à área da bacia como rede de drenagem e relevo pode levar à elucidação e compreensão de diversas questões associadas à dinâmica entre elementos de natureza geológica, climatológica, biogeográfica e topográfica.

O estudo das características morfológicas e hidrológicas em uma bacia hidrográfica, aliada ao conhecimento do uso da terra, pode auxiliar no processo de avaliação de possíveis efeitos da perturbação das características do ecossistema em suas condições naturais de equilíbrio, visando estabelecer parâmetros adequados de exploração pelo homem (OLSZEVSKI *et al.*, 2011).

A bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado é uma subunidade da bacia hidrográfica do Rio Aguapeí, o qual percorre a porção centro-oeste do Estado de São Paulo desaguardo no Rio Paraná. Além de representar importância em função de sua considerável extensão territorial

(13.196 km²), se comparada a outras bacias regionais, apresenta posicionamento geográfico que facilita os processos de produção e venda local de bens e mercadorias. A sub bacia apresenta diferentes contribuições territoriais dos municípios de Lucélia, Adamantina, Salmourão, Inúbia Paulista e Osvaldo Cruz. Segundo CBH-AP (2014), nas áreas urbanas onde se situa o Ribeirão Lajeado destaca-se os setores de serviços e comércio como fontes indutoras da economia regional. Nas áreas rurais, por sua vez, a agricultura e a pecuária são as atividades mais expressivas, destacando-se lavouras de café, cana de açúcar e milho. As áreas de pastagem, que antes ocupavam boa parte das áreas rurais, agora dividem espaço com a cana de açúcar.

2 Objetivo

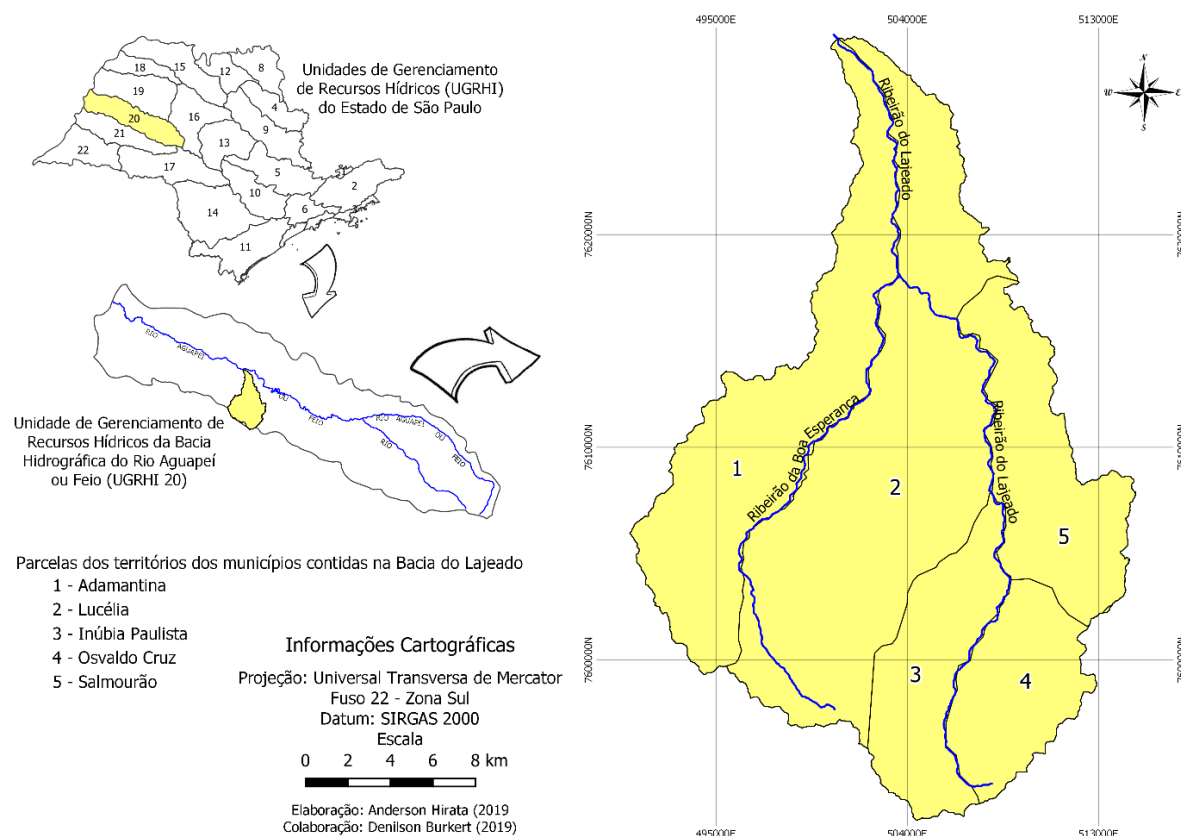
O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de se caracterizar e analisar a morfometria da bacia do ribeirão Lajeado por meio da adoção de técnicas de geoprocessamento, com vistas à contribuir com estudos e planejamentos de atividades desenvolvidas na bacia hidrográfica e, assim, colaborar com a gestão dos recursos hídricos.

3 Materiais e métodos

3.1 Área de Estudo

A bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado é utilizada como corpo receptor de águas residuárias dos municípios de Adamantina e Lucélia e grande parte de sua área é utilizada para agricultura e pecuária tanto nesses municípios como em Inúbia Paulista, Salmourão e Osvaldo Cruz. A área é localizada entre as coordenadas UTM 489.000 O e 517.000 O; 7.630.000 S e 7.590.000 m S (Fuso 22 S, meridiano central 51 °W), no oeste do Estado de São Paulo (Figura 1).

Figura 1 - Localização da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 20 no Estado de São Paulo (bacia hidrográfica do Rio Aguapeí) e a contribuição dos territórios dos municípios que a compõe.



Fonte: elaboração própria.

O substrato geológico aflorante nas bacias dos rios do Peixe e Aguapeí é constituído por rochas vulcânicas e sedimentares da Bacia do Paraná de idade mesozóica e depósitos aluvionares de idade cenozóica (MANOEL e ROCHA, 2017). O solo da área é classificado como argissolo vermelho-amarelo, eutrófico a moderado, textura arenoso-média, apresentando topografia ondulada, sendo de média a alta susceptibilidade à erosão (SURIANI *et al.*, 2009).

O clima da área é do tipo Cwa, segundo a classificação de Köppen, caracterizado pela presença de um período seco (inverno), sob influência predominante dos sistemas polares e um período chuvoso (verão), influenciado pelos sistemas tropicais (MONTEIRO, 1973). A precipitação média anual é de 1.300 mm, com uma temperatura média anual está em torno de 22 °C, sendo o mês mais quente é em torno de 26 °C e o mês mais frio por volta de 17 °C (CAVICHOLI *et al.*, 2011).

3.2 Análise Morfométrica

Para a delimitação da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado utilizou-se o Modelo Digital de Elevação (MDE) do projeto TopoData do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) descrito por Valeriano e Rossetti (2010). As cenas utilizadas nesse trabalho foram as das regiões 21-S-525 e 21-S-51.

A delimitação da bacia hidrográfica foi operacionalizada, através do software QGIS versão 2.18, pelo qual foram operadas ferramentas do algoritmo TauDEM (*Terrain Analysis Using Digital Elevation Model*) versão 5.1.2 de forma a se extrair a área de interesse no MDE com resolução espacial original de 30 m. A metodologia adotada foi aplicada nos trabalhos de Schmitt e Moreira (2015), Santos (2015), Nicolete *et al.* (2015) e Leal *et al.* (2017).

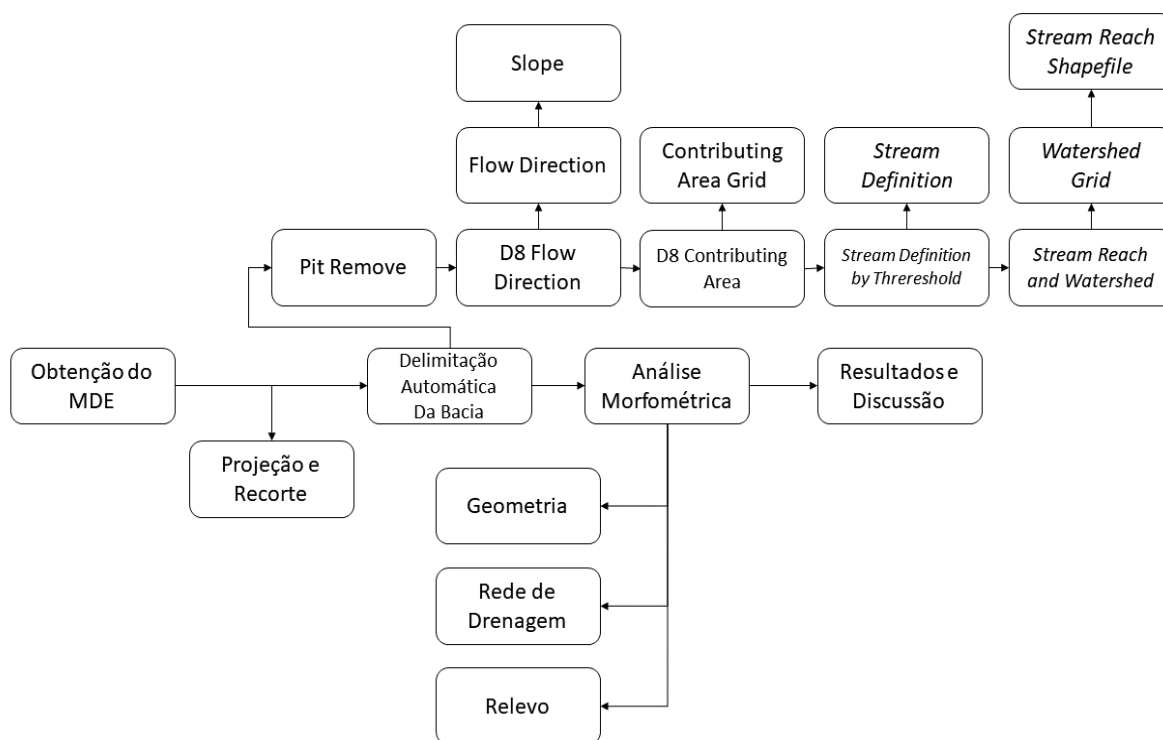
Após a estruturação do MDE executou-se as projeções dos mesmos, passando do sistema de coordenadas geográficas para o sistema de coordenadas planas; esse procedimento foi necessário para determinação da área e perímetro em projeção UTM. Em seguida, realizou-se o recorte do MDE que abrange a bacia utilizando um retângulo envolvente, com o objetivo de reduzir significativamente o tamanho da imagem, o que tornou os processamentos posteriores mais rápidos.

Posteriormente, seguiu-se o seguinte fluxo de trabalho com o algoritmo TauDEM, descrito, para a obtenção do divisor topográfico da bacia.

- Aplicação do *Pit Remove* para a correção do MDE e remoção de pixels que poderiam comprometer a continuidade do fluxo da água;
- Uso do algoritmo *D8 Flow Direction* para definição do fluxo, pixel a pixel em apenas uma direção dentro de oito possíveis caminhos em relação aos pixels vizinhos. Essa etapa gerou dois arquivos, sendo que um apresentou o caminho das águas (*Flow Direction*) e o segundo a declividade (*Slope*). Esse segundo arquivo não foi utilizado.
- Execução do *D8 Contributing Area* que consistiu na representação da linha composta pelos pixels selecionados na etapa anterior e nesta etapa foi possível definir o exutório da bacia, obtendo-se a área de contribuição a montante desse ponto, com o nome de *D8 Contributing Area Grid*;
- Geração de um raster (*Stream Definition*) contendo a rede de drenagem por meio do algoritmo *Stream Definition by Threshold* de forma não definitiva.
- Extração da rede de drenagem numérica (*Stream Reach Shapefile*) para a área de estudo com o auxílio do algoritmo *Stream Reach and Watershed*. Como a bacia foi obtida em um arquivo de formato *raster (Watershed)*, converteu-se para o formato vetor (polígono), no qual possibilitou calcular a área e perímetro.

Após a delimitação da bacia hidrográfica fora então realizada a determinação dos parâmetros morfométricos através das características relacionadas com a geometria (área; perímetro; fator de forma; índice de circularidade; coeficiente de compacidade), da rede de drenagem (ordenamento dos cursos d'água; densidade de drenagem; extensão média do escoamento superficial) e de relevo (declividade média; perfil longitudinal do canal principal). Esses parâmetros foram obtidos por meio de processamentos executados no QGIS 2.18. Todo o fluxo de trabalho pode ser observado na (Figura 2).

Figura 2 - Fluxograma das etapas realizadas para delimitação da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado.



Fonte: dados obtidos.

3.2.1 Parâmetros geométricos

- **Área e Perímetro:** Para se obter o valor desses parâmetros foi utilizada a calculadora de campo localizada na tabela de atributos, disponível no QGIS. As expressões utilizadas para obter os resultados foram \$area e \$perimeter.

- **Parâmetros ligados à forma da bacia:** Foram calculados parâmetros de forma a relacionar a forma da bacia com figuras geométricas, que são: Fator de Forma (Ff), Índice de Circularidade (Ic) e Coeficiente de Compacidade (Kc). Os parâmetros foram analisados segundo os autores e fórmulas apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 - Parâmetros selecionados para o cálculo da geometria da bacia hidrográfica.

| Parâmetro | Fórmula | Descrição | Fonte |
|-------------------------------------|---------------------------------------|---|---|
| Fator de forma (Ff) | $Ff = \frac{A}{L^2}$ | Valores próximos de 1 apresentam geometria quadrada. Valores abaixo de 1 apresentam geometria retangular. A - área (km ²); L - Comprimento do eixo da bacia (km) | Horton (1932) e Lima (2008) |
| Índice de Circularidade (Ic) | $IC = 12,57 \times \frac{A}{P^2}$ | Valores próximos de 1 apresentam geometria circular. Valores a baixos de 1 apresentam geométrica estreita e alongada. A - área (km ²); P - perímetro (km) | Cardoso <i>et al.</i> (2006) e Granell-Pérez (2004) |
| Coefficiente de compacidade (Kc) | $Kc = 0,28 \times \frac{P}{\sqrt{A}}$ | Relação entre o perímetro da bacia com o perímetro de um círculo de mesma área, quanto mais próximo de 1 mais circular a bacia representa. A - área (km ²); P - perímetro (km) | Villela e Mattos (1975) |

Org.: pelos autores.

3.2.2 Características da rede de drenagem

- Ordenamento dos cursos d'água: Para a classificação da ordem da bacia do Ribeirão do Lajeado foi utilizado o ordenamento de Strahler, introduzindo o conceito de segmento de rio, onde a junção de dois segmentos de mesma ordem origina um segmento de ordem superior e na união de dois canais de ordens diferentes permanecerá o de ordem maior (CAMPOS *et al.*, 2012). De acordo com Nicolete *et al.* (2015), um dos pontos positivos da metodologia utilizada para gerar bacia hidrográfica é a classificação automática dos cursos d'água através do ordenamento de Strahler.

- Densidade de drenagem (Dd): É a razão entre o comprimento total dos canais e a área da bacia hidrográfica. Este aspecto reflete a influência da geologia, topografia, do solo e da vegetação da bacia hidrográfica, e está relacionada com o tempo gasto para a saída do escoamento superficial da bacia (HORTON, 1932). A expressão utilizada fora proposta pelo autor:

$$Dd = \frac{Lt}{A}$$

Onde o Dd: densidade de drenagem (km/km²); Lt: comprimento total de todos os canais (km); e A: área da bacia hidrográfica (km²).

Para a análise da Dd foi utilizada a classificação elaborada por Beltrame (1994), a qual divide a declividade de acordo com 4 classes variando de baixa a muito alta (Quadro 2).

QUADRO 2 - Classificação dos valores de *Dd*.

| Valores da <i>Dd</i> (km/km ²) | Qualificação da <i>Dd</i> |
|--|---------------------------|
| Menor que 0,50 | Baixa |
| De 0,50 a 2,00 | Mediana |
| De 2,01 a 3,50 | Alta |
| Maior que 3,50 | Muito alta |

Fonte: Beltrame (1994).

● Extensão média do escoamento superficial (*l*): A determinação do parâmetro foi baseada em Villela e Mattos (1975), os quais o definem como a distância em que a água da chuva teria que escoar sobre os terrenos de uma bacia, caso o escoamento ocorresse em linha reta desde onde caiu até o ponto mais próximo no leito de um curso d'água qualquer da bacia. Ainda conforme os autores, a extensão média do escoamento superficial que realmente ocorre sobre os terrenos pode ser bastante diferente dos valores determinados por equações, por motivos que a as equações não levam em conta os fatores como a topografia da área, com isso, esse índice constitui uma indicação da distância média do escoamento superficial. A extensão média do escoamento superficial (*l*) foi calculada a partir da expressão abaixo:

$$l = \frac{A}{4Lt}$$

Lt = comprimento total de todos os canais (km); e *A* = área da bacia hidrográfica (km²).

3.2.3 Relevô

● Declividade média (*DM*): O parâmetro é utilizado para se identificar a vulnerabilidade de áreas à atuação de processos erosivos, isso ocorre devido a declividade possuir grande influência na velocidade com que se dá o escoamento superficial, afetando assim a maior ou menor infiltração de água, oportunizando picos de inundações ou a maior suscetibilidade de erosões dos solos (MACHADO e TORRES, 2012).

Para determinação da *Dm* fora aplicado o método proposto por Granell-Perez (2004):

$$Dm = \frac{\sum 1Cn \times \Delta h}{A} \times 100\%$$

Onde *DM*: declividade média (%); $\sum 1Cn$: soma, em km, dos comprimentos de todas as curvas de nível (km); Δh : equidistância entre as curvas de níveis (km); e *A*: área da bacia (km²).

A análise da declividade na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado foi produzida por meio do QGIS utilizando o mesmo modelo digital de elevação. A partir disto, utilizou-se o algoritmo “*r.reclass*” do *plugin* GRASS com o qual foi possível a classificação de um arquivo

raster. De posse das classes de elevação de toda a bacia, foi possível a divisão das porções de áreas em relação às declividades. Os resultados obtidos foram analisados de acordo com a classificação indicada por Embrapa (2018) para a determinação da relação entre declividade média e relevo (Quadro 3).

QUADRO 3 - Classificação da declividade média (*Dm*) em relação à processos erosivos, relevo e o uso da terra.

| Classe do Relevo | Declividade (<i>Dm</i>) | Relevo |
|------------------|---------------------------|----------------|
| 1 | $\leq 3 \%$ | Plano |
| 2 | $3\% > Dm \leq 8\%$ | Suave ondulado |
| 3 | $8\% > Dm \leq 20\%$ | Ondulado |
| 4 | $Dm > 20 \%$ | Forte ondulado |

Fonte: Embrapa (2018).

- Perfil longitudinal do canal principal: O perfil longitudinal representa o resultado do corte da superfície do terreno em um plano vertical de um rio. É também uma representação gráfica das variações da declividade do canal desde a sua nascente até a foz (GRANELL-PEREZ, 2004). Para obter esse parâmetro foi utilizado o plugin chamado Profile Tool, disponível no QGIS. Esse complemento requereu dois tipos de dados: o formato raster no qual apresenta dados altimétricos do terreno e o formato vetor do qual se pretendeu obter o perfil longitudinal. No presente trabalho foi utilizado o comprimento do curso d'água principal (vetor) e o modelo digital de elevação (raster), respectivamente.

4 Resultados e discussão

4.1 Parâmetros geométricos

A partir da delimitação automática da bacia do Ribeirão Lajeado foi possível verificar que sua área se encontra dividida entre os municípios de Lucélia (40,24 %), Adamantina (24,38 %), Salmourão (13,96 %), Inúbia Paulista (11,54 %) e Osvaldo Cruz (9,88 %), somando uma *A* total de 448,38 km² (Tabela 1). O valor da área da bacia a partir da delimitação automática foi 3,14% inferior ao descrito no Relatório Zero realizado pelo Comitê de Bacia Hidrográfica dos rios Aguapeí e Peixe (CBH-AP, 1997).

Essa diferença a que equivale a 14,08 km² era aguardada devido às bases de dados utilizadas em ambas situações serem provenientes de fontes distintas. Em relação ao tamanho da bacia, essa diferença pode ser considerada pequena, tornando o valor da área obtido

confiável. No entanto, utilizar resultados provenientes de modelos digitais de elevação torna-se mais adequado, uma vez que dados oriundos de cartas topográficas fornecidas, como por exemplo, pelo IBGE (as quais são utilizadas na elaboração do Relatório Zero) podem apresentar resultados inconsistentes ou desatualizados, como observado por Piroli (2013).

A partir dos dados gerados é possível se verificar que a área da bacia representa distinta influência na área territorial dos municípios que a compõe, sendo: 60% do território Inúbia Paulista; 57% de Lucélia; 36% de Salmourão; 27% de Adamantina; 18% de Osvaldo Cruz (Tabela 1).

Tabela 1 - Valores das áreas dos municípios localizados na bacia do Ribeirão Lajeado e a respectivas participações da área da bacia em seus territórios.

| Município | Área Total (km ²) | Área na Bacia | |
|-----------------|-------------------------------|--------------------|-----|
| | | (km ²) | (%) |
| Adamantina | 411,43 | 109,30 | 27 |
| Inúbia Paulista | 86,69 | 51,73 | 60 |
| Lucélia | 314,19 | 180,45 | 57 |
| Osvaldo Cruz | 247,90 | 44,30 | 18 |
| Salmourão | 172,60 | 62,60 | 36 |

Fonte: dados obtidos.

O valor de A serve como parâmetro básico inicial para realizar a análise morfométrica, a partir da qual se pode combinar com outras variáveis. Corresponde a toda a área drenada pelo conjunto do sistema fluvial, em projeção horizontal, inclusa entre seus divisores topográficos (MACHADO e TORRES, 2012). Collischonn e Tassi (2008) definiram a área como um dado fundamental para determinar a potencialidade hídrica de uma bacia, uma vez que, a própria bacia, é a região de captação da água precipitada. Machado *et al.* (2011) observaram que, quanto maior o valor de A , maiores os esforços de monitoramento, pressupondo também uma maior diversidade de ambientes.

O valor de P corresponde à extensão da linha que limita os divisores de água, ou seja, aquela que circunda a bacia. O valor obtido nesse estudo foi de 153,30 km. Esse parâmetro serve como variável para análise, principalmente nas formas que podem descrever uma bacia como sendo propícia a enchentes ou não (SANTOS, 2004). Após definir-se o contorno da bacia hidrográfica tem-se a representação de seu formato, o qual representa uma influência sobre o escoamento global e uma vez analisado o formato da bacia, pode-se observar a dinâmica da precipitação e averiguar se no local há risco de enchentes.

Segundo o Villela e Mattos (1975), o conhecimento da forma da bacia é importante devido ao tempo de concentração, definido como o tempo necessário para que toda a precipitação chegue ao exutório da mesma. Segundo os mesmos autores, a forma de uma bacia

hidrográfica de grande extensão apresenta a forma de um leque, por outro lado, nas sub bacias com cursos d'água menores, o formato pode variar dependendo da estrutura geológica do terreno, podendo atuar sobre o comportamento hidrológico da bacia. Além disso, esse parâmetro demonstra se uma bacia é ou não propensa ao risco da ocorrência de enchentes. Em função disso, foram analisados quatro parâmetros relacionados à forma da bacia (Tabela 2).

TABELA 2 - Resultados dos parâmetros morfométricos relacionados à forma da bacia do Ribeirão Lajeado.

| Parâmetro | Resultado |
|--------------------------------------|-----------|
| Fator de Forma (F_f) | 0,328 |
| Índice de Circularidade (I_c) | 0,240 |
| Coeficiente de Compacidade (K_c) | 2,037 |
| Comprimento eixo da bacia | 37 km |

Fonte: dados obtidos.

Villela e Mattos (1975) descrevem que F_f representa se uma bacia é retangular ou alongada. De acordo com Horton (1932), quanto menor o F_f , ou seja, mais longa e estreita a bacia, menor a chance da ocorrência de enchentes, uma vez que há menos possibilidade de ocorrência de chuvas intensas cobrindo simultaneamente toda a sua extensão, além da contribuição dos tributários atingirem o curso d'água principal em vários pontos, o que evita a acumulação da água ao mesmo tempo. As bacias hidrográficas que apresentam valores de F_f no intervalo de 0,75 a 1 apresentam alta propensão a grandes enchentes, enquanto que, bacias hidrográficas com valores abaixo de 0,50 apresentam baixa tendência à enchente. Sendo assim, de acordo com os dados obtidos (Tabela 2), a bacia do Ribeirão Lajeado apresentou um F_f considerado baixo, determinando um formato geométrico alongado, fato que colabora para uma baixa susceptibilidade a enchentes na bacia.

A partir do I_c pode se avaliar o quão circular uma bacia hidrográfica pode ser. À medida que o índice se aproxima de 1, mais circular é a bacia e maior a probabilidade de enchentes súbitas no curso de água principal provocadas por precipitações intensas, por outro lado, quanto mais afastado for de 1, mais alongada e estreita é a bacia e menores as chances de ocorrerem enchentes (SILVA *et al.*, 2016). Segundo Machado e Torres (2012), isso ocorre devido a água procedente das vertentes e dos tributários que chegam ao curso de água principal tenderem à simultaneidade, ou seja, concentram-se num curto espaço de tempo, gerando um pico de vazão ou deflúvio. O I_c determinado para a bacia do Ribeirão Lajeado se encontra distante do valor 1 (Tabela 2), o que lhe representa uma forma alongada, estreita e, conseqüentemente, com baixa probabilidade a enchentes.

Já o K_c relaciona o perímetro da bacia com o perímetro de um círculo de mesma área. De acordo com Villela e Mattos (1975), quanto mais irregular for a bacia maior será o coeficiente de compacidade, ou seja, na bacia haverá uma menor possibilidade de ocorrer enchentes. Por outro lado, quanto mais próximo do valor 1, mais circular será a bacia e, essa, será mais sujeita a enchentes. Segundo Mello e Silva (2013), as bacias hidrográficas que apresentam valores de K_c inferiores a 1,25 representam alta propensão a grandes enchentes, enquanto, as que apresentam valores acima de 1,50 possuem tendência a conservação, ou seja, não estarão sujeitas a enchentes. O K_c calculado para a bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado foi de 2,037, representando uma tendência relativamente baixa para eventos de enchentes.

A obtenção de índices para determinar a forma da bacia e o conhecimento das vazões máximas associadas a determinado risco de ocorrência são importantes para a obtenção de áreas sujeitas à inundação, sendo fundamental a adoção de medidas estruturais e não estruturais para controle ou atenuação do efeito das cheias, fornecendo, também, parâmetros necessários ao entendimento de problemas relacionados à erosão e ao depósito de material sólido carregado pelas águas (EUCLYDES; FERREIRA, 2002). No entanto, segundo Olszewski *et al.* (2011), esses índices podem ser considerados de pouca precisão, pois a ocorrência de enchentes na realidade é em função do relevo acidentado, dos solos rasos e dos intensos processos de desmatamento e de uso da terra da bacia estudada.

Assim sendo, mesmo que a bacia do Ribeirão Lajeado não apresente propensão para a ocorrência de enchentes, esses eventos podem vir a ocorrer em decorrência da intensificação do uso desordenado do solo juntamente com impermeabilização cada vez maior nos centros urbanos e pela incidência de eventos climáticos extraordinários.

O comprimento do eixo da bacia foi de 37 km (Tabela 2), o qual foi calculado utilizando a régua do QGIS. Esse valor representa a distância mais longa entre dois pontos e foi utilizada para o cálculo do parâmetro F_f .

4.2 Parâmetros da rede de drenagem

A classificação do ordenamento da rede de drenagem, de acordo com o ordenamento de Strahler, oferece parâmetros mediante os quais podem se conhecer o grau de ramificação e ou a bifurcação que se tem dentro da bacia hidrográfica (SANTOS, 2004; CAMPOS *et al.*, 2012). Além disso, foi possível quantificar a extensão dos cursos d'água para se calcular os demais parâmetros. A partir da delimitação automática da bacia do Ribeirão Lajeado utilizando o

TauDEM foi possível verificar que a área possui uma rede de drenagem com hierarquia de sexta ordem (Tabela 3).

A rede de drenagem da bacia do Ribeirão Lajeado possui 1.234 feições d'água que somando-se obtém um total de 635,96 km (Figura 3).

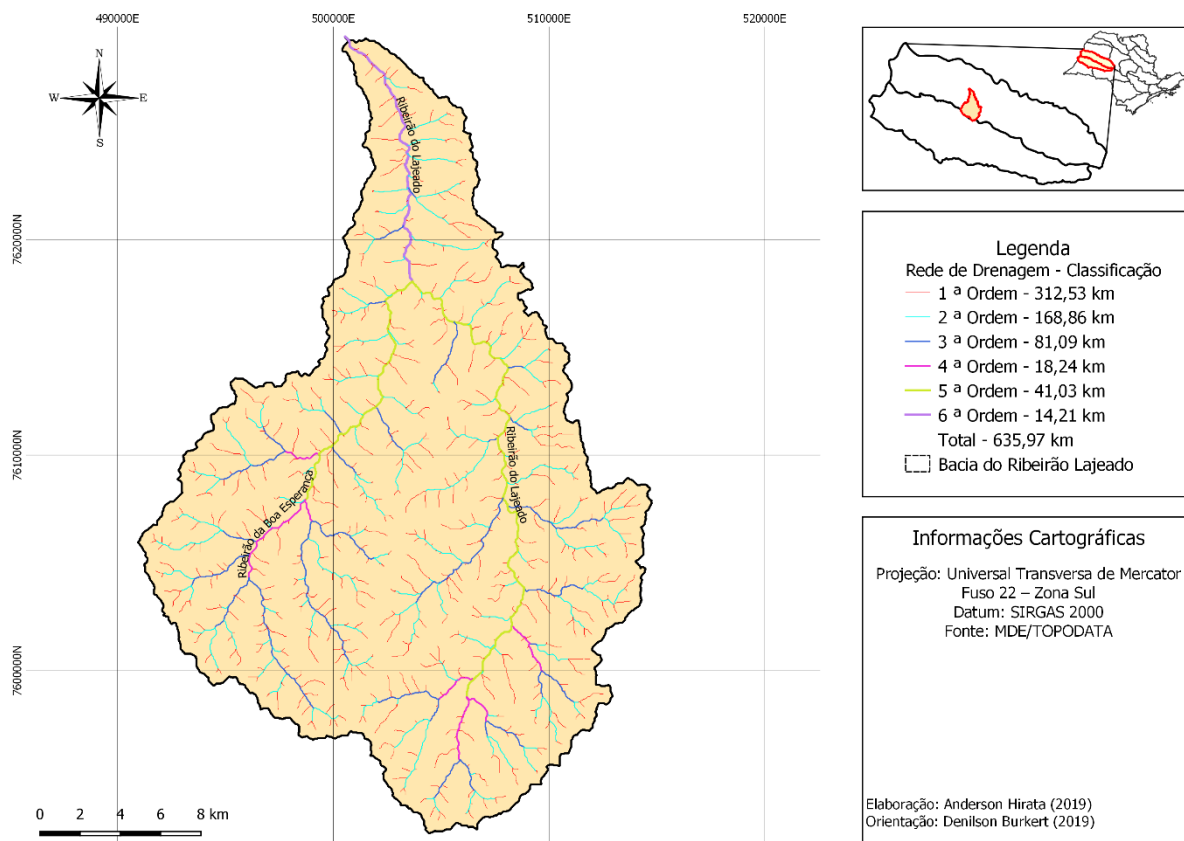
TABELA 3 - Resultados dos parâmetros morfométricos relacionados à rede de drenagem forma da bacia do Ribeirão Lajeado.

| Parâmetro | Resultado |
|--|-------------------------|
| Ordenamento da Rede de Drenagem | 6ª Ordem |
| Extensão total dos cursos d'água | 635,96 km |
| Extensão Média do Escoamento Superficial (l) | 0,176 km |
| Densidade de Drenagem (Dd) | 1,41 km/km ² |

Fonte: dados obtidos.

Villela e Mattos (1975) consideram que quanto mais ramificada a rede, ou seja, de maior ordem, mais eficiente será a drenagem, isso porque a água da chuva, depois de se ter iniciado o escoamento superficial, vai percorrer uma extensão menor até encontrar um curso d'água. Essa extensão onde ocorre o escoamento superficial é denominada como a Extensão Média do Escoamento Superficial. A partir desse indicador pode se verificar uma relação inversa à densidade de drenagem na bacia do Ribeirão do Lajeado, ou seja, com a extensão de 0,176 km significa que, em média, a precipitação irá percorrer 176 m até encontrar o próximo canal fluvial.

FIGURA 3 - Mapa hidrológico da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado.



Fonte: elaboração própria.

A densidade de drenagem é um parâmetro importante para a análise morfométrica. Segundo Baratto e Trentin (2012), essa variável representa a quantidade disponível de canais de escoamento em bacias hidrográficas. Ainda de acordo com os autores, o tipo de solo existente no local influencia na densidade de drenagem, uma vez que as rochas menos permeáveis permitem um maior escoamento superficial, conseqüentemente formando um número maior de cursos d'água. Por outro lado, em solos arenosos ocorre uma maior infiltração da água, dificultando a formação de canais fluviais.

Segundo Milani *et al.* (2000), a densidade de drenagem reflete na propriedade de transmissibilidade do terreno e conseqüentemente na suscetibilidade a erosão. Uma área com um índice elevado de densidade de drenagem é resultante da baixa transmissibilidade do terreno e, portanto, mais sujeita a erosão.

A classificação da Dd elaborada por Beltrame (1994) permite conhecer o potencial de escoamento superficial da bacia hidrográfica que, conseqüentemente, conduzirá a uma maior ou menor intensidade dos processos erosivos na esculturação de canais. A bacia do Ribeirão Lajeado apresenta uma Dd correspondente a 1,41 km/km² que, de acordo com a classificação

(Quadro 2) pode ser considerada como mediana, representado que a bacia apresenta um grau mediano de susceptibilidade a processos erosivos.

Esse resultado está de acordo com Manoel (2016) o qual relata que na bacia hidrográfica do Aguapeí, na qual se localiza a área de estudo, apresenta uma densidade de drenagem que varia de pobre a regular ocasionada pela alta porosidade dos solos e pelo embasamento rochoso que a recobre decorrente da contribuição regional dos arenitos. Esses materiais são provenientes da Formação Adamantina do Grupo Bauru, as quais apresentam rochas com alto grau de porosidade, o que facilita o processo de infiltração da água, assim apresentando subordinação às litologias existentes nas bacias hidrográficas. Assim sendo, observa-se que a bacia do Ribeirão Lajeado apresenta solos com alta porosidade, o que favorece a infiltração da água em seus interstícios, permitindo com que a água infiltre e dificultando a formação de novos canais superficiais no interior da bacia.

4.3 Parâmetros do relevo

Além dos parâmetros referentes à rede hidrográfica, é importante conhecer o comportamento topográfico da área, uma vez que o fator geográfico do clima tem grande influência sobre os fatores meteorológicos e hidrológicos, pois a velocidade do escoamento superficial é determinada pela declividade do terreno e, além disso, a temperatura, a precipitação, a evaporação entre outras variáveis meteorológicas são funções da altitude da bacia, por isso se torna importante a análise das características topográficas do terreno da bacia (VILLELA e MATTOS, 1975). Sendo assim, com a análise das variáveis topográficas do terreno da bacia do Ribeirão Lajeado, identificou-se que a área apresenta uma amplitude altimétrica (diferença entre a elevação máxima e a elevação mínima) de 195 m, sendo a menor altitude de 295 m (próximo à confluência com o Rio Aguapeí) e a maior altitude de 490 m (no espigão entre os municípios de Osvaldo Cruz e Inúbia Paulista).

O conhecimento da altitude de uma bacia se torna importante, uma vez que a partir de dados altimétricos é possível gerar as curvas de níveis, que são utilizadas para gerar dados referentes ao relevo, além de permitir determinar a declividade (GRANELL-PÉREZ, 2004).

Medeiros *et al.* (2017) descrevem que a declividade média representa técnica imprescindível de apoio no apontamento das áreas mais propensas à ação erosiva. De acordo com os mesmos autores, quanto maior a inclinação do terreno, maior é a probabilidade de ocorrência de erosões, uma vez que a precipitação irá percorrer o terreno com maior velocidade devido à inclinação e conseqüentemente a água ganhará cada vez mais força para desagregar o solo,

carregando-o para a jusante. Nardin e Robaina (2005) destacam que a análise da declividade representa relevância no estudo das potencialidades de utilização da área em que se relacionam aos tipos de uso e ocupação da terra.

O valor para a declividade média de toda a bacia do Ribeirão Lajeado foi de 6,67% (Tabela 4), o que representa um relevo suave ondulado.

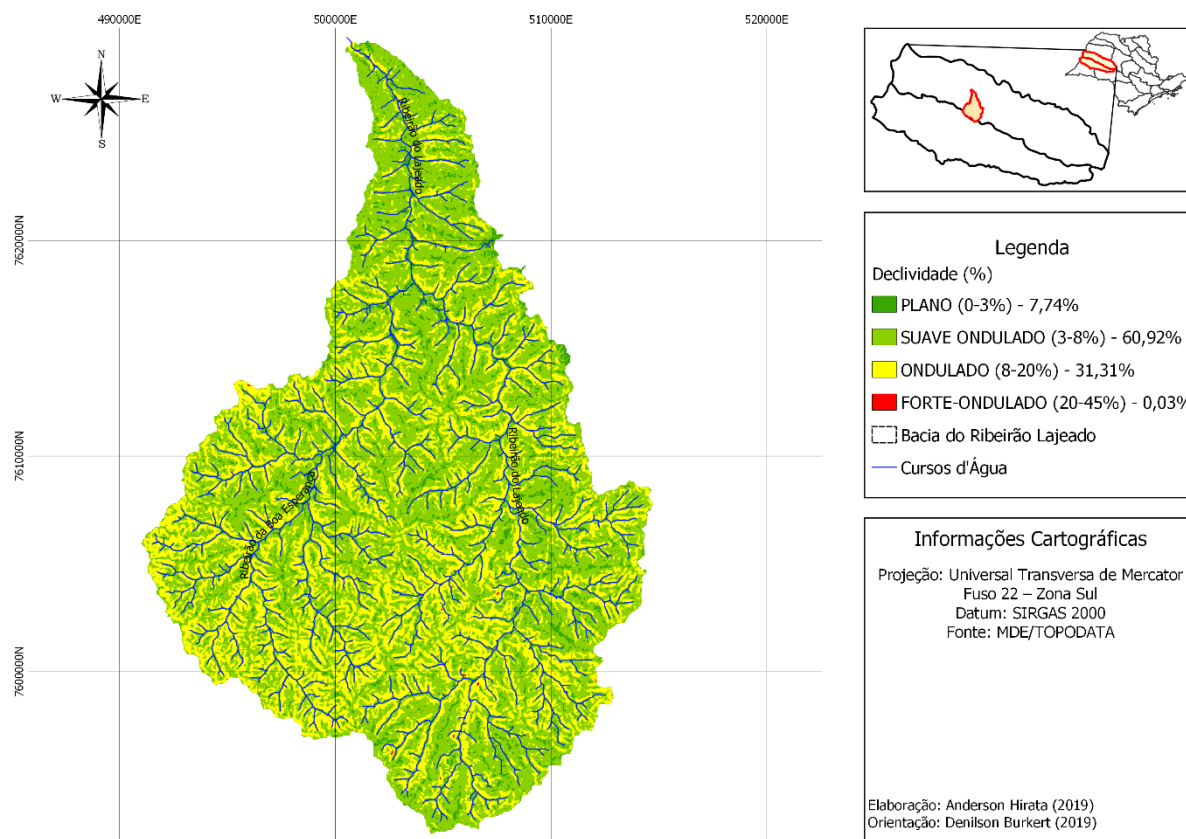
TABELA 4 - Resultados dos parâmetros morfométricos relacionados à rede de drenagem da bacia do Ribeirão Lajeado.

| Parâmetros | Valores |
|---------------------------------|----------------|
| Declividade Média (Dm) | 6,67 % |
| Σ Curvas de Níveis | 996,32 km |
| Equidistância da curva de nível | 30 m |

Fonte: dados obtidos.

Pode se verificar que, de acordo com a distribuição das áreas da bacia por classe de declividade (Figura 4) e (Tabela 5), a maior parte da superfície da bacia (60,92%) é representada pela classe 2, na qual as áreas estão sujeitas a maior velocidade de escoamento. Nestes locais a conservação da vegetação ciliar deve assumir maior relevância para a preservação e manutenção da qualidade do recurso hídrico, sendo que em áreas com declividade menor que 8% apresentam ligeira suscetibilidade à erosão.

FIGURA 4 - Mapa da distribuição das áreas da bacia do Ribeirão Lajeado de acordo com distribuição da declividade média.



Fonte: elaboração própria.

Granell-Pérez (2004) recomenda a utilização dessas áreas (com declividades menores que 8,7%) para a implantação de atividades agrícolas e pecuárias, levando-se em consideração a necessidade de se intensificar a aplicação de técnicas de manejo e conservação do solo, as quais podem contribuir para a conservação e preservação ambiental. Ramalho Filho e Beek (1995) indicam que a prática de lavouras nessas áreas, pode levar à perda de 25% ou mais do solo superficial ao longo do tempo, por isso há a necessidade de se associar práticas conservacionistas do solo para prevenir essa perda.

Por outro lado, a bacia apresenta 7,74% de sua área total com declividades de classe 1. Conforme Ramalho Filho e Beek (1995), áreas que apresentam relevo plano (0 a 3% de declive) não são suscetíveis à erosão.

TABELA 5 - Distribuição das áreas da bacia do Ribeirão Lajeado de acordo com as classes de Declividade Média (Dm).

| Classe | Declividade | Área | |
|--------|---------------|-----------------|-------|
| | | km ² | % |
| 1 | Dm ≤ 3 % | 34,70 | 7,74 |
| 2 | 3% > Dm ≤ 8% | 273,15 | 60,92 |
| 3 | 8% > Dm ≤ 20% | 140,40 | 31,31 |
| 4 | Dm > 20 % | 0,13 | 0,03 |

Fonte: dados obtidos.

Conforme Granell-Pérez (2004), áreas com declividade de 0 a 3,5% são passíveis do aproveitamento para qualquer atividade agrícola, infraestrutura variada além de serem locais favoráveis para a urbanização, uma vez que apresentam um relevo plano e que possui baixa perda de solo. No entanto, as áreas com essa classe de declividade encontram-se próximas aos cursos d'água, ou seja, nas áreas de preservação permanente, por isso podem ocorrer dificuldades em sua utilização, uma vez que seria necessária a intervenção ou a supressão da vegetação nativa presente nas áreas, conforme o BRASIL (2012).

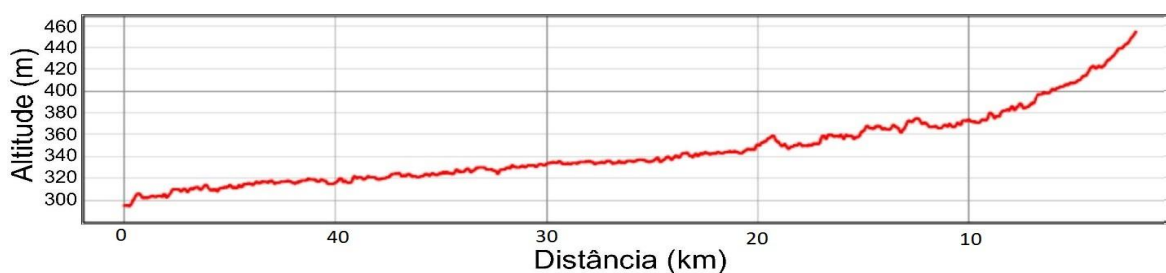
Áreas em que a declividade é de classe 3 apresentam relevo ondulado. Machado e Torres (2012) descrevem estas áreas com moderada suscetibilidade à erosão. Já Ramalho Filho e Beek (1995) relatam que as áreas com relevo moderadamente ondulado (8 a 13% de declive) apresentam uma suscetibilidade moderada, enquanto as áreas com relevo ondulado (13 a 20% de declive) possuem uma alta suscetibilidade à processos erosivos. Nas áreas com essa declividade (classe 3), o que corresponde a 31,31% da bacia, não se recomenda a urbanização e construção de infraestruturas, uma vez que apresentam susceptibilidade ao movimento de massas (solo) e facilidade para o surgimento de sulcos e ravinas (GRANELL-PÉREZ, 2004). Cerca de 0,03% da área total da bacia do Ribeirão Lajeado apresenta um relevo forte ondulado (classe 4), no qual Machado e Torres (2012) relatam uma forte susceptibilidade à erosão. Portanto, de um modo geral a bacia do Ribeirão Lajeado apresenta 92,23% (classes 2, 3 e 4) da sua área, com risco à processos erosivos de nível médio a alto, e que as atividades agrícolas e pecuárias realizadas nestas áreas necessitam de implementações de práticas de conservação do solo para que a bacia não sofra grandes perdas de solos por processos erosivos e, consequentes prejuízos aos recursos hídricos.

Guedes *et al.* (2006) relatam que o conhecimento do perfil longitudinal do canal principal se faz necessário, uma vez que em percursos com inclinações muito fortes há maior instabilidade do comportamento hidráulico corrente, fazendo com que haja erosão do talvegue;

por outro lado, em locais com baixa inclinação o comportamento hidráulico é estável, fazendo com que não ocorram processos erosivos.

A nascente do Ribeirão Lajeado está localizada no município de Osvaldo Cruz a uma altitude de 454 m acima do nível do mar. O curso do Ribeirão se estende por um trecho de 47,90 km até desaguar no Rio Aguapeí, na altitude de 297 m acima do nível do mar (Figura 5).

FIGURA 5 - Perfil longitudinal (direção SE-NO) do canal principal do Ribeirão Lajeado – SP.



Fonte: elaboração própria.

Nos primeiros 10 km após a nascente do curso principal, o curso apresenta inclinação muito forte (8,4 m/km), nos próximos 20 km já há uma diminuição na inclinação do canal fluvial (1,5 m/km) e nos restantes, até o encontro com o Rio Aguapeí a inclinação sobe novamente (2,40 m/km). Sendo assim, os primeiros 10 km do canal principal requerem uma maior atenção quanto à sua preservação em consequência de apresentarem alta inclinação, sendo importante a conservação das matas ciliares, principalmente neste trecho, e na bacia como um todo. Além disso, foram observados sobressaltos no perfil longitudinal entre os trechos de 10 e 20 km (Figura 5). Conforme Porto *et al.* (2013) esses sobressaltos são resultados de movimentações neotectônicas as quais compõem a conformação geomórfica encontrada na bacia do Rio Aguapeí.

Os dados obtidos neste trabalho vêm ao encontro das necessidades para a gestão da bacia do Ribeirão Lajeado, assim como para a bacia hidrográfica do Rio Aguapeí, onde a sub bacia se encontra inserida. Tais informações podem contribuir aos muitos desafios relacionados à preservação dos recursos hídricos por eventos erosivos e de assoreamento, provocados tanto pela falta de planejamento do uso e ocupação do solo urbano e rural, como pela carência de práticas de controle das drenagens, de conservação do solo e preservação de vegetação ciliar (CBH-AP, 1997 e CBH-AP, 2014).

Com o uso das informações geradas pelo mapa de declividade da bacia do Ribeirão Lajeado, elaborado através do modelo digital de elevação, pode se orientar o planejamento do uso do solo na bacia, uma vez que é possível verificar áreas passíveis de aproveitamento para

usos agrícolas de acordo com as suas específicas necessidades de conservação conforme o potencial de suscetibilidade a processos erosivos.

5 Conclusão

De acordo com a análise da morfometria pode se concluir que a bacia do ribeirão Lajeado detém formato estreito e alongado o que favorece o escoamento superficial da precipitação em direção ao curso d'água principal. Essas características indicam que existe um reduzido potencial na ocorrência de enchentes e inundações ao longo do curso principal do córrego. No entanto, a bacia apresenta áreas, em sua maioria, com declividade de média a alta, fato que a predispõe a ocorrência de processos erosivos.

Sendo assim, deve se evitar o uso das áreas na bacia com essas declividades, sobretudo, quando detiverem solos com elevada capacidade de erosão, o que causará um efeito sinérgico ao potencial de erodibilidade. Dessa maneira, estudos sobre os aspectos físicos do solo na bacia poderão contribuir para a redução desses efeitos. Em função dessas características, é fundamental a aplicação de práticas de conservação do solo, principalmente, quando desenvolvidas atividades como pecuária e agricultura na bacia.

Por fim, é necessário se obter maiores informações sobre os componentes hidrológicos, físicos, ecológicos, além do processo de desenvolvimento urbano na bacia, a fim de se garantir um adequado planejamento para o uso do solo e o devido aproveitamento da bacia do Ribeirão Lajeado.

Agradecimentos

Os autores expressam seus agradecimentos ao CNPq e à UNIFAI, pelo auxílio financeiro concedido para a realização do trabalho.

Referências

BARATTO, D.S.; TRENTIN, R. Análise das Unidades de Relevo da Bacia Hidrográfica do Arroio Puitã (RS). **Revista Geonorte**, Edição Especial, v. 3, n. 4, p. 543-555, 2012.

BELTRAME, A.V. **Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo e aplicação**. Florianópolis: UFSC, 1994.

BRASIL. **Lei Federal n.12.651**, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Brasília: Presidência da República, 2012.

CAMPOS, S.; PISSARRA, T.C.T.; CARREGA, E.F.B. Geoprocessamento Aplicado na Avaliação Morfométrica da Microbacia do Ribeirão Tabuleta – Piquete (SP). **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 8, n. 2, p. 422-436, 2012.

CARDOSO, C.A.; DIAS, H.C.T.; SOARES, C.P.B.; MARTINS, S.V. Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. **Revista Árvore**, v. 30, n. 2, p. 241-248, 2006.

CAVICHIOLO, J.C.; CORRÊA, L.S.; GARCIA, M.J.M.; FISCHER, I.H. Desenvolvimento, produtividade, e sobrevivência de maracujazeiro amarelo enxertado e cultivado em área com histórico de morte prematura de plantas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 2, p. 567-574, 2011.

COELHO, A.L.N. Situação Hídrico-Geomorfológica da Bacia do Rio Doce com base nos dados da série histórica de vazões da estação de Colatina – ES. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia v. 6, n.19, p. 56-79, 2006.

COLLISCHONN, W.; TASSI, R. **Introduzindo hidrologia**. IPH – UFRGS, 5ª versão. 2008. 151p.

COMITÊ DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS AGUAPEÍ E PEIXE (CBH-AP). **Relatório zero**: Relatório de situação dos recursos hídricos das bacias dos rios Aguapeí e Peixe (UGRHI 20 - 21). Marília, 1997. Disponível em <<http://cbhap.org/publicacoes/relatorioz/>>. Acesso em: 20 dez. 2018.

_____. **Plano de bacia das unidades de gerenciamento de recursos hídricos do Aguapeí e Peixe (UGRHI 20 - 21)**. Marília, 2014. Disponível em <<http://cbhap.org/publicacoes/plano-de-bacia-hidrografica.html>>. Acesso em: 20 dez. 2018.

COSTA, R.C.A. **Indicadores morfométricos: uma ferramenta no diagnóstico da vulnerabilidade ambiental**. 2015. 78 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2015.

DIBIESO, E.P. **Planejamento ambiental e gestão dos recursos hídricos: estudo aplicado à bacia hidrográfica do manancial do alto curso do Rio Santo Anastácio – SP**. 2013. 283 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, 2013.

DINESH, S. Computation and characterization of basic morphometric measures of catchments extracted from digital elevation models. **Journal of Applied Sciences Research**, v. 11, n. 4, p. 1488-1495, 2008.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos**. 5ª ed., rev. e ampl. – Brasília, DF. 2018.

EUCLYDES, H.P.; FERREIRA, P.A. Regionalização de vazão máxima, mínima e média de longo período e da curva de permanência para a bacia do Alto e Médio São Francisco. In: **Tecnologia para elaboração de projetos hidroagrícolas em bacias hidrográficas**. Viçosa: UFV- RURALMINAS, 2002.142p. (Boletim Técnico, n. 6).

FERNANDES, M.R.; SILVA, J.C. **Programa Estadual de Manejo de Sub Bacias Hidrográficas: Fundamentos e estratégias**, Belo Horizonte: EMATER/MG. 1994. 24 p.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

GONÇALVES, A.K. **Análise Ambiental e Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Córrego Santo Antônio - São Francisco Xavier (SP)**. 2016. 81 f. Dissertação (Mestre), Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Campus de Botucatu, 2016.

GRANELL-PÉREZ, M.D.C. **Trabalhando geografia com as cartas topográficas**. Ijuí: Unijui, 2004, 128p.

GUEDES, I.C.; SANTONI, G.C.; ETCHBEHERE, M.L.C.; STEVAUX, J.C.; MORALES, N.; SAAD, A.R. Análise de perfis longitudinais de drenagens da bacia do rio Santo Anastácio (SP) para detecção de possíveis deformações neotectônicas. **Revista UnG – Geociências**, v. 5, n. 1, p. 75-102, 2006.

HORTON, R.E. Drainage Basin Characteristics. **Trans American Geophysical Union**, v. 13, p. 350-361, 1932.

KOHORI, C.B. **Mudanças no uso da terra no alto curso da bacia do Ribeirão dos Ranchos – Adamantina/SP e impactos sobre os cursos d’água**. 2017. 110 f. Dissertação (Mestre), Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Campus de Presidente Prudente, 2017.

LEAL, R E.; MEDEIROS, L.T.B.; QUEIROZ, J.D.S.; BRITO, G.L.; COIADO, L.L. Utilização das extensões TauDEM e ArcHydro: um estudo comparativo aplicado à delimitação automática de bacias hidrográficas no Estado do Pará. **Revista SEAF**, v. 1, p. 204-218, 2017.

LIMA, W.P. **Hidrologia Florestal Aplicada ao Manejo de Bacias Hidrográficas**. Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, 2008, 2 ed., 253 p.

MACHADO, G.; SOUZA, J.O.P. Análise Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Chôco – Ibaiti – PR. **Anais do X Encontro de Geógrafos da América Latina**, Universidade de São Paulo, p. 8366-8382, 2005.

MACHADO, P.J.; TORRES, F.T.P.O. **Introdução à Hidrogeografia**. Cengage Learnin, São Paulo. 2012, 178 p.

MACHADO, R.A.S.; LOBÃO, J.C.B.; VALE, R.M. C.; SOUZA, A.P.M.J. Análise morfométrica de bacias hidrográficas como suporte à definição e elaboração de indicadores para a gestão ambiental a partir do uso de geotecnologias. **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Curitiba, PR, Brasil, INPE, p. 1441-1448, 2011.

MANOEL, J.L., Levantamento e Análise das Densidades de Drenagens das Bacias Hidrográficas dos Rios Aguapeí e Peixe. **Anais XVIII Encontro Nacional de Geógrafos. A construção do Brasil: geografia, ação política e democracia**. São Luís, MA, p. 13, 2016.

MANOEL, J.L.; ROCHA, P.C. Levantamento e Análise das Densidades de Drenagens das Bacias Hidrográficas dos Rios Aguapeí e Peixe. **Anais I Congresso Nacional de Geografia Física**, Campinas - SP, 64-74, 2017.

MARINHO, V.L.F.; MORETTI, E.C. Os caminhos das águas: As políticas públicas ambientais e criação dos Comitês de Bacias Hidrográficas. **Geosul**, Florianópolis, v. 28, n. 55, p 123-142, 2013.

MEDEIROS, R.B.; PINTO, A.L.; SÃO MIGUEL, A.E.; GOMES, W.M. Morfometria do Relevo da Bacia Hidrográfica do Córrego Moeda, Três Lagoas/MS. **Revista Formação (online)**, v. 1, n. 24, p. 204-223, 2017.

MELLO, C.R.; SILVA, A.M. **Hidrologia: princípios e aplicações em sistemas agrícolas**. Editora UFLA, 1.ed., 2013, 455 p.

MILANI, J.R.; CANALI, N.E. O sistema hidrográfico do rio matinhos: uma análise morfométrica. **Raega - O Espaço Geográfico em Análise**, v. 4, dez. 2000.

MONTEIRO, C. A. F. **A dinâmica climática e as chuvas no Estado de São Paulo**. São Paulo: IGEOG/USP, 1973. 129 p.

NARDIN, D.; ROBAINA, L E.S. Mapeamento de Unidades do Relevo no Oeste do RS: O Caso da Bacia Hidrográfica do Arroio Miracatú. **Anais do XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**, São Paulo, USP, p. 3576-3588, 2005.

NICOLETE, D.A.P; CARVALHO, T.M; POLONIO, V.D.; LEDA, V.C; ZIMBACK, C.R.L. Delimitação automática de uma bacia hidrográfica utilizando MDE TOPODATA: Aplicações para estudos ambientais na região da Cuesta de Botucatu – SP. **Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, João Pessoa-PB, Brasil, p. 3988-3994, 2015.

OLSZEWSKI, N.; FILHO, E.I.F.; COSTA, L.M; SCHAEFER, G.R.; SOUZA, E.; COSTA, O.D.V. Morfologia e Aspectos Hidrológicos da Bacia Hidrográfica do Rio Preto, Divisa dos Estados do Rio de Janeiro e Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 35, n. 3, p. 485-492, 2011.

PIROLI, E. L. **Introdução ao geoprocessamento**. Ourinhos: Unesp/Campus Experimental de Ourinhos, 2010.

_____. **Geoprocessamento aplicado ao estudo do uso da terra das áreas de preservação permanente dos corpos d'água da bacia hidrográfica do rio Pardo**. 2013. 150 f. Tese (Livredocência em Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento) – Universidade Estadual Paulista, Ourinhos, 2013.

PISSARA, T.C.T.; RODRIGUES, F.M.; POLITANO, W.; GALBIATTI, J.A. Morfometria de microbacias do Córrego Rico, afluente do Rio Mogi-Guaçu, estado de São Paulo, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa/MG, v. 34, n. 4, p. 669-674, 2010.

PORTO, D.R.; PELLEGRINI, P.D.; ETCHEBEHERE, M.L.; SAAD, A.R. Análise morfotectônica da bacia hidrográfica do Rio Aguapeí, planalto ocidental paulista, mediante fluviomorfometria e fointerpretação. **Geociências**, São Paulo – UNESP, v. 32, n. 2, p. 227-246, 013.

RAMALHO FILHO, A; BEEK, K.J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 3 ed., 1995. 65 p.

SANTOS, A.F. **Morfometria da microbacia hidrográfica do Ribeirão faxinal Botucatu – SP e alterações em suas áreas de biomassa no período de 1972 a 2000**. 2004. 59 f. Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2004.

SANTOS, J.P. Delimitação de Bacias Hidrográficas com TauDEM. **Processamento Digital**. 2015. Disponível em: < <http://www.processamentodigital.com.br/>>. Acesso em 18 dez. 2018.

SCHMITT, A; MOREIRA, C.R. Manejo e Gestão de Bacia Hidrográfica Utilizando o Software Gratuito Quantum-GIS. **Revista Cultivando o Saber - Edição Especial**, p. 125-137, 2015.

SILVA, D.C.C.; FILHO, J.L.A.; SALES, J.C.A.; LOURENÇO, R.W. Uso de indicadores morfométricos como ferramentas para avaliação de bacias hidrográficas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 9, n. 2, p. 627-642, 2016.

SURIANI, M. W.; GIL, I. C.; MACHADO, R. E. Análise Ambiental da Microbacia Hidrográfica do Córrego Taipús, Município de Adamantina – SP. **Revista Científica ANAP Brasil**, v. 2, n. 2, p. 10-23, 2009.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1997. 943 p.

VALERIANO, M.M.; ROSSETI, D.F. **Topodata: Seleção de Coeficientes Geoestatísticos para o Refinamento Unificado de Dados SRTM**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2010. 74 p.

VEIGA, T. C., XAVIER-DA-SILVA, J. Geoprocessamento aplicado a identificação de áreas potenciais para atividades turísticas: o caso do município de Macaé – RJ. In: XAVIERDASILVA, J., ZAIDANR. T. (Org.). **Geoprocessamento e análise ambiental: aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

VILLELA, S.M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975, 245 p.