

## CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DAS ROSAS – JUIZ DE FORA (MG)

### MORPHOMETRIC CHARACTERIZATION OF THE RIBEIRÃO DAS ROSAS HYDROGRAPHIC BASIN - JUIZ DE FORA (MG)

Clauber Douglas da Silva Souza\*  
Christian Ricardo Ribeiro\*\*

---

#### RESUMO

Atualmente, tornou-se muito comum a devastação de áreas de extrema importância para a manutenção das características naturais de recursos hídricos, tais como áreas de nascentes, margens de rios e recarga de aquíferos. O presente trabalho tem como objetivo realizar a análise morfométrica de uma bacia hidrográfica, de modo a analisar a susceptibilidade da mesma a inundações e enchentes. Para a metodologia em questão a área de estudo é a bacia do Ribeirão das Rosas, localizado em Juiz de Fora – MG pertencente a bacia do Paraíba do Sul, onde se encontram áreas rurais com atividades agropastoris, áreas urbanas e área de preservação ambiental com atividade antrópica quase nula. Procurou-se entender como o resultado dos parâmetros morfométricos, a influência na dinâmica da bacia com relação à sua susceptibilidade a inundações. O trabalho poderá servir como banco de dados para a gestão da bacia em questão, e também como subsídio para a mitigação de eventos extremos como enchentes e inundações.

**Palavras-chave:** morfometria; enchentes; bacia hidrográfica.

#### ABSTRACT

Currently, it has become very common to devastate areas of extreme importance for the maintenance of the natural characteristics of water resources, such as areas of springs, river banks and aquifer recharge. The present work aims to perform the morphometric analysis of a hydrographic basin, in order to analyze its susceptibility to floods. For the methodology in question, the study area is the Ribeirão das Rosas basin, located in Juiz de Fora - MG belonging to the Paraíba do Sul basin, where there are rural areas with agricultural activities, urban areas and an area of environmental preservation with activity anthropic almost null. We tried to understand how the result of the morphometric parameters, the influence on the dynamics of the basin with respect to its susceptibility to floods. The work could serve as a database for the management of the basin in question, and also as a subsidy for the mitigation of extreme events such as floods.

---

\*Rede de Ensino Doctum – Unidade Juiz de Fora – clauber\_douglas@hotmail.com – graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária.

\*\*Rede de Ensino Doctum – Unidade Juiz de Fora – christianribeiro@doctum.edu.br – Orientador.

## 1. Introdução

Um dos principais responsáveis pela degradação ambiental atualmente é o crescimento acelerado e desordenado nas cidades, onde a dinâmica de uso e ocupação do solo nas bacias de mananciais brasileiros gera os mais diversos impactos nas características naturais do ecossistema. Quanto aos recursos hídricos, a bacia hidrográfica é a principal quantia de estudo do ciclo hidrológico do planeta na superfície terrestre, e também a unidade de implementação de gestão de recursos hídricos. Pires *et al.* (2005, p. 17-18) destacam que o conceito tem sido ampliado ao longo dos anos, sendo a bacia hidrográfica compreendida como um sistema biofísico complexo, que evidencia os sistemas hidrológicos e ecológicos coesos.

A proteção e a preservação desta parcela do meio ambiente fazem-se necessárias através da gestão de mananciais. Nesse contexto, o estudo morfométrico desempenha um papel importante, por meio da quantificação representada pelos parâmetros morfométricos, subsidiando a interpretação dos fenômenos físicos e antrópicos que regem a dinâmica de uma bacia hidrográfica, tais como a susceptibilidade à ocorrência a inundações e enchentes.

Com isso, em consenso com as leis brasileiras e com o cenário hídrico do país, é evidente e de grande importância a compreensão do comportamento da dinâmica da bacia hidrográfica, representado pela análise quantitativa da morfometria, como uma forma de entender a ocorrência de eventos que impactem as comunidades que residem no local. Isso se aplica à Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Rosas, localizada no Município de Juiz de Fora, historicamente caracterizada pela prática de atividades agropastoris e que vem, nos últimos anos, sofrendo os efeitos da expansão urbana desordenada e da ausência do planejamento necessário para garantir a preservação ambiental, conforme aponta o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (PJF, 2015).

Nesse contexto, o objetivo geral do trabalho foi o de realizar a caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Rosas. Os objetivos específicos foram: i. elaborar os mapas de localização, sistema de drenagem, modelo digital de elevação e declividade da bacia; ii. calcular os parâmetros morfométricos da bacia; iii.

analisar os parâmetros morfométricos calculados e os mapas elaborados, especialmente no que se refere à suscetibilidade à ocorrência de inundações.

## 2. Referencial teórico

A bacia hidrográfica, segundo Tucci e Silveira (2012), é a parcela de estudo na superfície terrestre do ciclo hidrológico. Trata-se de um sistema físico-natural no qual a captação da precipitação converge pelo sistema de drenagem, ou seja, dos cursos d'água de maior ponto da cota do relevo para o ponto com a menor cota, chamado saída ou exutório. De acordo com Silveira (2001) e Gribbin (2009), a bacia hidrográfica é uma área de captação natural sobre a qual uma chuva incide e que faz convergir os escoamentos para um único ponto, qual seja o seu exutório.

Barrella *et al.* (2000) conceituam a bacia hidrográfica como um conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes formados nas regiões mais altas do relevo por divisores de água, onde as águas das chuvas poderão escoar superficialmente e/ou infiltrarem, contribuindo para a formação de nascentes e do lençol freático. Em relação a essa questão, observa-se que:

As águas superficiais escoam para as partes mais baixas do terreno formando riachos e rios, sendo que as cabeceiras são formadas por riachos que brotam em terrenos íngremes das serras e montanhas e à medida que as águas dos riachos descem, juntam-se a outros riachos, aumentando o volume e formando os primeiros rios, esses pequenos rios continuam seus trajetos recebendo água de outros tributários, formando rios maiores até desembocar no oceano.”  
(BARELLA *et al.*,2000)

Uma bacia hidrográfica possui os seguintes elementos que ajudam no entendimento de sua dinâmica:

- Nascente: Consiste no afloramento natural do lençol freático que apresenta perenidade e dá início a um curso d'água (BRASIL,2012).
- Afluentes: Rio ou riacho que deságua em outro maior; corrente de água que se alimenta de outra maior. (AFLUENTE, 2019).
- Rio Principal ou Leito Principal: Passagem de água principal numa determinada bacia hidrográfica, na qual todas as outras correntes afluentes fluem; Rio

que, em determinada região, é o mais importante entre outros existentes no mesmo local (RIO PRINCIPAL, 2019).

- Foz ou Exutório: Ponto de menor altitude de uma bacia hidrográfica, a foz do rio principal para onde converge todo escoamento superficial gerado no interior da bacia drenada por esse rio (EXUTÓRIO, 2019).

As bacias podem ser divididas em áreas de menor extensão sobre o panorama geral, sendo elas as sub-bacias e as microbacias. As bacias podem ser divididas em áreas menores, segundo, Santana (2004), dependendo do seu ponto de saída considerado ao longo do seu eixo-tronco ou canal coletor, sendo que a bacia hidrográfica se interliga com outra de ordem hierárquica superior, constituindo, em relação à última, uma sub-bacia. Já Mosca (2004) considera a microbacia como a menor unidade do ecossistema onde pode ser observada a delicada relação de interdependência entre os fatores bióticos e abióticos, sendo que perturbações podem comprometer a dinâmica de seu funcionamento. Sendo assim, esse conceito visa à identificação e ao monitoramento de forma orientada dos impactos ambientais.

A partir das definições, a classificação destas subdivisões se dá através de sua área de drenagem de acordo com os quadros a seguir:

<b>QUADRO 1 – DEFINIÇÃO DE SUB-BACIAS</b>	
<b>AUTOR</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO</b>
Faustino (1996)	Maiores que 100 km <sup>2</sup> e menores que 700 km <sup>2</sup>
Rocha (1997 apud MARTINS et al., 2005)	Maiores que 200 km <sup>2</sup> e menores que 300 km <sup>2</sup>

Fonte: Adaptado de Brovini (2018).

<b>QUADRO 2 – DEFINIÇÃO DE MICROBACIAS</b>	
<b>AUTOR</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO</b>
Faustino (1996)	Menores que 100 km <sup>2</sup>
Cecílio e Reis (2006)	Maiores que 0,1 km <sup>2</sup> e menores que 200 km <sup>2</sup>

Fonte: Adaptado de Brovini (2018).

O escoamento superficial em uma bacia hidrográfica está relacionado a fenômenos como a intensidade e a frequência da precipitação, a erosão do solo, o transporte de sedimentos e os eventos de enchentes, entre outros, principalmente o

tempo de concentração ( $T_c$ ). O tempo de concentração é definido por Gribbin (2009) e Tomaz (2013) como o período de tempo necessário para que o escoamento de uma gota de chuva percorra hidraulicamente a bacia da parte mais remota até o exutório.

Como a maior porção das bacias hidrográficas está inserida no meio urbano, uma das principais causas da crise hídrica que atinge as áreas urbanas no Brasil é a degradação dos corpos d'água, uma vez que esta inviabiliza o uso deste recurso para satisfazer a demandas internas (TEIXEIRA e PORTO, 2008). Ao longo do tempo, a utilização dos recursos hídricos pelo homem predominou sobre os demais usos possíveis. Nesse contexto, Cengiz (2013) ressalta que a integração desses diversos usos para o corpo d'água deve ser uma meta na gestão hídrica, levando-se em conta aspectos sociais, econômicos, estéticos e ecológicos.

O crescimento urbano e a falta de planejamento do uso e ocupação do solo têm ocasionado a degradação de bacias hidrográficas inseridas no meio urbano. Segundo Tucci (1997), o crescimento urbano desordenado vem aumentando os eventos de inundações, a produção de sedimentos e a deterioração da qualidade da água. Na contextualização citam-se alguns impactos da urbanização em corpos d'água, de acordo com Tucci e Mendes (2006):

- Aumento das vazões médias de cheia, em até sete vezes (LEOPOLD, 1968) devido ao aumento da capacidade de escoamento por meio de condutos e canais e impermeabilização das superfícies;
- Aumento da erosão do solo e da produção de sedimentos devido à falta de proteção das superfícies e à produção de resíduos sólidos (lixo);
- Deterioração da qualidade da água superficial e subterrânea, devido à lavagem das ruas, ao transporte de material sólido, às ligações clandestinas de esgoto doméstico e pluvial e à contaminação direta de aquíferos;
- Pela forma desorganizada como a infraestrutura urbana é implantada como: (a) pontes e taludes de estradas que obstruem o escoamento; (b) redução de seção do escoamento aterros; (c) deposição e obstrução de rios, canais e condutos de lixos e sedimentos; (d) projetos e execução inadequados de obras de drenagem.

Os parâmetros tempo de escoamento superficial, vazão de pico e volume do escoamento superficial são afetados pela urbanização, os quais, como comentado por

Brocaneli e Stuermer (2014), são causados por problemas nos sistemas de drenagem urbana, tais como ampliações de seções e revestimento de leito ou substituições por galerias que proporcionam menor resistência ao escoamento e, conseqüentemente, maiores velocidades, reduzindo assim o tempo de concentração da bacia. A alteração da cobertura do solo, que se dá através da substituição de solos naturais em áreas construídas, pavimentadas ou com outro tipo de cobertura, deixando-o exposto a enxurradas, produzindo erosão superficial, carreamento de sólidos para os corpos d'água e diminuição da capacidade natural do solo de absorver as águas da chuva.

Desta forma, é importante ressaltar que as nossas bacias hidrográficas se deparam com um alto nível de degradação, o que, segundo Eloi *et al.* (2009), decorre da ausência de conscientização ambiental, da inconformidade das nossas políticas públicas e da falta de profissionais especializados, originando uma profunda vulnerabilidade em termos de impactos ao meio ambiente. Com essa degradação das bacias hidrográficas urbanas, torna-se importante a realização de diagnósticos através dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), através dos quais realiza-se a delimitação da bacia hidrográfica, que consiste, segundo Rodrigues e Adami (2005), em uma linha que passa pelos pontos mais altos do terreno, ou seja, topos de morros ao redor de uma rede de drenagem. A demarcação desta linha pode ser realizada manualmente sobre uma carta topográfica, na qual se traça uma linha representativa deste divisor, exigindo uma experiência subjetiva da parte do profissional, ou digitalmente por *softwares* de sistemas de informação geográfica (SIG), os quais dependem de mapas digitalizados da área em estudo que mostrem as curvas de nível.

A partir da limitação da bacia hidrográfica, tem-se a quantificação da sua área, que, segundo Tucci (2004), é expressa em hectares (ha) ou quilômetros quadrados (km<sup>2</sup>) e pode ser obtida por planimetragem de mapas ou cálculos a partir de mapas digitalizados, nos quais, de acordo com Ferraz e Vetorazzi (1998), a precisão da delimitação dependerá do tamanho da bacia mapeada e da qualidade dos dados da imagem analisada, que permitirá a criação de mapas interpretativos.

Os *softwares* livres são constituídos por uma série de programas e processos de análise, cuja característica principal é focalizar o relacionamento de determinado fenômeno da realidade com sua localização espacial. Utilizam-se de uma base de

dados computadorizada que contém informação espacial, sobre a qual atua uma série de operadores espaciais, e baseia-se em uma tecnologia de armazenamento, análise de dados espaciais e temporais e geração de informações correlatas (TEIXEIRA, 2002).

Assim, segundo Ono *et al.* (2005), o armazenamento de dados para inventários, monitoramento, análise e simulações ambientais obtiveram um grande avanço em questões tecnológicas com o advento dos SIG. Mapas temáticos passaram a ser registrados na plataforma como uma série de camadas georreferenciadas como, por exemplo, as informações da rede de drenagem de uma bacia hidrográfica. Ainda de acordo com Ferreira *et al.* (2009), o *software* que possui um mecanismo de SIG contém a competência de armazenar, manipular e analisar dados geográficos, além de admitir relações espaciais entre todos os elementos dos dados.

O diagnóstico de bacias hidrográficas inclui também a observação das características físicas e geológicas, chamada análise morfométrica que, segundo Christofletti (1980), é a análise quantitativa da forma espacial, representada por suas vertentes e canais componentes do relevo. Segundo Villela e Matos (1975), o conhecimento das características morfométricas de uma bacia hidrográfica é de fundamental importância para o conhecimento de sua dinâmica, sendo essa um instrumento de gestão que está associado a parâmetros relacionados à forma, à drenagem e ao relevo de uma bacia, para identificação da susceptibilidade a inundações, enchentes e processos erosivos.

A morfometria de uma bacia hidrográfica é uma ferramenta que, de acordo com Strahler (1957 apud ZANATA *et al.*, 2011), apresenta a organização, o tamanho e a forma da trajetória de cada curso d'água e a densidade, e a ramificação de toda a rede de drenagem. Este recurso, segundo Antoneli e Thomaz (2007), permite a diferenciação de áreas homogêneas, por intermédio de parâmetros que são indicadores físicos específicos de um determinado local, com o objetivo de elucidar a degradação ambiental ocorrida na região de estudo. A determinação dos parâmetros de uma bacia hidrográfica fornece informações úteis na tomada de decisão e de como manejar essa bacia, além de simplesmente descrevê-la. As variáveis morfométricas podem ser úteis em projetos ou planejamentos ambientais futuros envolvendo o local estudado (GUERRA, 1995; CAMPOS *et al.*, 2015).

### 3. Procedimentos metodológicos

A primeira etapa da pesquisa consistiu na realização de uma ampla revisão bibliográfica, incluindo os conceitos e os temas de interesse do trabalho. Além disso, foi realizado um levantamento para a coleta de dados secundários nos sítios eletrônicos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, da Prefeitura Municipal de Juiz de Fora e da Companhia de Saneamento Municipal de Juiz de Fora (CESAMA), subsidiando a caracterização da área de estudo.

A segunda etapa da pesquisa consistiu na geração dos mapas de localização, hidrografia, declividade e altimetria, tendo sido utilizado para tanto o *software* ArcGis 10.3. A terceira e última etapa consistiu no cálculo dos parâmetros morfométricos da bacia, tendo sido utilizados para tanto os softwares QGis 3.10 e Excel 2016. Esses parâmetros subsidiaram, por sua vez, a caracterização física da bacia e a avaliação preliminar da suscetibilidade à ocorrência de inundações.

#### 3.1. Área de estudo

O Município de Juiz de Fora localiza-se no Estado de Minas Gerais, mais precisamente na Zona da Mata, com uma área territorial de 1.435.749 km<sup>2</sup> (IBGE, 2018), uma população estimada para o ano de 2019 de 568.873 habitantes e uma densidade demográfica de 359,59 hab./km<sup>2</sup>, sendo o quarto município mais populoso do estado (IBGE, 2010). Com um produto interno bruto (PIB) relevante em comparação aos municípios vizinhos, possui uma taxa de escolaridade (6 a 14 anos de idade) de 98,3% e um índice de coleta de esgotamento sanitário de 94,1% (IBGE, 2010). Conhecida como "Manchester Mineira", a cidade se desenvolveu a partir do polo industrial têxtil, que é atualmente o segundo setor mais relevante para a economia juiz-forana. Contudo, o setor terciário constitui atualmente o maior contribuinte para o PIB municipal.

A malha urbana se desenvolveu a partir do Rio Paraibuna, que é o maior afluente em volume de água da Bacia Hidrográfica do rio Paraíba do Sul, com uma vazão média de 179 m<sup>3</sup>/s, de acordo com o Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio



Paraíba do Sul (AGEVAP, 2020), sendo também o principal receptor de efluentes do município. A declividade acentuada do Rio Paraibuna, associada com a elevada vazão média, favorece os processos de depuração de suas águas, possibilitando uma recuperação dos índices de qualidade nas proximidades de sua foz, no Paraíba do Sul.

A região estabelecida pela Bacia Hidrográfica do ribeirão das Rosas sofreu grandes alterações ao passar dos anos. Preteritamente caracterizada pela predominância de granjas e de fazendas, atualmente observa-se na bacia um adensamento populacional, resultante da expansão urbana nos bairros propriamente drenados pela bacia e nos bairros a ela adjacentes, tais como Parque Guarani, Granjas Betânia, Grama, Vila Montanhosa, Parque Independência e Filgueiras, conforme ressalta o Plano Diretor de Desenvolvimento de Juiz de Fora.

### **3.2. Obtenção de mapas e base de dados**

Na criação dos mapas e da base de dados, primeiramente foi realizado o *download* da hidrografia do Município de Juiz de Fora no sítio eletrônico da Agência Nacional das Águas (ANA, 2019), além do *shapefile* com o limite dos municípios do Estado de Minas Gerais, no sítio eletrônico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010). Esses dados subsidiaram a elaboração do mapa de localização. Além disso, realizou-se também o *download* do Modelo Digital de Elevação (MDE) da bacia no portal *Earth Data* (2019), tendo sido selecionado o satélite ALOS PALSAR, cujas imagens permitiram a obtenção da delimitação da bacia e a geração da declividade. A delimitação da bacia hidrográfica foi realizada no *software* ArcGIS 10.3, conforme a sequência de procedimentos apresentada na Figura 1.



**Figura 1:** Fluxo para tratamento de dados na delimitação da bacia hidrográfica.  
**Fonte:** Adaptado de Brovini (2018).

Para a obtenção do mapa de declividade da bacia hidrográfica foi utilizada a ferramenta *Contorn*, permitindo a geração das curvas de nível do terreno e, posteriormente, a aplicação da ferramenta *Slope*, ambas disponíveis no ArcGIS 10.3.

### 3.3. Parâmetros morfométricos

Os parâmetros morfométricos foram calculados de acordo com as equações apresentadas no Quadro 1. Os dados necessários à aplicação das equações foram obtidos a través da utilização do *software* QGIS 10.3 e do *software* Excel 2016.

QUADRO 3 – PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS		
PARÂMETROS	DESCRIÇÃO	FÓRMULA
Área	Representa toda área drenada pelo conjunto do sistema fluvial, projetada em plano horizontal.	$A \text{ (km}^2\text{)}$
Perímetro	Comprimento da linha imaginária ao longo do divisor de águas.	$P \text{ (km)}$
Fator de forma	Relaciona a forma da bacia com a de um retângulo, quanto menor o fator de forma, menor será a propensão a enchentes.	$F = \frac{A}{L^2}(1)$ <p>Onde:            F: Fator de forma (adimensional)            L: Comprimento rio principal (km)</p>
Coefficiente de compacidade	Relaciona a forma da bacia com a de um círculo. Quanto mais irregular for a bacia, maior será o coeficiente de compacidade. Para valores superiores a 1, a bacia se faz alongada, enquanto que para valores iguais à unidade corresponde a uma bacia circular.	$K_c = 0,28 x \left(\frac{P}{\sqrt{A}}\right) \quad (2)$ <p>Onde:            K<sub>c</sub>: Coeficiente de compacidade (adimensional)</p>

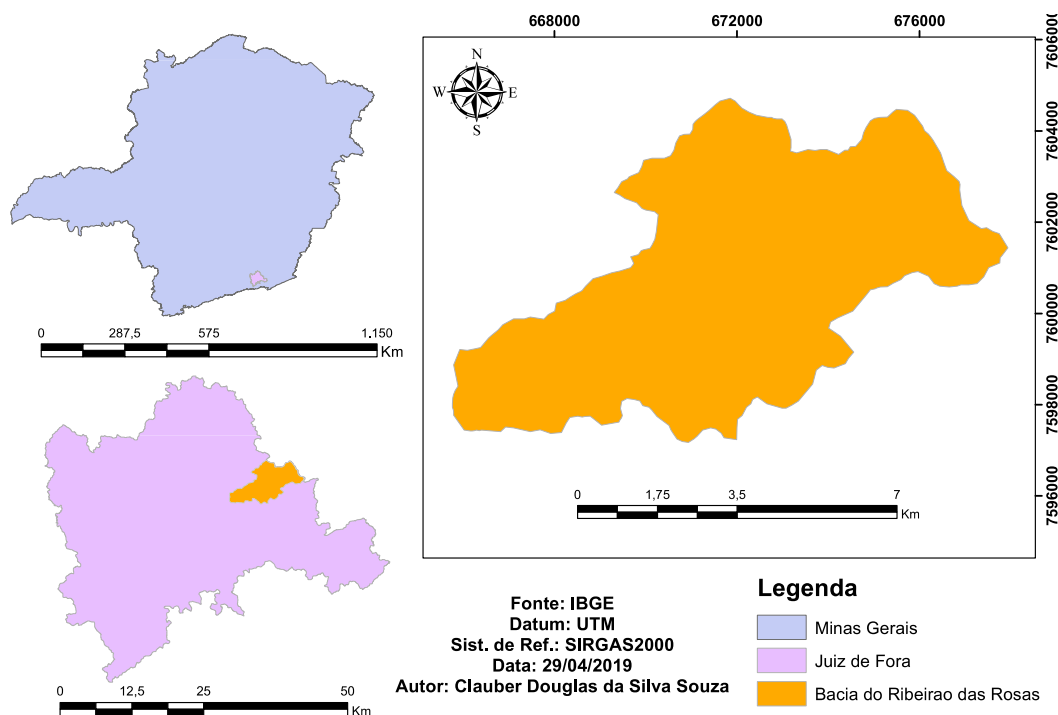
		<p>P: Perímetro (km) A: Área de drenagem (km<sup>2</sup>)</p>
Índice de circularidade	<p>Relaciona a área da bacia e a área de um círculo de mesma dimensão que o perímetro da bacia. O índice de circularidade (<math>I_c</math>), simultaneamente ao coeficiente de compactidade (<math>K_c</math>), tende para a unidade à medida que a bacia se aproxima da forma circular e diminui à medida que a forma se torna alongada.</p>	$I_c = \frac{12,57 \times A}{P^2} \quad (3)$ <p>Onde:  <math>I_c</math>: Índice de circularidade (adimensional)  A: Área de drenagem (km<sup>2</sup>)  P: Perímetro (km)</p>
Densidade hidrográfica	<p>Relaciona o número de cursos d'água com a área da bacia. Define assim a frequência de um rio, ou seja, quanto maior a densidade hidrográfica, maior a capacidade da bacia de gerar novos cursos d'água. Valores de densidade de drenagem abaixo de 1 canal/km<sup>2</sup> indica densidades de drenagem baixas, enquanto valores entre 1 e 5 indicam densidades de drenagem medianas.</p>	$D_h = \frac{N}{A} \quad (4)$ <p>Onde:  <math>D_h</math>: Densidade hidrográfica (canais/km<sup>2</sup>)  N: Número de canais  A: Área de drenagem (km<sup>2</sup>)</p>
Densidade de drenagem	<p>Relaciona o comprimento total dos canais da bacia com sua área. O parâmetro representa o comportamento hidrológico das rochas, onde granulações finas geram maior densidade de drenagem. Numericamente, valores menores que 7,5 km/km<sup>2</sup> apresenta baixa densidade de drenagem, enquanto valores entre 7,5 e 10,0 km/km<sup>2</sup> média densidade e acima de 10,0 km/km<sup>2</sup> altas densidades de drenagem.</p>	$D_d = \frac{\sum L}{A} \quad (5)$ <p>Onde:  <math>D_d</math>: Densidade de drenagem (km/km<sup>2</sup>)  <math>\sum L</math>: Somatório dos comprimentos dos canais (km)  A: Área de drenagem (km<sup>2</sup>)</p>
Índice de sinuosidade	<p>Relaciona o comprimento do canal principal com a distância vetorial da bacia. É um controlador da velocidade de um rio, quanto maior a sinuosidade, maior resistência ao escoamento, e conseqüentemente menor a velocidade da água no canal, em que valores aproximados de 1 considera-se o canal retilíneo e acima de 1,5 sinuosos.</p>	$I_s = \frac{L}{L_v} \quad (6)$ <p>Onde:  <math>I_s</math>: Índice de sinuosidade (adimensional)  L: Comprimento do canal principal (km)  <math>L_v</math>: Comprimento vetorial da bacia (km)</p>
Extensão do percurso superficial	<p>Representa a distância média percorrida pela água precipitada até um canal superficial. Durante a evolução do sistema de drenagem, a extensão do percurso superficial está ajustada ao tamanho apropriado relacionado com as bacias de primeira ordem, sendo aproximadamente igual à metade do recíproco do valor da densidade de drenagem.</p>	$E_{ps} = \frac{1}{2D_d} \quad (7)$ <p>Onde:  <math>E_{ps}</math>: Extensão do percurso superficial (km<sup>2</sup>/km)  <math>D_d</math>: Densidade de drenagem (km/km<sup>2</sup>)</p>
Gradiente de canais	<p>Relaciona a altitude máxima da bacia com o comprimento do canal principal. Este índice tem</p>	$G_c = \frac{Alt_{máx}}{L} \quad (8)$

	por finalidade indicar a declividade dos cursos d'água da bacia.	<p>Onde:</p> <p><math>G_c</math>: Gradiente de canais (%)</p> <p><math>Alt_{máx}</math>: altitude máxima da bacia (km)</p> <p>L: Comprimento do canal principal (km)</p>
Relação de relevo	Relaciona a amplitude altimétrica da bacia com o seu curso d'água de maior comprimento. Quanto maior o valor da relação de relevo, maior será o desnível entre a cabeceira e o exutório.	$R_r = \frac{H_m}{L}(9)$ <p>Onde:</p> <p><math>R_r</math>: Relação de relevo (%)</p> <p><math>H_m</math>: Amplitude altimétrica da bacia (km)</p> <p>L: Comprimento do curso d'água (km)</p>
Tempo de concentração	Medição do tempo necessário para o escoamento de uma gota de chuva percorra hidráulicamente a bacia da parte mais rêmora até o exutório.	$T_c = 57 \left( \frac{L^2}{I_{eq}} \right)^{0,385} \quad (10)$ <p>Onde:</p> <p><math>T_c</math>: Tempo de concentração (min)</p> <p>L: Comprimento do curso (km)</p> <p><math>I_{eq}</math>: declividade equivalente (km)</p>

**Fonte:** Christofolleti (1980); Tonello (2005); Villela e Matos (1975); Cardoso *et al.* (2006); Andrade *et al.* (2008); Horton (1945); Freitas (1952); Santos *et al.* (2012).

## Resultados e discussão

A Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Rosas possui uma área de 47,022 km<sup>2</sup> e um perímetro de 38,625 km, estando localizada no Município de Juiz de Fora (figura 2). O tempo de concentração obtido a partir da equação de Kirchoff, para um comprimento do curso d'água principal igual a 18,31 km e uma declividade da bacia igual a 57,89 m/km, é igual a aproximadamente 112,1 minutos.

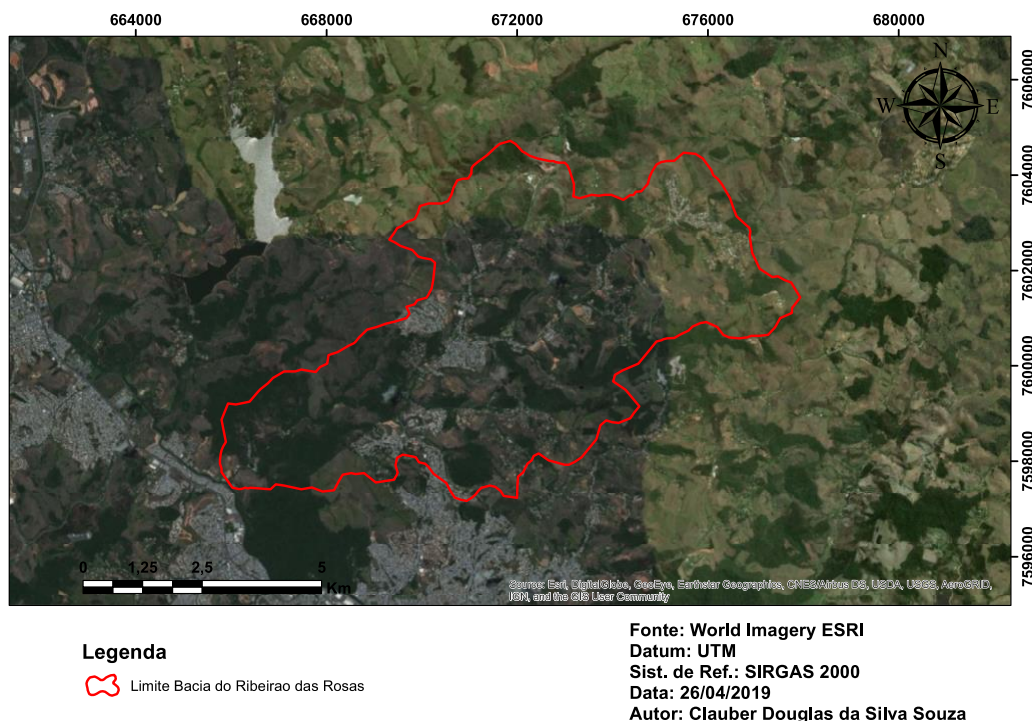


**Figura 2:** Localização da bacia hidrográfica do Ribeirão das Rosas no Município de Juiz de Fora.  
**Fonte:** Autoria própria.

De acordo com definições de Faustino (1996) e de Cecílio e Reis (2006), a área de estudo pode ser classificada como uma microbacia hidrográfica da bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, caracterizada por um curto tempo de concentração. O sistema de drenagem da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Rosas tem o seu rio principal com um comprimento de 18,31 km, um total de 147 canais e um comprimento total de canais igual a 106,507 km.

Os parâmetros fator de forma ( $F$ ), coeficiente de compacidade ( $K_c$ ) e índice de circularidade ( $I_c$ ) se relacionam com as formas geométricas conhecidas, determinando a forma da bacia hidrográfica, tendo sido obtidos valores iguais a 0,104, 1,577 e 0,396, respectivamente, para a bacia estudada. Como o valor do  $K_c$  apresenta um valor afastado da unidade (1), tem-se, de acordo com Villela e Mattos (1975), que a bacia possui uma forma alongada, corroborados pelos baixos valores de  $F$  e de  $I_c$ .

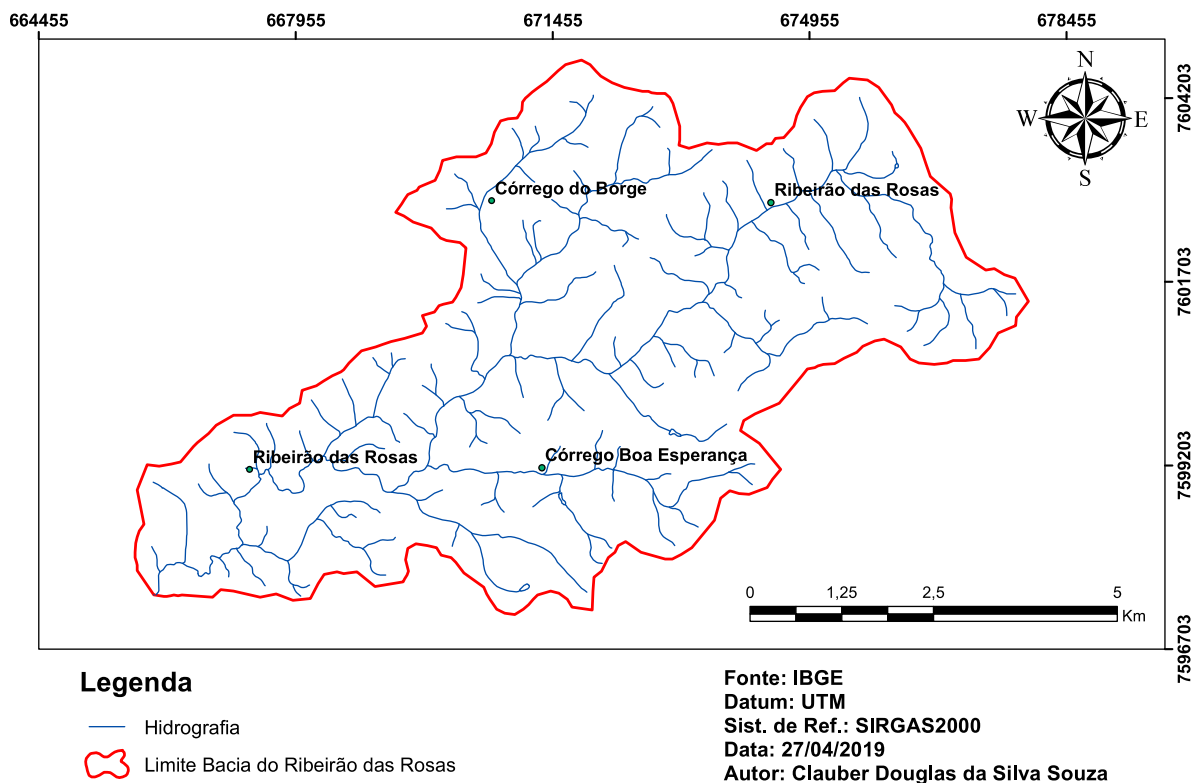
De acordo com Christofolletti (1974), as bacias que tendem à forma arredondada possuem maiores propensões naturais a enchentes e inundações do que bacias de forma alongada. Isso se deve ao fato de que, em uma bacia estreita e longa, com um fator de forma com um valor baixo, há uma menor possibilidade de ocorrência de chuvas intensas cobrindo simultaneamente toda sua extensão (figura 3).



**Figura 3:** Delimitação da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Rosas.  
**Fonte:** Autoria própria.

O curso d'água principal possui uma extensão de 18,31 km, ao passo que a densidade de drenagem ( $D_d$ ) possui um valor igual a  $2,265 \text{ km/km}^2$ . Segundo Villela e Matos (1975), a densidade de drenagem pode variar de  $0,5 \text{ km/km}^2$ , em bacias com baixa drenagem, até  $3,5 \text{ km/km}^2$  ou mais, nas bacias que possuem uma ótima drenagem. Valores altos de  $D_d$  estão associados a um comportamento hidrológico das rochas representadas por uma granulometria fina e por uma boa infiltração da água no solo. O valor da  $D_h$ , que representa a frequência de rios, ou seja, o número de canais por quilômetro quadrado de área hidrológica, foi calculado em  $3,126 \text{ canais/km}^2$ . A bacia apresenta, segundo os critérios propostos Beltrame (1994), uma densidade de drenagem alta, caracterizada pelos valores situados entre  $2,01 \text{ km/km}^2$  e  $3,5 \text{ km/km}^2$ .

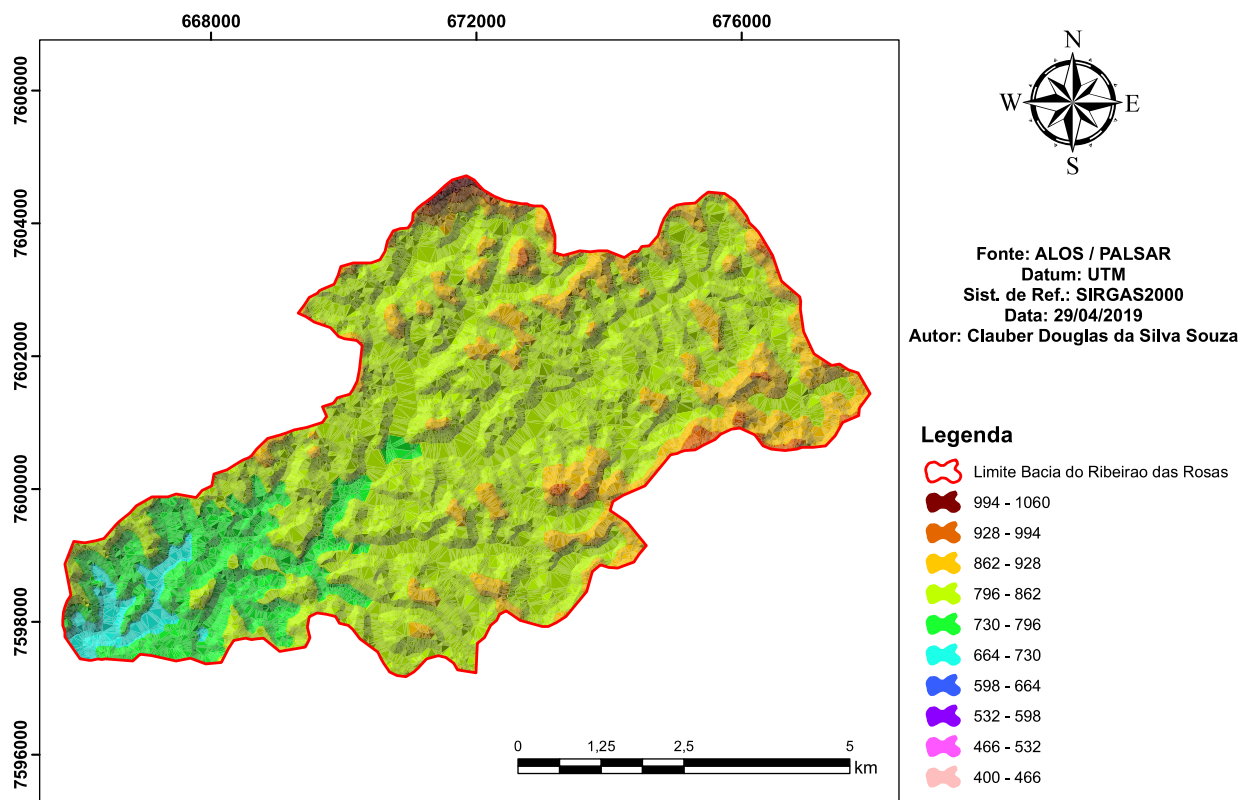
A extensão do percurso superficial ( $E_{ps}$ ) é de  $0,220 \text{ km}^2/\text{km}$ , representando este parâmetro a distância média percorrida pela água precipitada até um canal superficial. O índice de sinuosidade foi calculado em 1,570, o que, segundo Villela e Matos (1975), permite caracterizar os canais da bacia como preferencialmente sinuosos (figura 4).



**Figura 3:** Sistema de drenagem da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Rosas.  
**Fonte:** Autoria própria.

A altitude da bacia em questão varia de 400 metros a 1.060 metros, sendo a sua amplitude altimétrica, ou seja, a diferença de nível entre o ponto mais alto e o seu exutório, igual a 660 metros. Assim, o parâmetro relação de relevo ( $R_r$ ) possui um valor igual a aproximadamente 3,6%. Assim, de acordo com Collares (2000), a bacia possui uma diferença de nível médio em seu curso d'água principal. A esse respeito, Castro Junior (2001) ressalta que, em altitudes elevadas, a temperatura atmosférica é baixa e a evaporação da água necessita de menores quantidades de energia, ao passo que, em altitudes baixas, quase toda a energia absorvida é usada na evaporação da água, e isso faz com que haja maior evaporação.

Com os dados de comprimento do curso principal, igual a 18,31 km, e a altitude máxima da bacia, igual a 1.060 metros, tem-se então que o gradiente de canais ( $G_c$ ) é igual a aproximadamente 5,8%, o que significa que o relevo da bacia é levemente ondulado e, conseqüentemente, caracterizado como pouco susceptível à erosão.

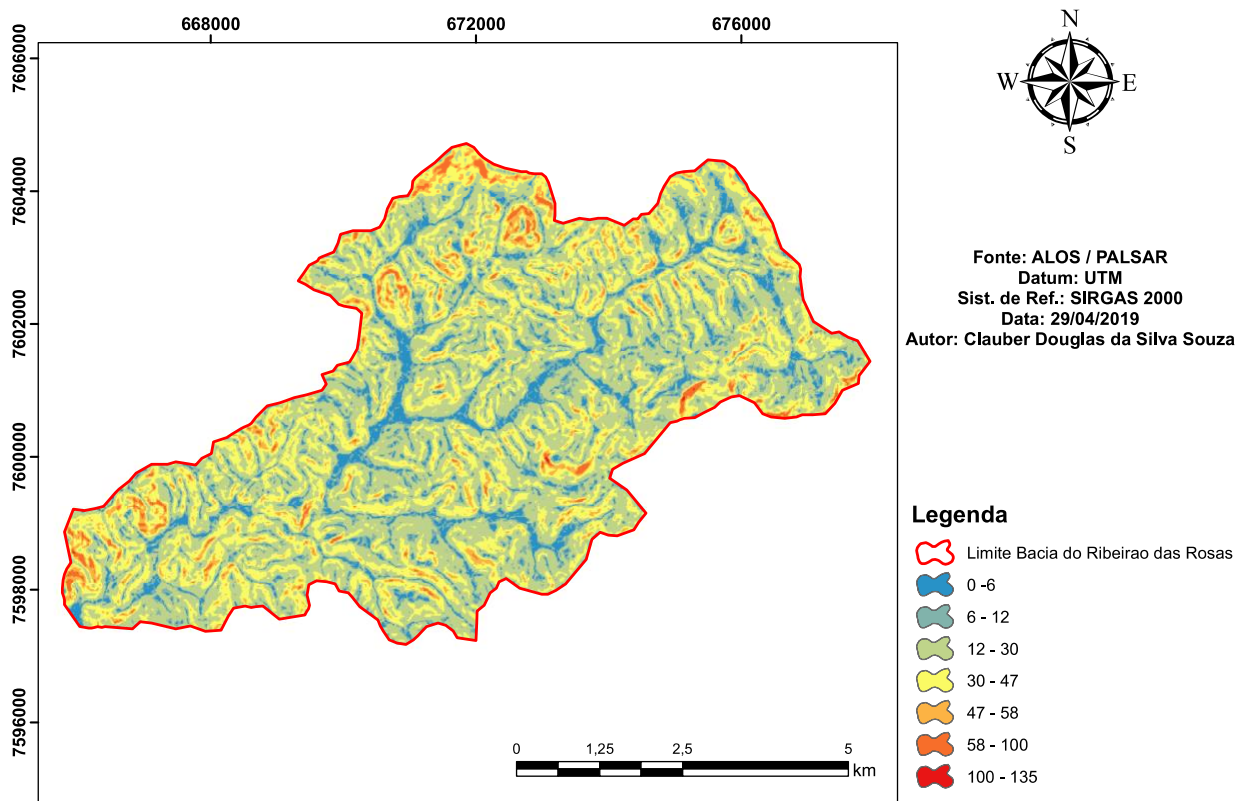


**Figura 4:** Modelo digital de elevação da bacia do Ribeirão das Rosas  
**Fonte:** Autoria própria

A maior parte da área da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Rosas, conforme mostra a figura 5, encontra-se em uma faixa de declividades entre 30% e 47%. Para áreas com declividade igual ou superior a 30% não é permitido o parcelamento do solo, salvo se atendidas exigências específicas das autoridades. (BRASIL, 1979).

Segundo o mapeamento dos solos do Estado de Minas Gerais, realizado pela Fundação Estadual de Meio Ambiente (FEAM, 2010), o solo da bacia é composto por latossolo vermelho, o qual, associado com a declividade média, apresenta alta susceptibilidade aos processos erosivos, o que corrobora os dados obtidos no estudo histórico realizado, que constatou a existência de atividades agropastoris na região.





**Figura 5:** Declividade da bacia hidrográfica do Ribeirão das Rosas  
**Fonte:** Autoria própria

A tabela 1 apresenta a síntese dos resultados dos parâmetros calculados.

TABELA 1: TABELA RESUMO DOS PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS E DO TEMPO DE CONCENTRAÇÃO CALCULADOS.		
CARACTERÍSTICA	PARÂMETROS	VALORES
Geométrica	Área (A)	47,022 km <sup>2</sup>
Geométrica	Perímetro (P)	38,625 km
Geométrica	Fator de forma (F)	0,140
Geométrica	Coeficiente de compacidade (K <sub>c</sub> )	1,577
Geométrica	Índice de circularidade (I <sub>c</sub> )	0,396
Rede de drenagem	Tempo de concentração	112,1 min
Rede de drenagem	Densidade Hidrográfica (D <sub>h</sub> )	3,126 canais/km <sup>2</sup>

Rede de drenagem	Densidade de drenagem ( $D_d$ )	2,265 km/km <sup>2</sup>
Rede de drenagem	Índice de sinuosidade ( $I_s$ )	1,570
Rede de drenagem	Extensão do percurso superficial ( $E_{ps}$ )	0,220 km <sup>2</sup> /km
Relevo	Gradiente de canais ( $G_c$ )	5,789 %
Relevo	Relação de relevo ( $R_r$ )	3,6 %

**Fonte:** Autoria própria.

## Considerações finais

A Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Rosas possui uma área de 47,022 km<sup>2</sup> e um perímetro de 38,625 km, estando inserida na região nordeste do Município de Juiz de fora. É caracterizada pela predominância de ocupação urbana na área do Bairro Grama e pela predominância de atividades agropastoris na área do Bairro Represa. A expansão urbana ocorrida nos últimos anos corrobora a necessidade da realização de estudos que investiguem os impactos da urbanização sobre o ciclo hidrológico, especialmente no que concerne à ocorrência de inundações. Nesse contexto, a caracterização morfométrica, conforme demonstrou este trabalho, constitui-se em uma ferramenta importante para a produção de dados e informações preliminares acerca da dinâmica hidrogeomorfológica e da suscetibilidade à ocorrência de inundações.

Os valores dos parâmetros morfométricos representados pela forma da bacia, fator de forma, índice de circularidade e coeficiente de compacidade demonstraram que a bacia apresenta um formato alongado, contribuindo para a dispersão homogênea da precipitação na área da mesma e, dessa forma, para o escoamento superficial. Com isso, tem-se que, em condições de precipitações historicamente normais, a bacia em estudo apresenta uma baixa susceptibilidade à ocorrência de enchentes e inundações. Além disso, alguns parâmetros, tais como a relação de relevo, o gradiente de canais e a densidade de drenagem, apontam para uma condição de uma elevada infiltração da água no solo e, conseqüentemente, de um menor escoamento superficial. Esse é um aspecto relevante, na medida em que a alta declividade média e a predominância de latossolo vermelho, característicos da bacia, contribuem para os processos erosivos.

Os produtos deste estudo, que incluem o banco de dados geográficos gerado e os parâmetros morfométricos analisados, podem servir de apoio a ações emergenciais,

devido a eventos extremos de precipitação na região que possam vir a ocorrer, assim como um subsídio na tomada de decisão por parte gestores públicos da administração municipal e também e na eventual elaboração de planos de gestão da bacia.

### Referências bibliográficas

AFLUENTE. *In*: DICIO, Dicionário Online de Português. Porto: 7Graus, 2020. Disponível em: <https://www.dicio.com.br/afluente/>. Acesso em: 24 nov 2020.

ATTANASIO, C. M. **Planos de manejo integrado de microbacias hidrográficas com uso agrícola: uma abordagem hidrológica na busca da sustentabilidade**. 2004. 193p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

BARRELLA, W., *et. al.* A. **As relações entre as matas ciliares os rios e os peixes**. 2. ed. São Paulo. Editora da Universidade de São Paulo EDUSP, 2000. p.187-207

BARRIONVEVO, R. N. **Metodologia de Conversão de Dados do AutoCad para o Idrisi**.Relatório Final. FAPESP. Campinas-SP: Feagri, 1995. p. 26.

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

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

BRASIL. Lei Federal n. 6.766, de 19 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o parcelamento do solo urbano e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 29 de dezembro de 1979. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L6766.htm#:~:text=LEI%20No%206.766%2C%20DE%2019%20DE%20DEZEMBRO%20DE%201979&text=Disp%C3%B5e%20sobre%20o%20Parcelamento%20do,Art](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6766.htm#:~:text=LEI%20No%206.766%2C%20DE%2019%20DE%20DEZEMBRO%20DE%201979&text=Disp%C3%B5e%20sobre%20o%20Parcelamento%20do,Art). Acesso em: 24 nov 2020.

CASTRO JUNIOR, E. **O papel da fauna endopodônica na estruturação física dos solos e o seu significado para a hidrologia de superfície**. 2001. 150 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

CASTRO, J. F. M. **Análise Comparativa entre Informações Morfométricas obtidas por Métodos Convencionais e por Métodos Digitais**. Geografia. Rio Claro: UNESP, 1995, Vol. 20. p. 115-133.

COLLARES, E. G. **Avaliação de alterações em redes de drenagem de microbacias como subsídio ao zoneamento geoambiental de bacias hidrográficas: aplicação na bacia hidrográfica do Rio Capivari-SP.** São Carlos, 2000

DOS SANTOS, A. M., *et. al.* **Morphometric analysis of sub-basins Fojo and Perdizes in the city of Campos do Jordão, SP, Brazil.** Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science, [S.l.], v. 7, n. 3, p. 195-211, dec. 2012. ISSN 1980-993X. Disponível em: <http://www.ambi-agua.net/seer/index.php/ambi-agua/article/view/945>. Acessado em: 31 julho 2019

EXUTÓRIO. *In:* DICIO, Dicionário Online de Português. Porto: 7Graus, 2020. Disponível em: <https://www.dicio.com.br/exutorio/>. Acesso em: 24 nov 2020.

FAUSTINO, J. **Planificación y gestión de manejo de cuencas.** Turrialba: CATIE, 1996. 90p.

FERREIRA, M. M.; SANTOS, S. L. M.; COSTA, A. B.; PEDROSA, D. L. R.; FREITAS, R. S. **O uso do SIG para a gestão e monitoramento de bacias hidrográficas em Porto Velho- O caso do Igarapé Belmont – Porto Velho – RO.** [Trabalhos apresentados]. Porto Velho. [s.n.]. [ca.2009].

FREITAS, R. O. **Textura de drenagem e sua aplicação geomorfológica.** Boletim Paulista de Geografia, v. 11, p. 53-57, 1952.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE (FEAM). **Banco de Solos de Minas**

**Gerais.** Disponível em: <http://www.feam.br/banco-de-noticias/949-mapas-de-solo-do-estado-de-minas-gerais>. Acessado em: 6 nov 2020.

GRIBBIN, J. E., **Introdução à hidráulica, hidrologia e gestão de águas pluviais.** 3 ed. São Paulo. Ed. Cengage Learning, 2009.

HORTON, R. E. ***Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology.*** Geological Society of America Bulletin, v. 56, n. 3, p. 275-370, 1945.

MOSCA, A. A. O. **Caracterização hidrológica de duas microbacias visando a identificação de indicadores hidrológicos para o monitoramento ambiental de manejo de florestas plantadas.** 2003. 96p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

ONO, S.; BARROS, M. T. L.; CONRADO, G. N. **A Utilização de SIG no planejamento e Gestão de Bacias Urbanas.** In: ABrhSIG. São Paulo/SP: 2005.

RIO PRINCIPAL. *In:* DICIO, Dicionário Online de Português. Porto: 7Graus, 2020. Disponível em: <https://www.dicio.com.br/rioprincipal/>. Acesso em: 24 nov 2020.

RODRIGUES, C.; ADAMI, S. **Técnicas fundamentais para o estudo de bacias hidrográficas**. In: Venturi, L. A. B. (org.). *Praticando geografia: técnicas de campo laboratório em geografia e análise ambiental*. São Paulo: Oficina de Textos, 2005. P. 147- 166.

SANTANA, D. P. **Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 63p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 30).

SILVA, R. T.; PORTO, M. F. A. **Gestão urbana e gestão das águas: caminhos da integração**. *Estud. av.* vol.17 no.47 São Paulo Jan. Abr. 2003.

SILVEIRA, A. L. L. **Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica**. In: TUCCI, C.E.M. (Org.). *Hidrologia: ciência e aplicação*. São Paulo: EDUSP, 2001. p 35-51

SPERLING, M. V. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios: princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. 1.ed. Belo Horizonte: UFMG, 2007. 196 pp.

STUERMER, M. M.; BROCANELI, P. F. **Um olhar sobre as bacias hidrográficas urbanas: Ocupação e consequências ambientais. Projeto de formação continuada de professores da educação profissional do Programa Brasil Profissionalizado-Centro Paula Souza - Setec/MEC**. Disponível em:

TEIXEIRA, A. L. A. **Sistemas de Informação Geográfica: Uma solução para Microcomputadores de 8 bits**. Tese de Doutorado, UNESP, Rio Claro, SP. 2002.

TEODORO, V. L.; *et. al.* **O conceito da bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local**. *Revista Uniara*, n. 20, 2007.

TONELLO, K. C. **Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da cachoeira das Pombas, Guanhães, MG. 2005**. Tese (Doutorado em Ciências Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

TUCCI, C. E. M. **Água no meio urbano, cap 14 , livro Água Doce** , disponível em : [http://www.mpf.mp.br/atuacao-tematica/ccr4/importacao/institucional/grupos-de-trabalho/encerrados/residuos/documentos-diversos/outros\\_documentos\\_tecnicos/curso-gestao-do-territorio-e-manejo-integrado-das-aguas-urbanas/aguameio%20urbano.pdf](http://www.mpf.mp.br/atuacao-tematica/ccr4/importacao/institucional/grupos-de-trabalho/encerrados/residuos/documentos-diversos/outros_documentos_tecnicos/curso-gestao-do-territorio-e-manejo-integrado-das-aguas-urbanas/aguameio%20urbano.pdf)

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 3.ed. Porto Alegre: ABRH, 2004. 943 p.

TUCCI, C. E. M.; MENDES, C. A. **Curso de Avaliação Ambiental Integrada de Bacia – Ministério do Meio Ambiente – Secretaria de Qualidade Ambiental – Rhama Consultoria Ambiental 2006**. Disponível em: [http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa\\_pnla/arquivos/sqa\\_3.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/arquivos/sqa_3.pdf).

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGRAWHill do Brasil, 1975.