

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE ENGENHARIA
ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

ANÁLISE MORFOMÉTRICA E HIDROLÓGICA
DA BACIA DO RIBEIRÃO ESTIVA, AFLUENTE
DO RIO PARAIBUNA, JUIZ DE FORA- MG

Nelson Bolotari Júnior

Juiz de Fora

2019

**ANÁLISE MORFOMÉTRICA E HIDROLÓGICA
DA BACIA DO RIBEIRÃO ESTIVA, AFLUENTE
DO RIO PARAIBUNA, JUIZ DE FORA- MG**

Nelson Bolotari Júnior

ANÁLISE MORFOMÉTRICA E HIDROLÓGICA DA BACIA DO RIBEIRÃO ESTIVA, AFLUENTE DO RIO PARAIBUNA, JUIZ DE FORA- MG

Trabalho Final de Curso apresentado ao Colegiado do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Sanitarista e Ambiental.

Área de concentração: Recursos Hídricos

Linha de pesquisa: Modelagem Hidrológica

Orientador: Celso Bandeira de Melo Ribeiro

Coorientador: Otávio Eurico de Aquino Branco

Juiz de Fora

Faculdade de Engenharia da UFJF

2019

**ANÁLISE MORFOMÉTRICA E HIDROLÓGICA DA BACIA DO RIBEIRÃO
ESTIVA, AFLUENTE DO RIO PARAIBUNA, JUIZ DE FORA- MG**

NELSON BOLOTARI JÚNIOR

Trabalho Final de Curso submetido à banca examinadora constituída de acordo com o artigo 9º da Resolução CCESA 4, de 9 de abril de 2012, estabelecida pelo Colegiado do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista.

Aprovado em 20 de novembro de 2019.

Por:

Prof. D.Sc. Celso Bandeira de Melo Ribeiro - Orientador

Prof. D.Sc. Otávio Eurico de Aquino Branco - Coorientador

Prof. D.Sc. Jonathas Batista Gonçalves Silva

Prof. D.Sc. Maria Helena Rodrigues Gomes

AGRADECIMENTOS

A Deus pela minha saúde.

Aos meus pais, Nelson e Adriana, por todo amor, carinho, incentivo e apoio incondicional.

A minha irmã, Mariana, por todo companheirismo e paciência.

A Universidade Federal de Juiz de Fora, pela oportunidade de fazer o curso.

Aos professores, por todas as experiências compartilhadas, em especial ao professor Dr. Celso Bandeira de Melo, pelo apoio e confiança.

Aos amigos que tive oportunidade de conhecer e que levarei para toda vida, Raphaela Aguiar, Júlio Aquino, Higor Figueiredo, Mariana Medina, Mariana Mattos.

A Porte Empresa Jr e ArcelorMittal, pela oportunidade que tive em colocar em prática os conhecimentos teóricos adquiridos e por me desafiarem sempre a ser minha melhor versão.

A equipe de meio ambiente da ArcelorMittal, Robson Bonjour, Daniele Nunes, Letícia Ribeiro e Geane Fayer pelo apoio, incentivo e por acreditarem no meu potencial.

Por fim, sou grato a todos que de alguma forma direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação.

Gratidão sempre.

RESUMO

As características morfométricas e hidrológicas de uma bacia hidrográfica compõe elementos fundamentais para o planejamento e avaliação do seu comportamento e contribui nas tomadas de decisões quanto à conservação, uso e ocupação do solo. Nesse sentido, este estudo teve como objetivo caracterizar o perfil morfométrico e hidrológico, considerando a geometria, relevo e drenagem, a bacia hidrográfica do ribeirão Estiva, afluente do Rio Paraibuna. Aliado às técnicas de geoprocessamento, o estudo morfométrico, forneceu parâmetros referentes a geometria, índice de circularidade, coeficiente de compacidade, fator de forma, padrão de drenagem, hierarquia fluvial, densidade hidrográfica, densidade de drenagem, índice de sinuosidade, coeficiente de manutenção, declividade média da bacia, orientação das vertentes, razão de relevo, gradiente de canais. Os aspectos hidrodinâmicos associados com a determinação do uso e ocupação do solo, permitiram, através de estudo hidrológico, uma estimativa das vazões de pico máximas para diferentes períodos de retorno, exutório da bacia do ribeirão Estiva, onde o mesmo deságua no Rio Paraibuna. Como resultado obtido verificou-se que a bacia apresentou drenagem de 78,08 km² e o perímetro de 47 km, com formato alongado e que se mostrou pouco favorável a inundações, sendo classificada como de 4º ordem, com baixo grau de ramificação. A bacia apresenta baixas densidades de drenagem, canal principal retilíneo e com baixa declividade, que em condições naturais não é propensa a erosão fluvial. De maneira geral, com o trabalho proposto foi possível gerar subsídios para compreender o comportamento da bacia hidrográfica atualmente, para a gestão e planejamento e servindo de base para futuros estudos no local.

ABSTRACT

The morphometric characteristics of a river basin compose fundamental elements for the planning and evaluation of its hydrological behavior and contributes to the decision making, regarding the conservation, use and occupation of the soil. In this sense, this study had as objective to characterize morphometrically, considering the geometry, relief and drainage, the basin of the Estiva stream, affluent of the Paraibuna River. Allied to geoprocessing techniques, the morphometric study provided parameters related to geometry, circularity index, coefficient of compactness, shape factor, drainage pattern, river hierarchy, hydrographic density, density of drainage, sinuosity index, maintenance coefficient, average slope of the basin, orientation of the strands, relief ratio, channel gradient. The hydrodynamic aspects associated with the determination of land use and occupation allowed, through hydrological study, an estimate of maximum peak flows for different periods of return, exutory of the Ribeirão Estiva stream basin, where the same water out on the Paraibuna River. As a result, it was verified that the basin presented a drainage of 78,08 km² and a perimeter of 47 km, with an elongated shape and which proved to be unfavorable to floods, being classified as 4th order, with low degree of ramification. The basin presents low drainage densities, rectilinear main channel and low declivity, which in natural conditions is not inclinable to river erosion. In general, with the proposed work it was possible to generate subsidies to understand the behavior of the watershed currently, for management and planning and serving as a basis for future studies on place.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	9
2.	OBJETIVOS.....	10
2.1.	Objetivo Geral.....	10
2.2.	Objetivos Específicos	10
3.	REVISÃO DA LITERATURA	10
3.1.	Ciclo Hidrológico	10
3.2.	Bacia Hidrográfica.....	12
3.3.	Gerenciamento de Recursos Hídricos.....	12
3.4.	Geoprocessamento	18
4.	MATERIAIS E MÉTODOS	19
4.1.	Área de estudo	19
4.2.	Obtenção e tratamentos dos dados.....	21
4.3.	Caracterização Morfométrica	24
4.3.1.	Características Geométricas	24
4.3.2.	Características da rede de drenagem	28
4.3.3.	Características do relevo.....	31
4.4.	Caracterização Hidrológica.....	34
4.4.1.	Método Racional Modificado para determinação de Vazão	34
4.4.2.	Tempo de concentração (Tc).....	35
4.4.3.	Intensidade Pluviométrica	36
4.4.4.	Coeficiente de escoamento Superficial	37
5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	38
5.1.	Caracterização Morfométrica	39
5.2.	Caracterização Hidrológica.....	45
6.	CONCLUSÃO.....	48
	REFERÊNCIAS	50

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural peculiar, dada a característica de ser renovada através de processos físicos do ciclo hidrológico, sendo também componente fundamental aos seres vivos, e essencial à vida (BARTH; BARBOSA, 1999).

De acordo com a Agência Nacional das Águas -ANA (2018), a água possui múltiplos usos, como por exemplo, para fins industrial, consumo humano, agrícola, transporte, dessedentação animal, entre outros, e cada uso possui particularidades, seja por fatores ligados à quantidade e a qualidade, e que alteram as condições naturais das águas superficiais e subterrâneas.

Tem-se utilizado a bacia hidrográfica como uma unidade geomorfológica fundamental, pois é a área natural onde escoar todo o fluxo superficial de água (PISSARRA et al., 1998 apud TONELLO, 2005). Portanto, torna-se um elemento pertinente para o estudo de inúmeros processos que ocorrem na superfície terrestre, definido por Chandrashekar *et al* (2015) como sendo uma unidade ideal para gestão sustentável dos recursos naturais, permitindo a compreensão da influência da morfometria de drenagem sobre formas terrestres e suas características.

A análise morfométrica de uma bacia hidrográfica é uma das metodologias mais utilizadas nas avaliações hidrológicas e ambientais, objetivando um melhor entendimento da dinâmica local e regional da bacia, e que estão relacionados com estudos de parâmetros físicos, onde é possível conhecer o formato da bacia, indicar características geométricas, da rede de drenagem e de relevo (SOUSA, 2016).

A determinação de parâmetros de uma bacia hidrográfica gera informações que são úteis na tomada de decisão e que servem como instrumento para aplicações quantitativas relacionadas aos recursos hídricos, propiciando o melhor gerenciamento e aproveitamento dos recursos naturais através de projetos ou planejamentos ambientais futuros envolvendo a área de estudo (CAMPOS *et al.*, 2015).

Inúmeros estudos, a nível mundial, estão sendo desenvolvidos com o objetivo de analisar as características de bacias hidrográficas (Fenta *et al.*, (2017), Meraj *et al.*, (2015),

Koralay e Kara, (2018), Theuri, (2018)) demonstrando como é importante este tipo de análise para estratégias de tomada de decisões no planejamento urbano, agrícola e florestal.

Para elaboração dos trabalhos de caracterização morfométrica tem-se utilizado técnicas de geoprocessamento, a partir de uma representação matemática correspondente à distribuição espacial da superfície do terreno, denominada Modelo Digital de Elevação (MDE). (CAMPOS *et al.*, 2015)

De modo geral, com a caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica é possível levantar os problemas da bacia, assim como identificar possíveis conflitos e soluções para recuperação do meio ambiente, associando ocupação com preservação (CAMPANHARO, 2010).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

O objetivo geral do estudo é caracterizar o perfil morfométrico e hidrológico da bacia hidrográfica do ribeirão Estiva – MG a partir de parâmetros físicos que serão trabalhados através do Sistema de Informação Geográfica.

2.2. Objetivos Específicos

- Agrupar informações existentes para caracterizar a bacia hidrográfica;
- Utilizar técnicas de geoprocessamento para tratamento de imagens de satélite para delimitação da bacia;
- Extrair os parâmetros que compõe a caracterização morfométrica da bacia;
- Calcular as vazões de pico para diferentes períodos de retorno.

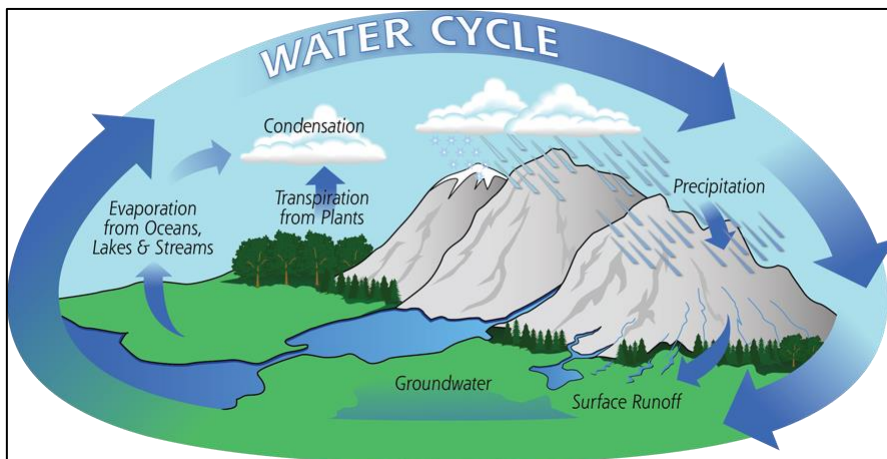
3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1. Ciclo Hidrológico

Refere-se ao ciclo hidrológico como sendo um processo natural de circulação fechada da água em relação a superfície terrestre e a atmosfera, que possui como principais

integrantes do processo: evapotranspiração, a condensação, a precipitação, o escoamento e a infiltração, conforme demonstrada na figura 1 (SCHIAVETTI; CAMARGO,2002).

FIGURA 1- Representação do Ciclo Hidrológico



Fonte: The Water Cycle, NASA, 2019

De maneira didática e sucinta a ANA (2012) descreve as etapas do ciclo hidrológico, que consiste basicamente no fluxo da água em diferentes estados físicos, impulsionada pela energia solar, correlacionada ao movimento de rotação da Terra e à gravidade.

Através de condições atmosféricas e impulsionada pela energia solar ocorre a evaporação da água superficial, de lagos, rios e oceanos e a partir de processos relacionados a aglutinação e crescimento das pequenas gotículas capazes de serem suficientes para que a força gravitacional supere a turbulência natural ou os movimentos ascendentes da atmosfera, acontece a precipitação. A precipitação que ocorre na terra é dispersada de inúmeras formas, a maior parte situa temporariamente no solo e retorna à atmosfera através da evaporação e transpiração das plantas, outra parte supre diretamente os cursos d'água e escoam superficialmente pelas vertentes, atingindo os leitos fluviais ou então infiltram no solo ou através de fissuras nas rochas, suprindo o lençol d'água subterrâneo, colaborando para recarga de aquíferos e surgimento de nascentes.

Tratando-se do ciclo hidrológico na superfície terrestre, destaca-se como componente fundamental o estudo da bacia hidrográfica.

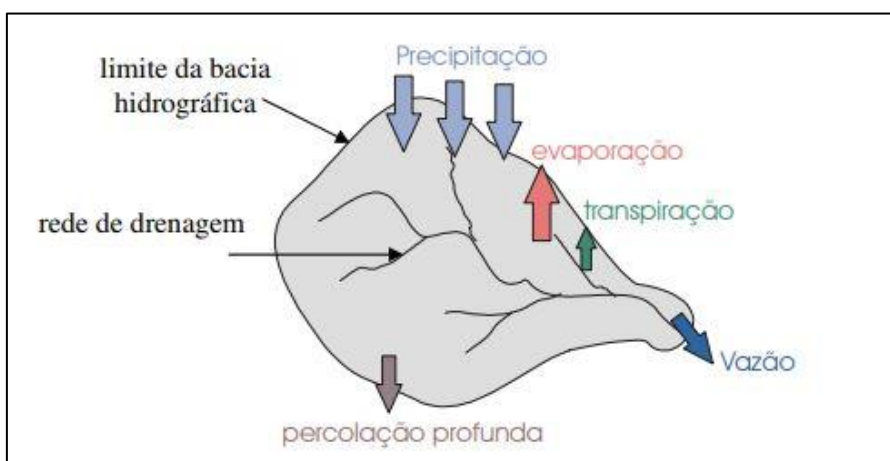
3.2. Bacia Hidrográfica

Defina-se bacia hidrográfica como sendo uma área natural onde a precipitação é coletada e direcionada através de divisores topográficos para um único ponto de saída, denominado ponto exutório (KARMANN et al., 2000).

As bacias hidrográficas caracterizam-se pelas suas características fisiográficas, geologia, tipo de solo, clima, cobertura vegetal, tipo de ocupação, geomorfologia, regime pluviométrico e fluviométrico, e disponibilidade hídrica (DA PAZ, 2004)

Considera-se também a bacia hidrográfica como sendo um sistema físico aberto onde a entrada de água é o volume precipitado na área e a saída é o volume escoado pelo ponto exutório, contabilizando-se as perdas intermediárias, pela evapotranspiração e pelo volume infiltrado, conforme ilustra a figura 2 (ANA, 2012).

FIGURA 2- Representação esquemática de uma bacia hidrográfica



Fonte: ANA, 2012

De acordo com a lei nº 9433 de 8 de janeiro de 1997, a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

3.3. Gerenciamento de Recursos Hídricos

No Brasil, a questão do gerenciamento de recursos hídricos apareceu pela primeira vez no Código Civil de 1916, mesmo que abordada de forma superficial, conforme artigo número 563 e parágrafo único, trata sobre o uso da água sem comprometimento da

qualidade natural, sob pena de indenização a quem se viu prejudicado pelas questões quantitativas e qualitativas, porém não regulamentava todos os direitos e deveres sobre as questões das águas (COSTA;PERIN, 2003).

Art. 563. O dono do prédio inferior é obrigado a receber as águas que correm naturalmente do superior. Se o dono deste fizer obras de arte, para facilitar o escoamento, procederá de modo que não piore a condição natural e anterior do outro.

Parágrafo único. Ao proprietário prejudicado, em tal caso, também assiste o direito de indenização pelos danos, que de futuro lhe advenham com a infiltração ou a irrupção das águas, bem como com a deterioração das obras destinadas a canaliza-las (BRASIL,1916).

Em 1934 ficou marcado pela aprovação de um importante decreto, o Código de Águas, decreto nº 24.43, de 10 de julho de 1934, que tinha como objetivo geral, estabelecer regras de controle federal para o aproveitamento dos recursos hídricos, principalmente com ênfase no setor elétrico. Entretanto o decreto continha princípios que podem ser considerados um dos primeiros instrumentos de controle do uso de recursos hídricos no país (SILVA, 2017, p. 149).

De acordo com Marujo (2015), o código das águas é considerado um marco legal do gerenciamento dos recursos hídricos no Brasil, levando em conta que as legislações anteriores eram consideradas obsoletas.

O Chefe do Governo Provisório da República dos Estados Unidos do Brasil, usando das atribuições que lhe confere o art. 1º do decreto nº 19.398, de 11/11/1930, e: considerando que o uso das águas no Brasil tem-se regido até hoje por uma legislação obsoleta, em desacordo com as necessidades e interesse da coletividade nacional (BRASIL,1934).

O decreto também foi considerado complexo para época, que visou tratar de diversos aspectos e usos da água e pela abordagem de penalidades pelo uso indevido do recurso, a denominação de propriedade, o domínio de navegação, o aproveitamento de água, utilização da força hidráulica, questões de fiscalização e direitos de concessões, entre outros (SILVA, 1998,p.59).

Apesar de ter sofrido algumas alterações nas edições posteriores, ainda se encontra vigente atualmente, ressaltando-se que alguns dispositivos foram revogados pela Constituição Federal de 1988.

A Constituição Federal de 1988 foi responsável por uma profunda mudança na questão da gestão das águas, primeiramente foi precursora em trazer a concepção de água como recurso hídrico e de extinguir o conceito de “águas privadas”, tratada pelo código das Águas, portanto ficou definido que os recursos hídricos estão sob administração da União e dos Estados (FREITAS et al., 2001).

Art. 20. São bens da União:

III - Os lagos, rios e quaisquer correntes de água em terrenos de seu domínio, ou que banhem mais de um Estado, sirvam de limites com outros países, ou se estendam a território estrangeiro ou dele provenham, bem como os terrenos marginais e as praias fluviais;

Art. 26. Incluem-se entre os bens dos Estados:

I - As águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito, ressalvadas, neste caso, na forma da lei, as decorrentes de obras da União (BRASIL,1988).

A Constituição de 1988 também foi responsável por determinar, através do artigo 21, XIX, como competência da União, “instituir o sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos e definir critérios de outorga de direitos de seu uso”, criado entretanto apenas em 1997 com a promulgação da lei 9.433/97, que instituiu a Política Nacional dos Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SIGREH (OLIVEIRA,2007).

Também conhecida como a lei das Águas, a lei 9.433 de janeiro de 1997 incorporou modernos instrumentos e princípios de gerenciamento e recursos hídricos, baseando-se no modelo francês, trazendo conceitos inovadores no que tange a organização do setor de planejamento e gestão de recursos hídricos, no âmbito nacional e estadual.

De acordo com a ANA (2014), o modelo francês foi escolhido pelos administradores públicos em relação ao gerenciamento de recursos hídricos, pois o modelo leva em conta as especificidades de cada região, como aspectos biológicos, climáticos, sociais,

geológicos, culturais e econômicos, também prevê a aplicação do princípio poluidor-pagador.

A Política Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH) -1997, definida pela lei das Águas tem como principal objetivo garantir à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos, ao mesmo tempo em que busca a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos e o desenvolvimento sustentável, através da utilização racional e integrada dos recursos hídricos, assim como descritas no artigo segundo da lei.

Os fundamentos sobre os quais se baseia a política de gestão dos recursos hídricos são:

- I - A água é um bem de domínio público;
- II - A água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;
- III - em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;
- IV - A gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;
- V - A bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;
- VI - A gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades (BRASIL,1997).

Os instrumentos de gestão determinados pela lei nº 9.333/97 são demonstrados de acordo com a tabela 1.

TABELA 1- Instrumentos de Gestão Hídrica de acordo com a PNRH (1997).

Instrumento	Objetivo
Planos de recursos hídricos	Estabelecer planos de ações estruturais e não-estruturais para utilização múltipla e racional dos recursos hídricos
Enquadramento dos corpos d'águas em classes	Possibilitar uma gradual e contínua melhoria da qualidade das águas nas bacias hidrográficas
Outorga de direito de uso dos recursos hídricos	Garantir o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água.
Cobrança pelo uso da água	Incentivar o uso racional da água e obter recursos financeiros para a implementação das ações preconizadas nos planos de recursos hídricos
Sistema de informações sobre recursos hídricos	Fornecer informações de oferta e demanda de recursos hídricos para uso e gestão das águas

Fonte: BRASIL, (1997)

Para a execução dos instrumentos descritos é imprescindível capacidades técnicas, políticas e institucionais e participação de todos os atores envolvidos, e para isso foram criadas instituições nos âmbitos federal, estadual e municipal, conforme figura 3.

FIGURA 3- Matriz Institucional do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos



Fonte: ANA, (2014).

De acordo com a lei nº 9.433 de 1997, através do artigo 33, estão definidos os órgãos do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e suas atuações, conforme tabela 2.

TABELA 2 - Órgãos do Sistemas Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos

Órgãos	Atuações
Conselho Nacional de Recursos hídricos	Regulamenta e define a Política Nacional de Recursos Hídricos; Agente integrador e articulador das políticas públicas que apresentam interfaces com a gestão.
Conselho de Recursos Hídrico dos Estados	Instâncias recursais com referência às decisões tomadas pelos comitês de Bacias Hidrográficas de rios de domínio estadual; Outorgar e fiscalizar o uso de recursos hídricos de domínio do Estado.
Agência Nacional das Águas -ANA	Entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, definida pela lei nº 9.984/2000. Outorgar e fiscalizar o uso dos recursos hídricos de domínio da União e papel de capacitação para gestão dos recursos hídricos
Comitê de bacia hidrográfica	Órgão colegiado da gestão de recursos hídricos, com atribuições de caráter normativo, consultivo e deliberativo e integra o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos hídricos, dentre suas competências, destaca-se: Arbitrar, em primeira instância administrativa, os conflitos pelo uso da água.
Agência das Águas	Função de secretaria executiva dos Comitês de Bacia Hidrográfica

Fonte: ANA, (2014).

A figura 4 representa a relação entre os órgãos do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SINGREH e os instrumentos da Política de Recursos Hídricos, destacando-se as competências de cada colegiado.

FIGURA 4- Relação entre os órgãos do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e os instrumentos da Política de Recursos Hídricos

	PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA	ENQUADRAMENTO	OUTORGA DE DIREITO DE USO	COBRANÇA PELO USO	SISTEMA DE INFORMAÇÕES SOBRE RECURSOS HÍDRICOS
Comitê de Bacia	Aprova e acompanha a execução	Seleciona alternativa	Estabelece prioridades de uso e aprova proposta de usos não outorgáveis	Propõe mecanismos e valores e define plano de aplicação dos recursos arrecadados(1)	
Regulador/ outorgante	Na ausência da Agência de Água, elabora, submete à aprovação do Comitê e executa	Propõe alternativas e apoia a efetivação da proposta aprovada na ausência da Agência de Água	Outorga direito de uso de acordo com as diretrizes do Plano e o enquadramento, fiscalizando o cumprimento da outorga	Elabora estudos para decisão dos Conselhos, arrecada e aplica os recursos, podendo transferi-los à Agência de Água (1)	Implanta e gere Sistemas estaduais e nacional
Agência de Água	Elabora, submete à aprovação do Comitê e executa	Propõe alternativas e apoia a efetivação da proposta aprovada	Elabora estudos para definição de regras de uso e para usos não outorgáveis	Propõe valores e mecanismos, arrecada(2), aplica e gere os recursos	Implanta e gere Sistema da Bacia
Conselhos de Recursos Hídricos	Regulamenta diretrizes gerais	Aprova alternativa	Regulamenta diretrizes gerais e aprova usos não outorgáveis	Aprova (3)	

(1) Em alguns Estados, o plano de aplicação e a efetiva aplicação são prerrogativa governamental.
(2) A arrecadação somente é possível mediante delegação do organismo competente a outro órgão público.
(3) O início da arrecadação da cobrança necessita, em alguns Estados, da edição de decreto governamental.

Fonte: ANA, (2014)

3.4. Geoprocessamento

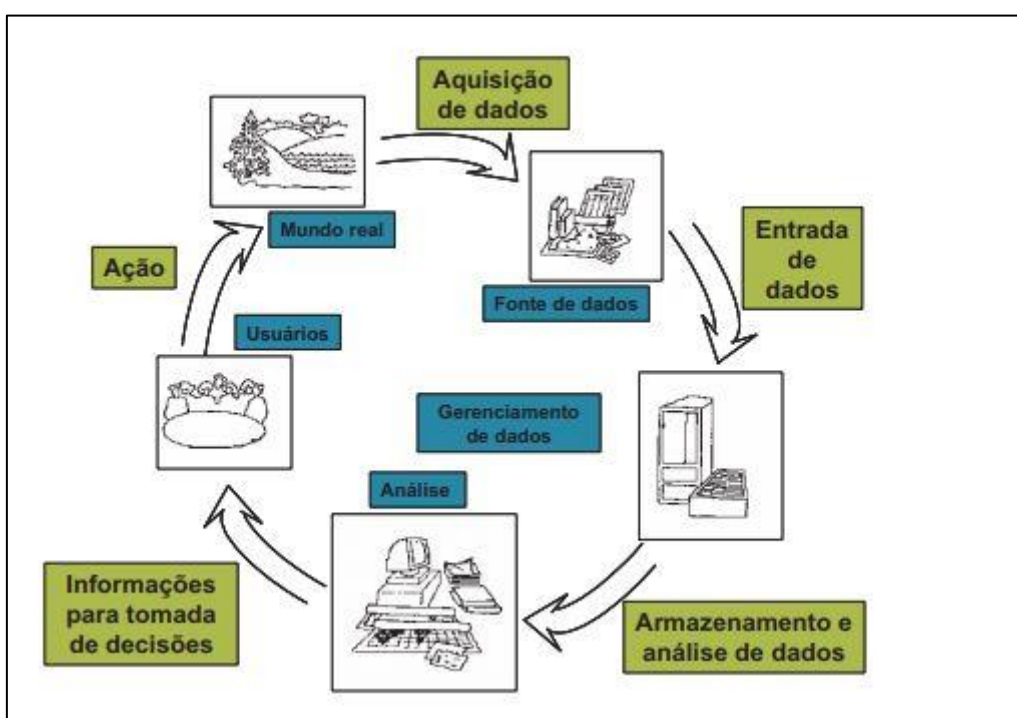
O geoprocessamento é um conjunto de tecnologias que tem por finalidade coleta e tratamento dos dados geográficos que podem servir de instrumentos para pesquisas científicas de todas as áreas e estudos ambientais. As operações envolvendo geoprocessamento são executadas por ferramentas específicas denominadas Sistemas de Informação Geográfica (SIG), conhecida popularmente pela sigla em inglês GIS (CÂMARA *et al.*, 2001).

Ainda de acordo com Câmara *et al.* (2001), a utilização do SIG permite a realização de análises complexas de dados, através da integração de dados de várias fontes e criação de bancos de dados georreferenciados, além de tornar viável a produção automatizada de documentos cartográficos.

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) são compostos dos seguintes elementos: os dados geográficos de informação, hardware, software e Recursos humanos (IBRAHIM, 2014).

A figura 5 representa de forma esquemática a utilização do SIG, observa-se que o processo é um ciclo, as fontes de dados são obtidas através de informações reais. Ocorrem os processos de entradas de dados nos softwares, para tratamento de dados geográficos. Com isso, são geradas informações, que são produtos cartográficos, como mapas, gráficos e tabelas, que auxiliam e dão suporte aos usuários para tomada de decisão. A partir da decisão escolhida, as ações são colocadas em práticas, agindo sobre o mundo real, a partir de modificações são realizadas novas aquisições de dados e assim por diante (HAMADA; GONÇALVES,2007).

FIGURA 5- Esquema da utilização do Sistema de Informação Geográfica (SIG).



Fonte: Hamada; Gonçalves, (2007)

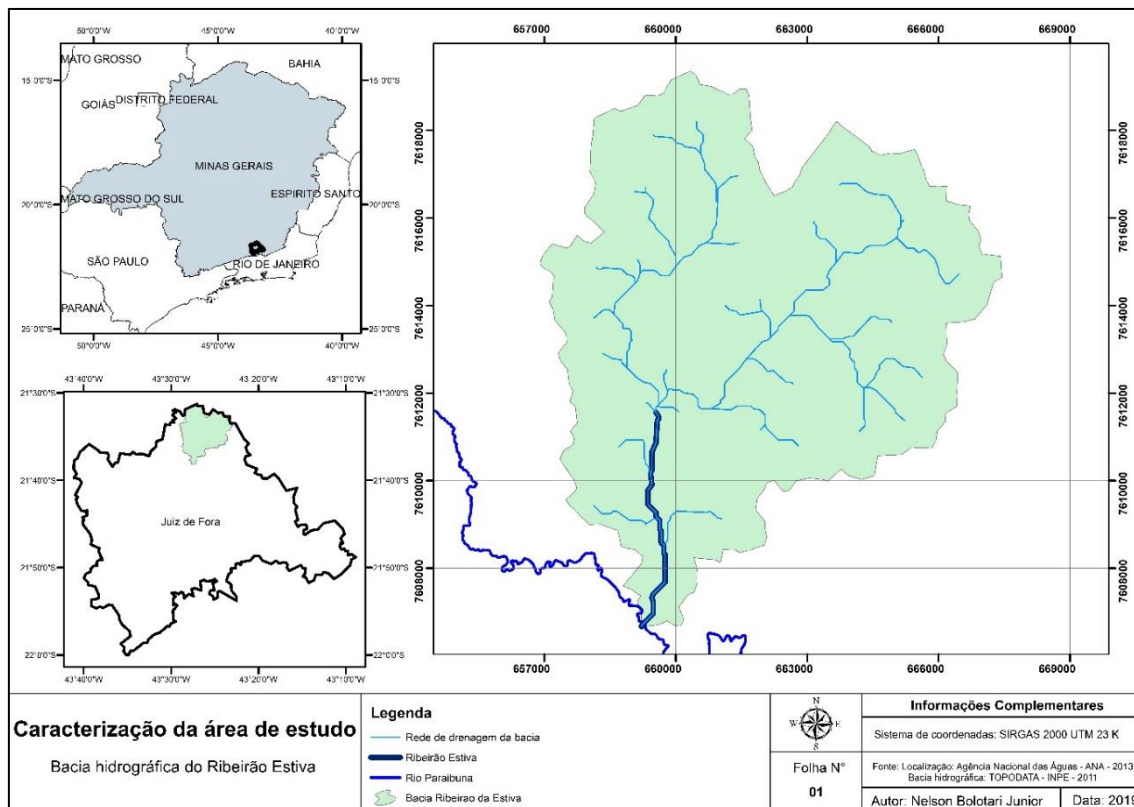
4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Área de estudo

O ribeirão Estiva constitui-se em um afluente da margem esquerda do Rio Paraíba, por sua vez é afluente da margem esquerda do Rio Paraíba do Sul. A bacia do ribeirão Estiva situa-se entre os paralelos 21°31'00" e 21°38'00" de Latitude Sul e entre os meridianos de 43°23'00" e 43°29'00" de Longitude a Oeste de Greenwich, localizada integralmente

no município de Juiz de Fora, região da zona da Mata do estado de Minas Gerais, conforme figura 6.

FIGURA 6- Caracterização da área de estudo



Fonte: Autor, (2019)

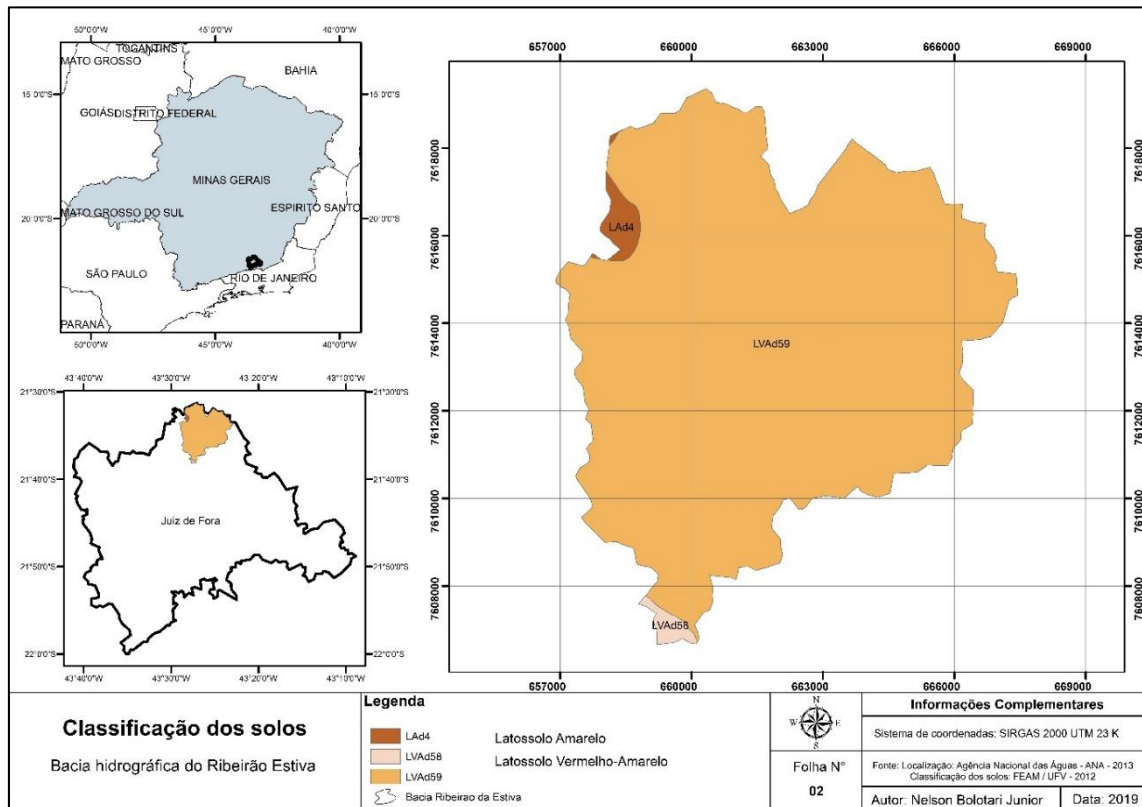
A região caracteriza-se por possuir duas estações bem definidas, uma, de outubro a abril, com registros de temperaturas mais elevadas e maiores precipitações pluviométricas, e outra de maio a setembro, época mais fria e com menor registros de precipitações. Segundo a classificação de W.Koeppen, a região possui um clima mesotérmico, caracterizado por verões quentes e chuvosos, podendo ser definido também, genericamente, como Tropical de Altitude, devido a influência direta da altimetria da região, variando entre 700 e 900m em média de altitude (PJF, 2004).

De acordo com Oliveira (2016), a região da bacia hidrográfica do ribeirão Estiva possui “topografia mamelonizada em morros de dissecação heterogênea, com topos e vertentes predominantemente convexos”.

Ainda de acordo com o autor, a bacia hidrográfica do ribeirão Estiva possui área predominantemente rural, cerca de 87% e 13% enquadrada dentro do período urbano.

De acordo com a Fernandes Filho, (2010), as classes de solos predominantes na bacia hidrográfica do ribeirão da Estiva são, latossolo vermelho -amarelo (LVa), representando cerca de 98,64% da bacia e latossolo amarelo (LA) representando 1,36%, conforme figura 7.

FIGURA 7- Caracterização dos solos



Fonte: Autor, (2019).

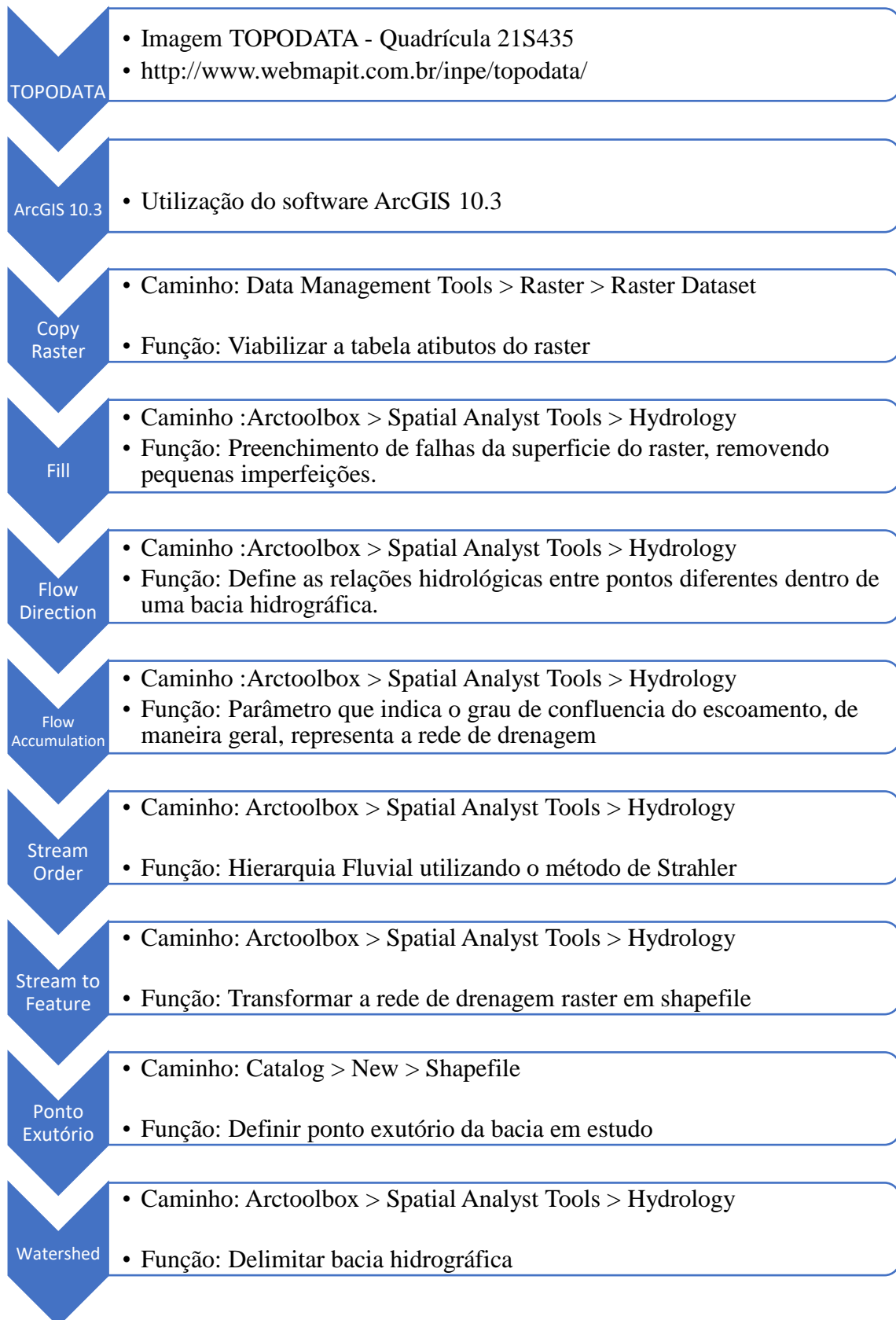
4.2. Obtenção e tratamentos dos dados

A delimitação da bacia hidrográfica do ribeirão Estiva foi realizada utilizando sistema de Informação Geográfica (SIG), através do software ArcGIS 10.3®, desenvolvido pela empresa norte americana ESRI.

Obteve-se a imagem orbital do projeto Topodata, no qual são disponibilizados dados de radar interferométricos da SRTM refinados por krikagem para todo o território nacional, o que não aumenta o nível de detalhamento do modelo, mas resulta em uma superfície com coerência de suas propriedades angulares entre as células adjacentes, fator primordial em análise morfométrica.

A seguir, na figura 8, tem-se o fluxograma criado a partir da metodologia aplicada para delimitar a bacia hidrográfica.

FIGURA 8- Fluxograma Metodologia



Fonte: Autor, (2019)

4.3. Caracterização Morfométrica

Após a delimitação da bacia hidrográfica do ribeirão Estiva, calculou-se os parâmetros morfométricos para caracterização da bacia.

Os parâmetros foram divididos pelas seguintes características: geométrica, da rede de drenagem e características do relevo.

4.3.1. Características Geométricas

4.3.1.1. Área da Bacia (A) (km²)

A área da bacia hidrográfica ou área de drenagem corresponde toda área drenada pelo conjunto fluvial inclusa entre seus divisores topográficos, projetada em plano horizontal, considerado elemento básico para o cálculo de diversos parâmetros morfométricos.

No presente trabalho a área de drenagem utilizada para realização dos cálculos morfométricos foi determinada através do SIG, utilizando o software ArcGIS.

4.3.1.2. Perímetro da Bacia (P) (km)

O perímetro da bacia é definido como sendo o comprimento linear do divisor de águas (TONELLO, 2005).

4.3.1.3. Comprimento axial da bacia (L) (km)

O comprimento axial da bacia é medido do ponto exutório até o ponto longínquo da bacia. (CARVALHO; SILVA, 2003)

4.3.1.4. Coeficiente de Compacidade (Kc)

O coeficiente de compacidade constitui a relação entre o perímetro da bacia (P) e a circunferência de um círculo de área semelhante a bacia. Esse parâmetro é adimensional que varia conforme a forma da bacia, independentemente do tamanho da bacia, ou seja, quanto mais irregular a bacia, maior é o coeficiente de compacidade, de acordo com a equação 1 (VILELA; MATOS, 1975).

$$Kc = 0,28 * \left(\frac{P}{\sqrt{A}}\right)$$

Equação 1

Onde:

P= Perímetro da bacia (km)

A= Área da bacia (km²)

4.3.1.5. Fator de Forma (Kf)

O fator de forma é definido através da razão entre a largura média e o comprimento axial da bacia (da foz ao ponto mais distante do divisor de água). Uma bacia com fator de forma baixo indica que é menos susceptível a enchentes do que outra bacia com o mesmo tamanho, porém com o fator de forma maior (VILELA; MATOS,1975).

Isso porque quanto menor o fator de forma, mais comprida é a bacia e conseqüentemente menos sujeita a picos de enchente, pois o tempo de concentração é maior, além do baixo índice de probabilidade da chuva intensa atingir toda a bacia hidrográfica (CARVALHO; SILVA,2003).

O fator de forma pode ser descrito pela equação 2:

$$Kf = \frac{A}{L^2}$$

Equação 2

Onde:

A= Área de drenagem da bacia;

L= Comprimento axial da bacia.

4.3.1.6. Índice de Circularidade (Ic)

O índice de circularidade pode ser definido como a relação existente entre a área da bacia e a área de um círculo com circunferência com a mesma medida do perímetro da bacia, proposto por Miller (1953), citado por Silva (2011).

O parâmetro indica o quanto é circular ou alongada uma bacia hidrográfica, segundo Alves e Castro (2003), uma bacia com índice abaixo de 0,51, considerada alongada, favorece o escoamento, e se estiver acima de 0,51, a bacia é considerada mais circular com escoamento reduzido e alta probabilidade de cheias.

O cálculo do índice de circularidade é realizado através da equação 3.

$$Ic = \frac{A}{Ac}$$

Equação 3

Onde:

A = Área da bacia;

Ac = Área de um círculo com perímetro semelhante ao da bacia considerada.

De acordo com Schumm (1956), citado por Castro e Alves (2003) o índice de circularidade pode ser classificado de acordo com a tabela 3.

TABELA 3- Classificação do índice de circularidade

Característica	Índice de circularidade
Bacia mais alongada favorecendo o escoamento	< 0,51
Escoamento moderado e pequena probabilidade de cheias rápidas	= 0,51
Bacia circular favorecendo os processos de inundações	> 0,51

Fonte: Castro e Alves, (2003).

4.3.1.7. Padrão de Drenagem

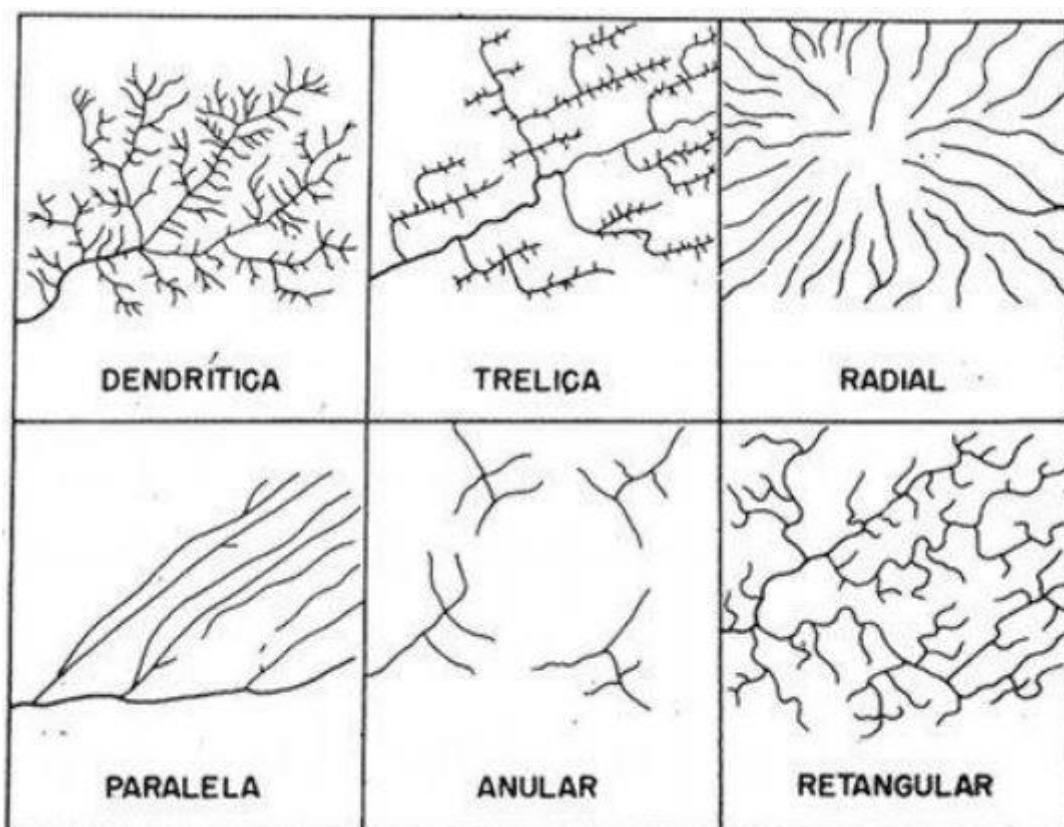
Para determinar o padrão de drenagem da bacia hidrográfica do ribeirão Estiva utilizou-se o método de Chistofolletti (1974), através de comparação visual com os padrões de drenagem básicos definidos pelo autor, identificados de acordo com a tabela 4 e através da figura 9.

TABELA 4- Padrão de drenagem

Padrão	Característica
Anular	Os rios principais possuem um padrão circular com canais tributários em ângulo reto.
Dendrítico	Padrão no formato de uma árvore
Paralelo	Os rios principais são espaçados e paralelos. A confluência com os rios tributários é caracterizada por ângulos agudos
Radial	Direção do fluxo de drenagem fluindo para fora do centro
Retangular	Rede de drenagem perpendicular com duas direções igualmente desenvolvidas
Treliça	Rede drenagem com direção dominante se opondo uma outra com direção perpendicular

Fonte: Adaptado de Trindade *et al*, (2019).

FIGURA 9- Padrão de drenagem de acordo com a classificação de Chistofoletti (1974),



Fonte: Adaptado de Trindade *et al*, (2019).

4.3.2. **Características da rede de drenagem**

4.3.2.1. *Hierarquia Fluvial (Hf)*

A hierarquia fluvial é uma classificação que representa o grau de ramificação de uma bacia (VILELA; MATOS,1975, p.15).

Para determinar a hierarquia fluvial da rede de drenagem da bacia do ribeirão Estiva, utilizou-se a metodologia de Strahler (1952), a identificação inicia-se com os canais de primeira ordem, são os canais que não possuem nenhum afluente, podendo ser considerado como as nascentes, os canais de segunda ordem surgem a partir da confluência de dois canais de primeira ordem, para a formação dos canais de terceira ordem é necessário que haja confluência com dois canais de segunda ordem, que pode receber contribuições de canais de primeira ordem. Quando dois canais de terceira ordem se encontram, surge canal de quarta ordem que poderá receber canais de ordem inferior, e assim por diante.

4.3.2.2. *Relação de Bifurcação (Rb)*

A relação de bifurcação é definida como sendo a razão entre o número total de canais de determinada ordem e o número total de canais de ordem imediatamente superior, parâmetro definido inicialmente por Horton (1945) e reestruturado por Strahler (1952).

Segundo França (1968), citado por Cherem (2008), o parâmetro está relacionado ao comportamento hidrológico dos solos, índice maior para solos menos permeáveis e menor para solos mais permeáveis. Ressalta-se que o resultado do parâmetro nunca poderá ser inferior a 2.

A relação de bifurcação (Rb) é determinada pela equação 4:

$$Rb = \frac{Nu}{Nu+1}$$

Equação 4

Onde:

Nu= Número de canais de determinada ordem;

Nu+1= Número de canais da ordem imediatamente superior.

4.3.2.3. Densidade Hidrográfica (Dh)

Segundo Schumm (1956) apud Castro e Alves (2003), a densidade hidrográfica é a relação entre o número total de canais existentes em cada quilômetro quadrado da bacia indicando o potencial hídrico da região, representada pela equação 5.

$$Dh = n/A \quad \text{Equação 5}$$

Onde:

Dh = Densidade hidrográfica (canais/km²)

n = número de canais

A = Área da bacia

Christofoletti (1969) recomenda que o n , seja considerado como o número de canais de primeira ordem, de acordo com a classificação de Strahler (1952), com o fundamento de que isso acarreta resultados mais fidedignos sobre o comportamento hidrológico da bacia.

De acordo com Lollo (1995) a densidade hidrográfica pode ser classificada conforme tabela 5.

TABELA 5- Classificação da densidade hidrográfica

Dh	Classificação
<3	Baixa
3 – 7	Média
7 – 15	Alta
>15	Muito alta

Fonte: Lollo (1995).

4.3.2.4. Densidade de drenagem (Dd)

Densidade de drenagem é um parâmetro que indica o grau de desenvolvimento de um sistema de drenagem, estabelecido pela relação entre o comprimento total dos cursos d'água de uma bacia e sua área total, definida pela equação 6. (VILELA; MATOS,1975, p.16)

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

Equação 6

Onde:

Lt= Comprimento total dos cursos d'água (km)

A= Área total de drenagem (km²)

De acordo com Beltrame (1994), citado por Santos et al (2012) a densidade de drenagem pode ser classificada de acordo com a tabela 6.

TABELA 6- Classificação da densidade de drenagem

Característica	Dd (km/km²)
Baixa	<0,5
Mediana	0,5 – 2,00
Alta	2,01 – 3,50
Muito alta	>3,5

Fonte: Santos et al., (2012).

4.3.2.5. Índice de Sinuosidade (*Is*)

O índice de sinuosidade é definido a partir da relação entre o comprimento do canal principal e a distância vetorial entre os extremos do canal ou comprimento do talvegue (VILELA; MATOS,1975).

De acordo com Freitas (1952), conforme citado por Castro e Alves (2003) a sinuosidade dos canais é influenciada pela carga de sedimentos, estruturação geológica, pela declividade dos canais e compartimentação litológica. Ainda de acordo com o autor valores próximos a um o canal tende a ser retilíneo e valores maiores que dois os canais tendem a ser tortuosos.

A expressão para o cálculo do índice de sinuosidade é descrita conforme equação 7:

$$Is = \frac{L}{Dv}$$

Equação 7

Onde:

L= Comprimento do canal principal (km);

Dv= Distância vetorial entre os extremos do canal principal (km);

De acordo com Morisowa (1975), apud Lopes et al (2018), o índice de sinuosidade pode ser classificado de acordo com a tabela 7.

TABELA 7- Classificação do índice de sinuosidade

Característica	Índice de sinuosidade
Retilíneo	< 1,05
Sinuoso	1,05 – 1,5
Meandrante	> 1,5
Entrelaçado	> 1,8
Anastomosado	> 2,0

Fonte: Lopes et al., (2018).

4.3.2.6. *Coeficiente de manutenção (Cm)*

O coeficiente de manutenção é definido a partir da densidade de drenagem, definido como sendo a área representada necessária para manter perene cada metro de canal de drenagem, representada pela equação 8 (SANTOS et al., 2012).

$$Cm = \frac{1}{Dd} \quad \text{Equação 8}$$

Onde:

Cm= Coeficiente de manutenção (m/m²);

Dd= Densidade de drenagem (m²).

O coeficiente de manutenção evidencia as áreas de recarga, podendo ser correlacionada ao índice de impermeabilização do solo e ao tipo de substrato rochoso, auxiliando na avaliação de riscos de disponibilidade hídrica (MACHADO et al.,2011).

4.3.3. **Características do relevo**

4.3.3.1. *Declividade da bacia hidrográfica*

Para obtenção dos mapas de declividade e orientação do terreno utilizou-se a imagem TOPODATA quadrícula 21S435, sendo processada através da ferramenta slope, do

software ArcGIS 10.3. A declividade pode ser expressa em graus (0 a 90°) ou em porcentagem (0 a infinito) e é definida como sendo a relação entre desníveis e suas correspondentes distâncias horizontais, ou seja, é a variação da altitude entre dois pontos do terreno, em relação as suas distancias.

Para o presente trabalho, adotou-se a classificação da Empresa Brasileira de Produção Agropecuária – EMBRAPA (1999), conforme tabela 8.

TABELA 8 - Classificação do relevo, conforme a EMBRAPA.

Intervalo (%)	Tipo de declividade no relevo
0-3	Relevo plano
3-8	Relevo suavemente ondulado
8-20	Relevo ondulado
20-45	Relevo forte ondulado
45-75	Relevo montanhoso
>75	Relevo escarpado

Fonte: EMBRAPA, (1999).

4.3.3.2. *Orientação das vertentes*

De acordo com Marcelo et al. (2011), a orientação das vertentes em graus, tem relação direta com os processos eólicos, evaporação, luminosidade e umidade, influenciando a vegetação, tanto na sua formação, quanto no desenvolvimento e que determina a direção preferencial do escoamento fluvial e pluvial.

Adotou-se a classificação, conforme tabela 9.

TABELA 9- Classificação orientação das vertentes

Intervalo (graus)	Orientação da declividade
0	Exposições a norte
Até 22,5	Exposição a nordeste
> 22,5 – 67,5	Exposições a leste
> 67,5 – 112,5	Exposições a sudeste
>112,5 – 157,5	Exposições a sul
>157,5 – 202,5	Exposições a sudoeste
> 202,5 – 247,5	Exposições a oeste
>247,5 – 292,5	Exposições a noroeste
> 292,5 – 337,5	Exposições a norte

Fonte: Adaptado de Rovani e Cassol, (2012).

4.3.3.3. Razão de Relevo (*Rr*)

Segundo Schum (1956), é a relação entre a diferença de altitudes máxima e mínima na bacia hidrográfica e o comprimento do canal principal, representada pela equação 9 (apud LANA et al, 2001).

$$Rr = \frac{H}{Lc} \quad \text{Equação 9}$$

Onde:

Rr = Razão de relevo (adimensional);

H = Amplitude altimétrica (m);

Lc = Comprimento canal principal da bacia (m).

4.3.3.4. Gradiente de canais (*Gc*)

O gradiente de canais é a relação entre a altitude máxima da bacia e o comprimento do canal principal, expressado em porcentagem, através da equação 10 e que tem como finalidade determinar a declividade do curso d'água principal (HORTON, 1945 apud PINTO JUNIOR; ROSSETE, 2005).

$$Gc = \frac{A^{max}}{Lc} (\%) \quad \text{Equação 10}$$

Onde:

Gc= Gradiente de canais (Adimensional);

A max= Altitude máxima da bacia (m);

L= Comprimento do canal principal (m).

4.4. Caracterização Hidrológica

4.4.1. Método Racional Modificado para determinação de Vazão

Segundo Tucci (2003), a vazão máxima pode ser estimada através da regionalização de vazões, quando não se tem dados medidos ou com base na precipitação, por meio de métodos que descrevem processos de transformação de precipitação em vazão.

Usualmente, utiliza-se o Método Racional, pela metodologia simples e que atinge resultados satisfatórios em projetos e estudos hidráulicos. (DAAE, 1994).

O método racional foi desenvolvido para estimar vazões de escoamento em pequenas bacias, com áreas de 50 a 500 ha, sendo representada pela equação 11.

$$Q_{m\acute{a}x} = \frac{C \cdot i \cdot A}{360} \quad \text{Equação 11}$$

Onde:

Q_{máx}= Vazão máxima de escoamento superficial (m³s⁻¹);

C = coeficiente de escoamento superficial, adimensional;

i_m= intensidade máxima média de precipitação para uma duração igual ao tempo de concentração (mm h⁻¹); e

A= área da bacia de drenagem (ha).

Para tanto, utiliza-se o método racional modificado para estimar a vazão máxima de escoamento superficial em bacias hidrográficas para diferentes valores de áreas das bacias. O método Racional Modificado diferencia-se do Método Racional pela utilização de um coeficiente de retardamento (φ), definido em função da área da bacia, conforme equação 12 (MATOS *et al.*, 2012)

$$Q_{m\acute{a}x} = \left(\frac{C \cdot i \cdot A}{360} \right) * \phi \quad \text{Equação 12}$$

Onde:

Φ = Coeficiente de retardamento, adimensional.

O coeficiente de retardamento tem como objetivo corrigir o fato do escoamento superficial sofrer um retardamento em relação ao início da precipitação, que varia de 0 a 1 e que está representado na tabela 10.

TABELA 10 - Coeficiente de retardamento para o método racional modificado

Área da Bacia (km ²)	ϕ
10-30	0,27
30-60	0,26
60-90	0,25
90-120	0,24
120-150	0,23

Fonte: Matos *et al.*, 2012

Ressalta-se que o método Racional modificado deve ser aplicado cuidadosamente, pois envolve simplificações e uso de coeficientes de grande objetividade. No entanto, a simplicidade de sua aplicação e a facilidade do conhecimento e controle dos fatores a serem considerados tornam seu uso bastante difundido em estudos sobre vazões máximas em bacias hidrográficas (MATOS *et al.*,2012)

4.4.2. Tempo de concentração (T_c)

O tempo de concentração é o tempo em que leva para que toda a bacia contribua para o escoamento superficial na seção estudada, ou seja quando a vazão é máxima. Entende-se também sendo tempo de concentração o tempo que leva para que uma gota que cai no ponto mais distante da bacia atingir a seção estudada, avaliado desde o princípio da chuva (PAIVA; PAIVA,2001).

Existem inúmeros métodos e fórmulas para o cálculo do tempo de concentração em função de algumas características físicas da bacia, as mais usadas são: o comprimento do talvegue e a declividade do talvegue.

Para o cálculo do tempo de concentração da Bacia do Ribeirão Estiva utilizou-se a equação de Giandotti, conforme descrito por Matos et al (2003), sendo recomendado quando se utiliza o método Racional Modificado, representado através da equação 13.

$$tc = \frac{4*\sqrt{A}+1,5*L}{0,8*\sqrt{H}}$$

Equação 13

Onde:

Tc= Tempo de concentração (h);

A= Área da bacia (km²);

L = Comprimento horizontal, desde a saída até o ponto mais afastado da bacia (km); e

H = Diferença de cotas entre a saída da bacia e o ponto mais afastado (m).

4.4.3. Intensidade Pluviométrica

Nos estudos hidrológicos é necessário o conhecimento das três grandezas que caracterizam uma precipitação, a intensidade, duração e frequência. A equação de intensidade, duração e frequência, também conhecida como IDF é a principal forma de caracterizar essa relação existente e são de fundamental importância na definição das intensidades de precipitação associadas a uma frequência de ocorrência, para estudos hidráulicos e de aproveitamento do recurso hídrico (CPRM, 2014).

Essas relações podem ser estabelecidas através dos pontos de rede hidrometeorológica nacional que dispõe de registros contínuos de chuva, equipadas com pluviógrafos ou estações automáticas ou a partir da desagregação das precipitações máximas diárias (CPRM, 2014).

A equação geral da Intensidade Pluviométrica está representada a seguir,

$$im = \frac{K*T^a}{(t+b)^c}$$

Equação 14

Onde:

Im = Intensidade média de precipitação, mm/h;

T = Tempo de recorrência, em anos;

t = duração de precipitação, min; e

K, a, b, c = Coeficientes empíricos relacionados ao local em estudo.

Para o município de Juiz de Fora a equação IDF foi definida por Freitas et al (2001), onde foram utilizados os registros de precipitações diárias máximas da estação pluviográfica do município, a equação 15 ficou definida da seguinte forma:

$$i = \frac{3000 * T^{0,1730}}{(t+23,965)^{0,96}} \quad \text{Equação 15}$$

Onde:

i = Intensidade da chuva (mm/h);

T = Tempo de recorrência (anos);

t = tempo de concentração (min) calculado no item 4.3.2

4.4.4. **Coeficiente de escoamento Superficial**

O coeficiente de escoamento superficial (C), também conhecido como coeficiente de deflúvio, ou coeficiente “*runoff*” é definido como sendo a razão entre o volume de água escoado superficialmente e o volume de água precipitado (VILELA; MATOS,1975).

Conhecendo-se o coeficiente de deflúvio para uma determinada chuva intensa de certa duração, pode-se determinar o escoamento superficial de outras precipitações de intensidades diferentes, desde que a duração seja a mesma (ANA, 2012).

Segundo Paiva e Paiva (2001), para as bacias que apresentam superfícies muito heterogêneas em relação as suas características, recomenda-se utilizar o valor médio de C, sendo obtido através da média ponderada, tendo como peso as áreas representadas, conforme a equação 16:

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n C_i * A_i}{A} \quad \text{Equação 16}$$

Onde:

C = coeficiente de escoamento superficial da área de interesse, adimensional;

C_i = coeficiente de escoamento superficial da subárea i, adimensional;

A_i = subárea considerada (ha); e

A= área total considerada (ha).

Utilizando-se o método racional, o coeficiente de escoamento superficial geralmente é determinado segundo a forma de ocupação do solo, através da tabela 11.

TABELA 11 – Coeficiente de escoamento de acordo com o uso e ocupação do solo

Tipos de superfície	PERÍODO DE RETORNO						
	2	5	10	25	50	100	500
ÁREAS URBANAS							
Asfalto	0,73	0,77	0,81	0,86	0,90	0,95	1,00
Concreto/ Telhado	0,75	0,80	0,83	0,88	0,92	0,97	1,00
ÁREAS COM GRAMA (Gramados, parques, etc.)							
- Condições Pobres (gramas cobrindo menor que 50% da área)							
Plana, 0 – 2%	0,32	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47	0,58
Média, 2 – 7 %	0,37	0,40	0,43	0,46	0,49	0,53	0,61
Inclinada > 7%	0,40	0,43	0,45	0,49	0,52	0,55	0,62
-Condições Médias (gramas cobrindo de 50% a 75% da área)							
Plana, 0 – 2%	0,25	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41	0,53
Média, 2 – 7 %	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49	0,58
Inclinada > 7%	0,37	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53	0,60
- Boas Condições (gramas cobrindo mais do que 75% da área)							
Plana, 0 – 2%	0,21	0,23	0,25	0,29	0,32	0,36	0,49
Média, 2 – 7 %	0,29	0,32	0,35	0,39	0,42	0,46	0,56
Inclinada > 7%	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47	0,51	0,58
ÁREAS RURAIS							
Campos Cultivados							
Plana, 0 – 2%	0,31	0,34	0,36	0,40	0,43	0,47	0,57
Média, 2 – 7 %	0,35	0,38	0,41	0,44	0,48	0,51	0,60
Inclinada > 7%	0,39	0,42	0,44	0,48	0,51	0,54	0,61
Pastos							
Plana, 0 – 2%	0,25	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41	0,53
Média, 2 – 7 %	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49	0,58
Inclinada > 7%	0,37	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53	0,60
Florestas/ Reflorestamento							
Plana, 0 – 2%	0,22	0,25	0,28	0,31	0,35	0,39	0,48
Média, 2 – 7 %	0,31	0,34	0,36	0,40	0,43	0,47	0,56
Inclinada > 7%	0,35	0,39	0,41	0,45	0,48	0,52	0,58

Fonte: Paiva e Paiva, 2001

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Caracterização Morfométrica

De acordo com a tabela 12, tem-se os resultados da caracterização morfométrica da bacia do ribeirão Estiva.

TABELA 12 - Resultados da caracterização morfométrica da bacia do ribeirão Estiva

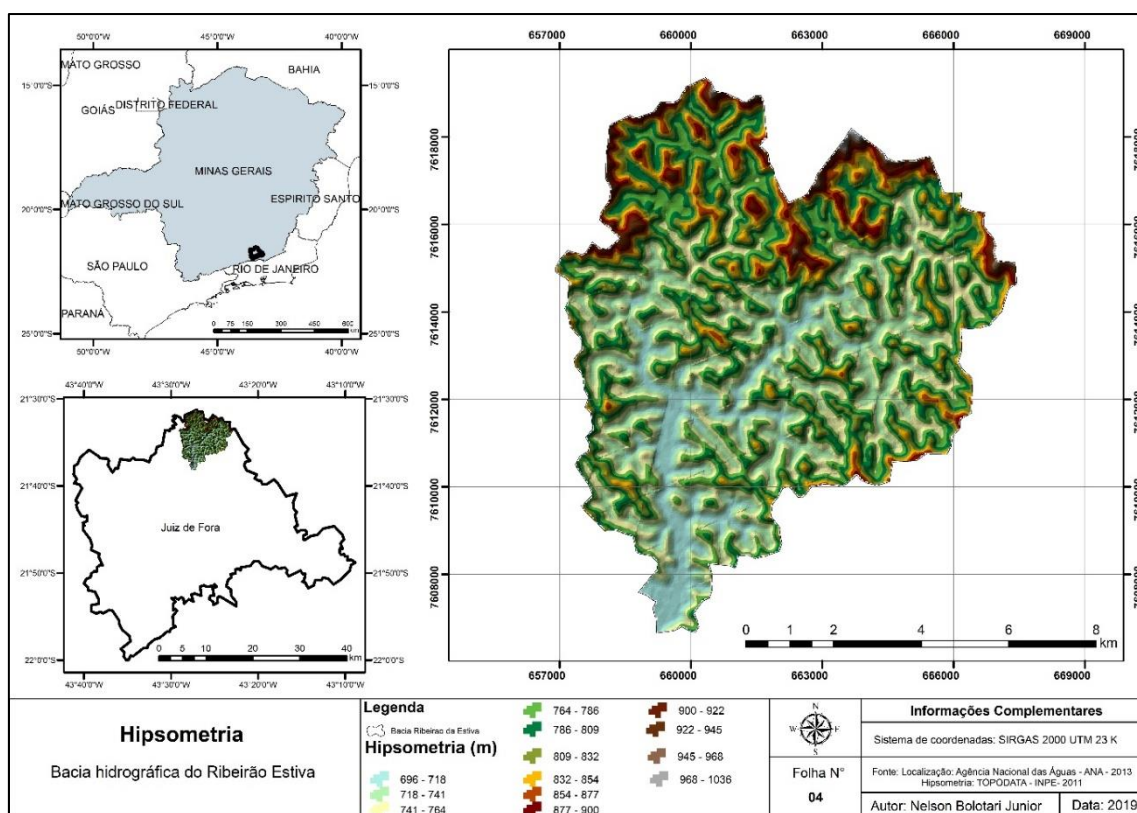
Características Geométricas	Parâmetros	Resultado	Unidade		
	Área total da bacia (A)	78,08	km²		
	Perímetro da bacia (P)	47	km		
	Comprimento axial da bacia (L)	12,73	km		
	Índice de circularidade (Ic)	0,44	-		
	Coefficiente de compacidade (Kc)	1,5	-		
	Fator de Forma (Kf)	0,48	-		
	Padrão de drenagem	Dendrítico	-		
Características de drenagem	Hierarquia fluvial (Hf)	4° ordem	-	N° canais	Rel. de Bifurcação (Rb)
	Densidade hidrográfica (Dh)	0,38	canais/km²	Ordem 1	30
	Densidade de drenagem (Dd)	0,74	km/km²	Ordem 2	7
	Índice de sinuosidade (Is)	1,41	-	Ordem 3	3
	Coefficiente de manutenção (Cm)	1356,5	m²/m	Ordem 4	1
Características do relevo	Declividade média da bacia	24	%		
	Razão de relevo (Rr)	0,02	-		
	Gradiente de canais (Gc)	6,57	%		
	Orientação das vertentes	Sudoeste (14,92%) Nordeste (14,88%)	-		

Fonte: Autor, (2019).

Conforme tabela 12, a bacia do ribeirão Estiva apresenta área de 78,08 km², representando 5% do município de Juiz de Fora- MG, com perímetro de 47 km, comprimento axial de 12, 73 km e com altitudes variando de 696 m a 1036 m.

A figura 10 representa hipsométrica da bacia, com amplitude de 340 m. Conforme Trentin e Robaina (2005), o mapa hipsométrico possui importância na análise de energia, evidenciando condições favoráveis a dissecação para as áreas de maior altitude e de acumulação para as áreas de menor altitude.

FIGURA 10 - Hipsometria da bacia hidrográfica do ribeirão Estiva



Fonte: Autor, (2019).

De acordo com os resultados, pode-se afirmar que a bacia é pouco susceptível a enchentes em condições normais de precipitação, uma vez que apresenta fator de forma (Kf) igual a 0,48, índice de circularidade (Ic) igual a 0,44 e coeficiente de compacidade (Kc) igual a 1,5. Isso porque quanto menor o fator de forma, mais comprida é a bacia e consequentemente menos sujeita a picos de enchente, pois o tempo de concentração é maior, além do baixo índice de probabilidade atingir toda a extensão da bacia hidrográfica (Carvalho e Silva, 2003).

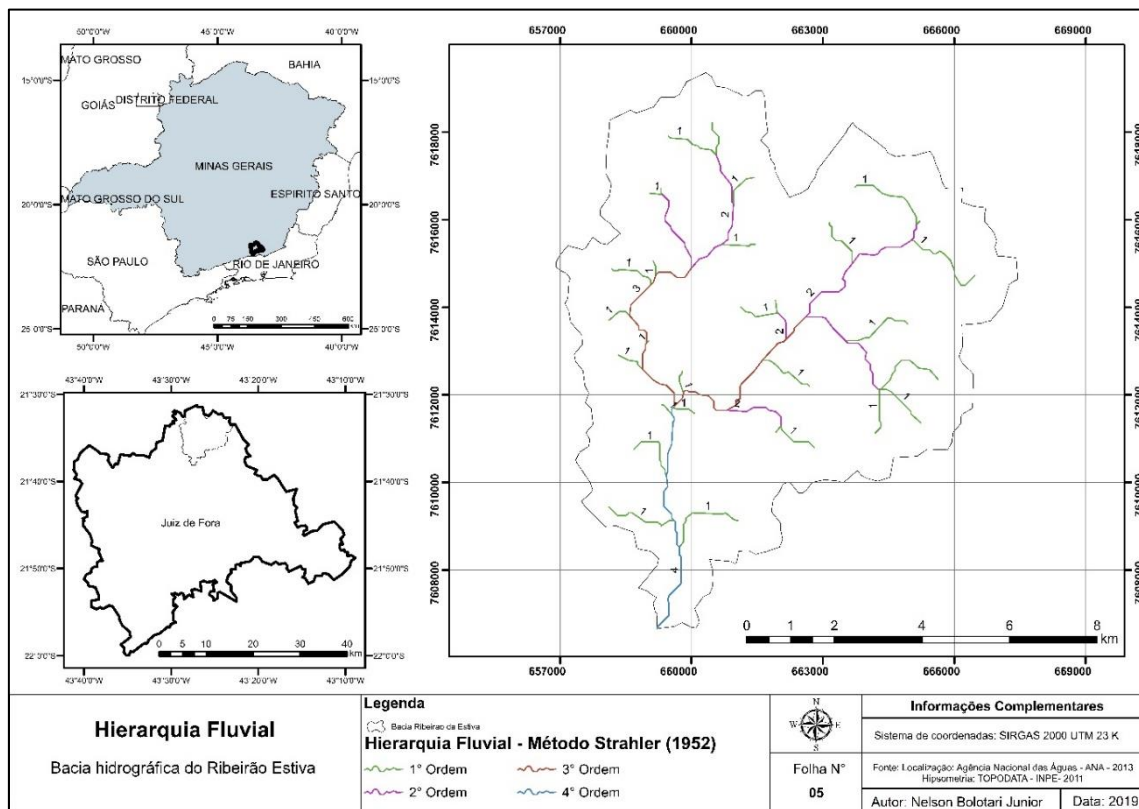
Já para o índice de circularidade (I_c), o parâmetro indica o quanto é circular ou alongada uma bacia hidrográfica, segundo Alves e Castro (2003), uma bacia com índice abaixo de 0,51, considerada alongada, favorece o escoamento, e se estiver acima de 0,51, a bacia é considerada mais circular com escoamento reduzido e alta probabilidade de cheias.

O padrão de drenagem da bacia em questão é do tipo dendrítica, de acordo com Trajano et al (2012), caracterizado por uma configuração semelhante a uma árvore e que ocorre em áreas com predomínio de rochas homogêneas de natureza sedimentar.

A densidade de drenagem encontrada para a bacia do ribeirão da Estiva foi de 0,74 km/km², de acordo com Villela e Matos (1975), esse parâmetro varia de 0,5 km/km², considerado uma drenagem pobre a 3,5 km/km² ou mais, considerado uma bacia bem drenada. Nesse caso, pode-se inferir que a bacia em estudo possui baixa capacidade de drenagem.

De acordo com a figura 11, a bacia do ribeirão Estiva é de quarta ordem, na hierarquia de Strahler (1952), ou seja, apresenta baixo grau de ramificação.

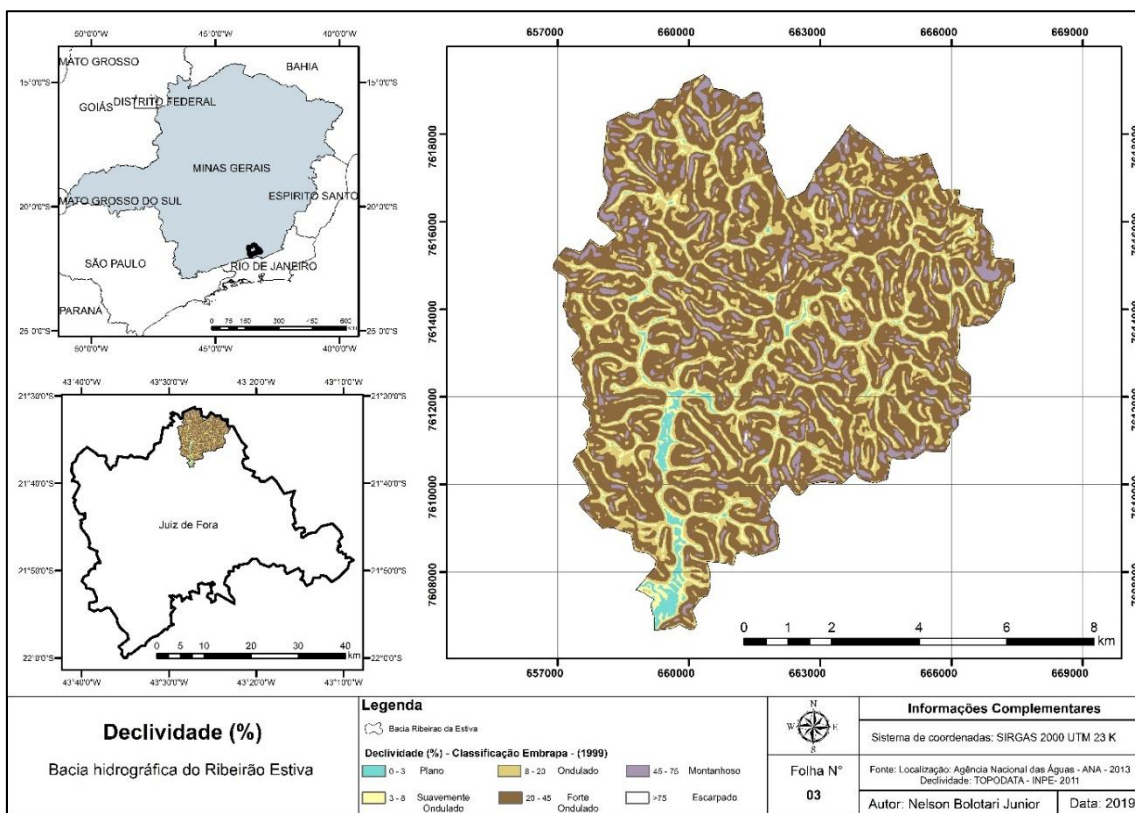
FIGURA 11 - Hierarquia Fluvial da bacia hidrográfica do ribeirão Estiva



Fonte: Autor, (2019).

A distribuição das classes de declividade na bacia pode ser observada na figura 12. A declividade média encontrada foi de 24%, classificado como relevo forte ondulado, de acordo com a EMBRAPA (1999). Segundo Tonello et al (2006), a declividade da bacia hidrográfica possui papel importante na distribuição da água entre o escoamento superficial e subterrâneo. Associando alguns fatores como, ausência de cobertura vegetal, classe do solo e intensidade das chuvas à uma maior declividade, maior será a velocidade do escoamento, menor a quantidade de volume armazenado no solo, expondo a bacia hidrográfica a degradação.

FIGURA 12 - Declividade (%) da bacia hidrográfica do Ribeirão Estiva



Fonte: Autor, (2019).

O canal principal apresenta comprimento total de 15,78 km e um índice de sinuosidade (Is) retilíneo, com valor de 1,40. De acordo com Castro e Alves (2003), a sinuosidade é influenciada pela carga de sedimentos, estruturação geológica, pela declividade dos canais e compartimentação litológica. Ainda de acordo com os autores, valores próximos a 1 (um) o canal tende ser retilíneo e valores maiores que 2 (dois) os canais tendem a ser tortuosos.

O gradiente de canais (G_c), que determina o gradiente de inclinação do canal principal da bacia foi de 6,57 % demonstra que a área drenada por esse sistema fluvial, naturalmente não sofre pela erosão fluvial, sendo corroborada pela razão de relevo (R_r), com o valor de 0,02 m/m. De acordo com Gerber et al. (2018), valores da relação de relevo entre 0 e 0,1 indica baixa declividade média da bacia e valores entre 0,31 e 0,6 alta declividade média da bacia.

Verificou-se que a relação de bifurcação (R_b) calculada para canais de ordem 1-2 foi de 4,29, para os canais de ordem 2-3 foi igual a 2,33 e para os canais de ordem 3-4, o valor encontrado foi igual a 3. Segundo Strahler (1952) os valores característicos da relação de bifurcação estão entre 3 e 5 e que não podem ser inferiores a 2.

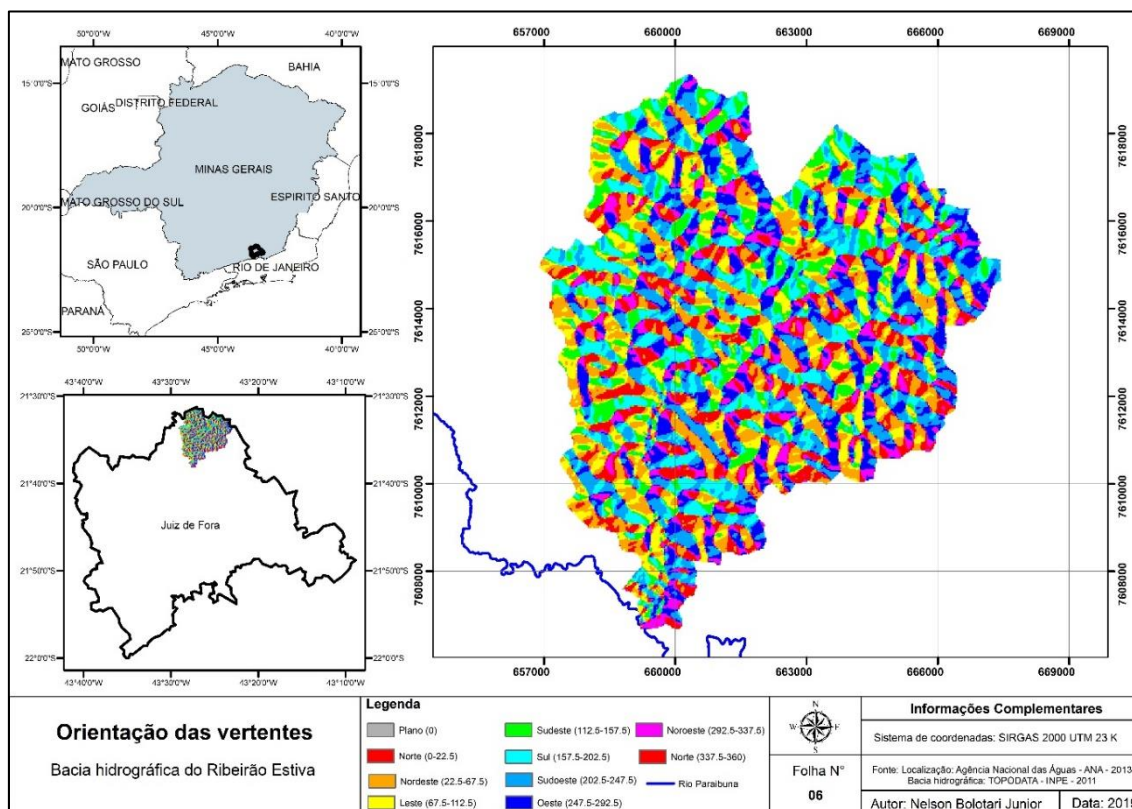
Conforme Cherem (2008), o parâmetro está relacionado ao comportamento hidrológico dos solos, índice maior para solos menos permeáveis e menor para solos mais permeáveis.

Outro importante parâmetro de qualidade da rede de drenagem de uma bacia é o coeficiente de manutenção (C_m), segundo Schumm (1956), fornece a área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento. A partir desse dado é possível calcular qual seria a área necessária para a manutenção de 1 m de curso fluvial perene, o que permite inferir sobre o balanço hidrodinâmico da área. Portanto, em termos de balanço hidrodinâmico da bacia do ribeirão Estiva, os resultados indicam que são necessários 1356,5 m² de área para manter perene cada metro de canal da bacia.

A densidade hidrográfica indica a capacidade da bacia do ribeirão estiva gerar novos canais, obteve-se resultado de 0,38 canais/km², considerado com baixa capacidade de gerar novos canais, conforme Lana et al. (2001), tabela 5.

A figura 13 apresenta a orientação das vertentes do terreno da bacia. Na tabela 13 é apresentado o quantitativo da área para cada orientação do terreno. É possível afirmar que há predominância de terreno orientado ao sudoeste (14,92%), nordeste (14,88%), seguida da orientação para o oeste.

FIGURA 13 - Orientação das vertentes da bacia hidrográfica do ribeirão da Estiva



Fonte: Autor, (2019).

TABELA 13 - Classificação da orientação das vertentes

Graus	Orientação	Área (km ²)	Área (%)
0	Plano	0,06	0,08
Até 22,5	Norte	5,22	6,69
> 22,5 até 67,5	Nordeste	11,61	14,88
> 67,5 até 112,5	Leste	9,82	12,58
> 112,5 até 157,5	Sudeste	8,34	10,69
> 157,5 até 202,5	Sul	10,19	13,06
> 202,5 até 247,5	Sudoeste	11,65	14,92
> 247,5 até 292,5	Oeste	10,63	13,62
> 292,5 até 337,5	Noroeste	6,72	8,61
> 337,5 até 360	Norte	3,80	4,86

Fonte: Marujo et al.,(2015)

5.2. Caracterização Hidrológica

De acordo com a tabela 14, tem-se os resultados da caracterização hidrológica da bacia do ribeirão estiva.

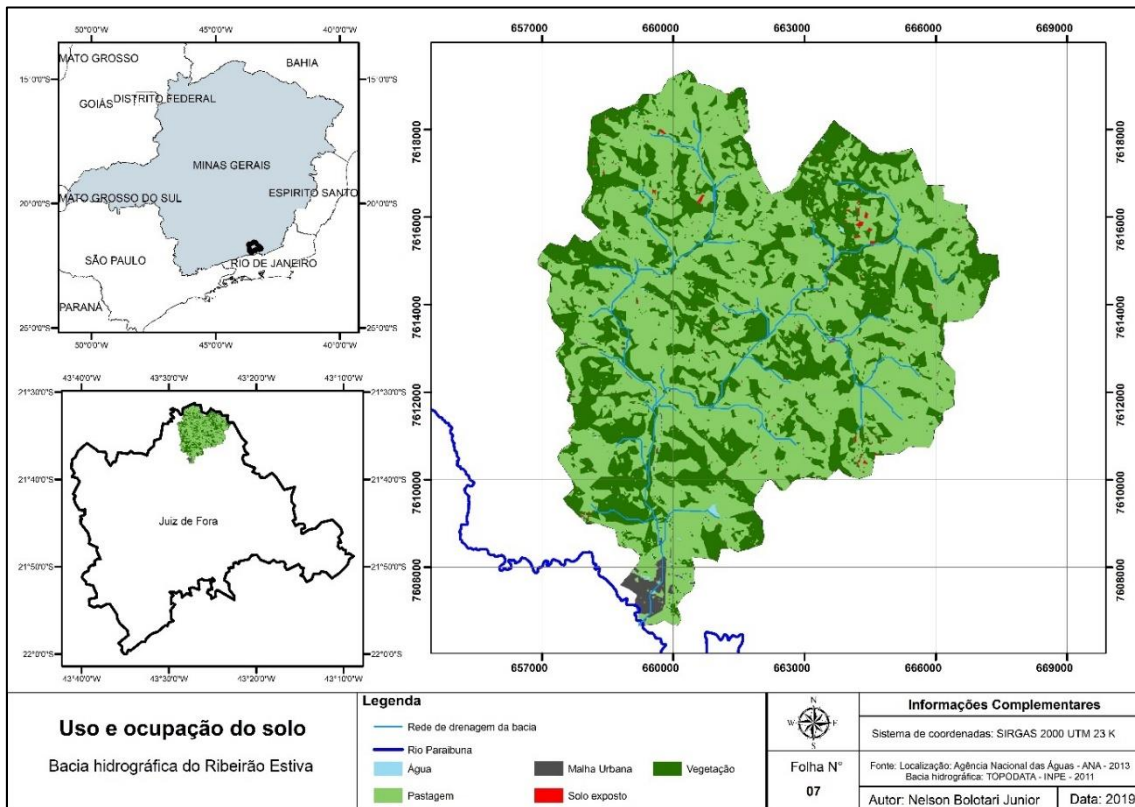
TABELA 14 - Resultados da caracterização hidrológica da bacia do ribeirão Estiva

Características hidrológicas	Parâmetros	Unidade	Resultado							
	Tempo de concentração (tc)	min	221,43							
			PERÍODO DE RETORNO (T)							
			ANOS	2	5	10	25	50	100	500
	Coeficiente de escoamento (C)	adimensional	0,37	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53	0,60	
	Intensidade pluviométrica (Im)	mm/h	17,24	20,29	22,95	27,02	30,57	34,58	46,05	
Vazão máxima (Q _{máx})	m ³ s ⁻¹	34,31	44,08	52,37	67,52	81,37	99,58	149,15		

Fonte: Autor, (2019).

Realizou-se uma análise hidrológica através de estudos hidrológicos baseado em um método simplificado de cálculo, denominado Método Racional Modificado, cuja aplicação permitiu uma estimativa das vazões de pico máximas. Para tal, elaborou-se com auxílio de imagens de satélite, um mapa de uso e ocupação do solo, conforme figura 14 para orientar na definição do coeficiente de escoamento superficial mais adequado para bacia, utilizando-se uma média ponderada entre os coeficientes definidos através da tabela 11 e suas respectivas áreas de uso e ocupação do solo.

FIGURA 14 - Uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do ribeirão Estiva

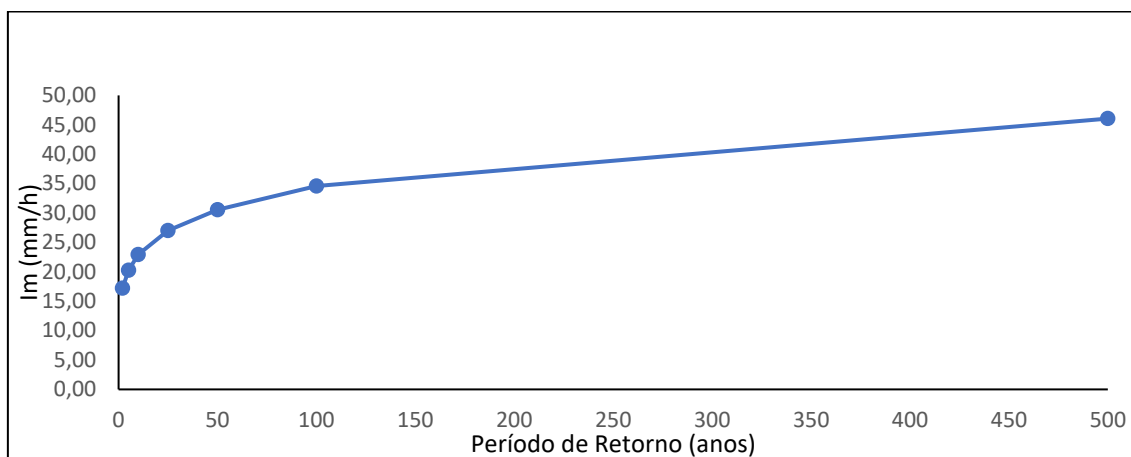


Fonte: Autor, (2019).

Calculou-se também o tempo de concentração da bacia do ribeirão estiva, que corresponde ao tempo que leva a sua área hidrologicamente mais afastada a contribuir com o fluxo de água em seu exutório, contado a partir do início da chuva. O valor encontrado foi de 221,43 min. A determinação do tempo de concentração da bacia do ribeirão estiva, além de auxiliar na definição da vazão máxima a que está sujeita, também contribuirá para a formulação de ações preventivas onde a recorrência de processos de inundação é conhecida, visto que chuvas com duração iguais ou maiores que o tempo de concentração da bacia indicarão que quando o volume precipitado nas regiões mais afastadas chegarem à foz, se somará com o volume precipitado nestas regiões, causando uma cheia maior do que uma chuva mais curta.

Outro importante parâmetro calculado foi a intensidade pluviométrica (mm/h), no qual constitui-se um dos principais caminhos para estimativa de vazão de máxima de uma bacia, pois geralmente tem-se mais disponibilidade de longas séries de precipitação do que a de vazões. O gráfico 1 apresenta os resultados das intensidades pluviométricas de acordo com o período de retorno.

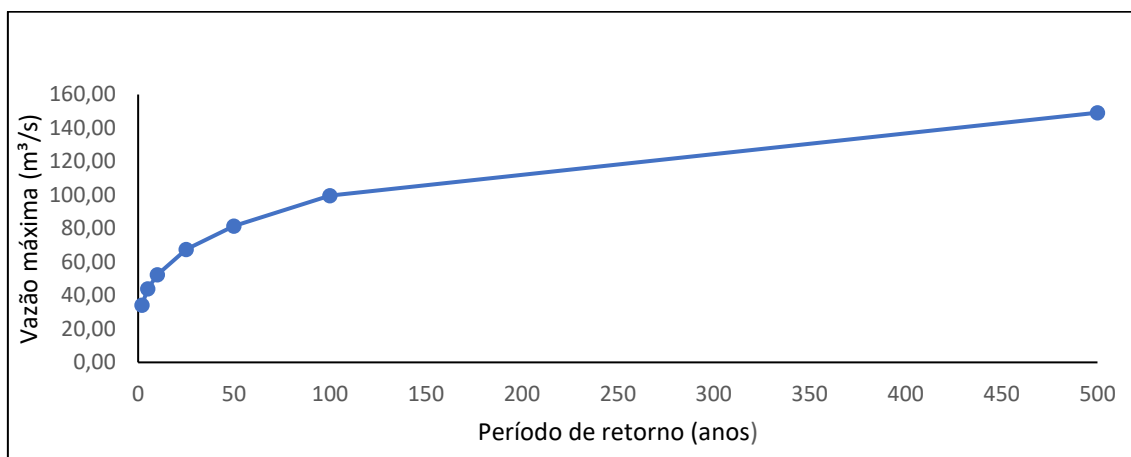
GRÁFICO 1 - Intensidade Pluviométrica da bacia do ribeirão Estiva



Fonte: Autor, (2019).

Por fim, calculou-se a vazão máxima, também definida como cheia de máxima ou cheia de projeto, conforme gráfico 2. A vazão máxima de um rio baseia-se em um valor associado a um risco que pode ser igualado ou ultrapassado, por esse motivo é calculado com diferentes tempos de retorno ou de recorrência (TUCCI, 2014).

GRÁFICO 2 - Vazão máxima da bacia hidrográfica do ribeirão Estiva



Fonte: Autor, (2019).

6. CONCLUSÃO

A gestão dos recursos hídricos é uma ferramenta estratégica para a gestão territorial. As bacias têm sido adotadas como unidade físicas de reconhecimento, caracterização e avaliação na gestão dos recursos hídricos, uma vez que, além de serem áreas de captação natural da água, são áreas de diversas atividades humanas.

A bacia hidrográfica estudada é de grande importância para o município de Juiz de Fora, com uma área aproximada de 78 km² e que possui uma ocupação do solo predominante com áreas de pastagens (64%), seguido de vegetação (33,44%), área urbana (1,00%), solo exposto (0,57%) e água (0,22%).

A caracterização de bacias hidrográficas por meio de análises morfométricas contribui para uma melhor compreensão dos processos hidrogeomorfológicos ocorrentes, no presente trabalho, a análise morfométrica apresentou-se satisfatória e permitiu identificar características da bacia, como sendo uma bacia de quarta ordem. O padrão de drenagem dendrítico, bem ramificado, indica que a erosão ocasional é bem distribuída.

O fator de forma, o índice de circularidade, o coeficiente de compacidade demonstrou que a bacia do ribeirão estiva apresenta formato alongado, contribuindo para o processo de escoamento e para baixa ocorrência de enchentes. Portanto, em condições normais de precipitações anuais normais, a bacia em estudo apresenta baixa susceptibilidade a enchentes.

A declividade média encontrada foi de 24%, caracterizando o relevo como forte-ondulado, e uma baixa densidade de drenagem (0,74 km/km²). Esses parâmetros têm grande influência sobre o escoamento superficial, necessitando de uma maior atenção ao uso e ocupação do solo para garantir infiltração e manutenção do abastecimento do lençol freático adequado.

Ressalta-se que a bacia hidrográfica do ribeirão da estiva possui baixa capacidade de gerar novos canais de escoamento.

Em se tratando do curso d'água principal, caracterizado como retilíneo e com um baixo gradiente de inclinação, conclui-se que a região drenada por esse sistema, em condições normais não sofre grande influência da erosão fluvial.

Em relação aos estudos hidrológicos foi definido o tempo de concentração, intensidade pluviométrica e a vazão máxima, que poderão auxiliar estudos posteriores visando à gestão da bacia hidrográfica, através de modelagem hidrológica.

Diante do exposto, a utilização de SIG possibilitou a caracterização morfométrica e hidrológica da bacia hidrográfica do ribeirão Estiva, sendo cada vez mais utilizada como ferramenta para auxiliar na gestão e no gerenciamento dos recursos hídricos.

REFERÊNCIAS

ALVES, J. M. de P.; CASTRO, P. T. A. Influência das feições geológicas na morfologia da bacia do rio do Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análise de padrões de lineamentos. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 33, n.2, p. 117-124, 2003. Disponível em: <http://sbgeo.org.br/pub_sbg/rbg/vol33_down/3302/1239.pdf>. Acesso em: 07 jun 2019.

ANA. *Agências Nacional de Águas*. Hidrologia Básica. Brasília, 2012. Disponível em: https://capacitacao.ead.unesp.br/dspace/bitstream/ana/66/2/Unidade_1.pdf Acesso em: 01 jun 2019.

ANA. *Agência Nacional das Águas*. Caderno de Capacitação em Recursos Hídricos. Volume 4. Brasília, 2014. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2014/CadernosdeCapacitacaoemRecursosHidricosVol4.pdf>>. Acesso em: 04 jun 2019.

ANA. *Agência Nacional das Águas*. Caderno de Capacitação em Recursos Hídricos. Volume 7. Brasília, 2014. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2014/CadernosdeCapacitacaoemRecursosHidricosVol7.pdf>>. Acesso em 04 jun 2019.

ANA. *Agência Nacional das Águas*. Relatório Conjuntura dos Recursos Hídricos. Brasília, 2018. Disponível em <<http://conjuntura.ana.gov.br/>>. Acesso em: 25 mai. 2019.

BARTH, F. T; BARBOSA W. E. S. Apostila Recursos Hídricos. Escola Técnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – PHA. São Paulo, 1999. Disponível em <http://www.pha.poli.usp.br/LeArq.aspx?id_arq=5442> Acesso em 25 mai. 2019

BELTRAME, A. V. Diagnostico do meio ambiente físico de bacias hidrográficas: modelo de aplicação. Florianópolis: UFSC, 1994.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 05 de outubro de 1988. Casa Civil. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm > Acesso em: 05 jun 2019.

BRASIL. Lei n. 3.071, de 1º de janeiro de 1916. Código Civil. Disponível em: <<http://planalto.gov.br/CCIVIL/leis/L3071>> Acesso em: 02 jun 2019

BRASIL. Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934. Código das Águas. Disponível em: <planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D24643.htm > Acesso em: 03 jun 2019.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Casa Civil. 1997. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm > Acesso em: 20 abr 2019.

CÂMARA, G; DAVIS, C; MONTEIRO, A.M.V. Introdução a Ciência da Geoinformação. São José dos Campos: INPE. São Paulo 2001. Disponível:<<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/liivro/introd/index.html>>> Acesso em: 28 mai 2019.

CAMPANHARO, W. A.; Diagnostico Físico da Bacia do Rio Santa Maria do Doce-Es. Monografia de conclusão de curso. Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Florestal. Alegre. Espírito Santo, 2010. Disponivel em: <<http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/handle/123456789/8007>> Acesso em: 01 jun 2019

CAMPOS, S.; FELIPE, A. C.; CAMPOS, M.; RECHE, A. M. Geoprocessamento aplicado na caracterização morfométrica da microbacia do ribeirão descalvado–Botucatu, São Paulo. Irriga, v. 1,n. 1, p. 52, 2015. Disponível em:<<http://irriga.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/>>

930/1278> Acesso em 26 mai 2019.

CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. B. Apostila de Hidrologia. 116p UFRRJ. Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: < ufrj.br/institutos/it/deng/Jorge/downloads/APOSTILA/LICA%20Parte%201.pdf > Acesso em: 04 jun 2019

CHANDRASHEKAR, H.; LOKESH, K. V.; SAMEENA, M.; ROOPA, J.; RANGANNA, G. GIS-Based Morphometric Analysis of Two Reservoir Catchments of Arkavati River, Ramanagaram District, Karnataka. ScienceDirect. v. 4, p. 1345-1353, 2015. Disponível em <https://www.researchgate.net/publication/276885260_GIS_Based_Morphometric_Analysis_of_Two_Reservoir_Catchments_of_Arkavati_River_Ramanagaram_District_Karnataka> Acesso em 26 mai 2019.

CHEREM, L. F. S. Análise Morfométrica da Bacia do Alto Rio das Velhas – MG. 2008. 96 f. Dissertação (Mestrado em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais) - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008. Disponível em: < <http://csr.ufmg.br/modelagem/dissertacoes/luizfelipecherem.pdf>> Acesso em: 06 jun 2019.

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. São Paulo: Blucher, 1969.

CHRISTOFOLETTI, A., Geomorfologia. Ed. Edgard Blucher Ltda e EDUSP, 1974.

CPRM. *Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais*. Atlas Pluviométrico do Brasil; Equações Intensidade-Duração-Frequência. Município: Juiz de Fora. Estação Pluviográfica: Juiz de Fora Códigos 02143056 (ANA) e 83692 (INMET). Karine Pickbrenner e Eber José de Andrade Pinto – Porto Alegre, 2014.

COSTA, T. P; PERIN, A. C. M; A gestão dos recursos hídricos no Brasil, p.345 – 380, São Paulo, 2003.

DA PAZ, A. R. Hidrologia Aplicada. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Rio Grande do Sul, 2004.

DAEE - *Departamento De Águas E Energia Elétrica*. Plano Estadual de Recursos Hídricos. Manual de Cálculo das Vazões Máximas, Médias e Mínimas nas Bacias Hidrográficas do Estado de São Paulo, Secretaria de Recursos Hídricos Saneamento e Obras - São Paulo, 1994.

EMBRAPA. *Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária*. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília. 412p, 1999.

FENTA, A.A., YASUDA, H., SHIMIZU, K. Quantitative analysis and implications of drainage morphometry of the Agula watershed in the semi-arid northern Ethiopia. Etiópia, 2017. Disponível em <<https://doi.org/10.1007/s13201-017-0534-4>> Acesso em: 26 mai 2019.

FERNANDES FILHO, E. I. (Coord.). Mapa de solos de Minas Gerais. Escala: 1:650.000 . Viçosa, Minas Gerais, 2010. Disponível em << http://www.dps.ufv.br/?page_id=742 > Acesso em: 03 jun 2019

FREITAS, M.; RANGEL, D.; DUTRA, L. Gestão de recursos hídricos no Brasil: a experiência da Agência Nacional de Águas. Rio de Janeiro, 2001. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/encuen/freitas.pdf>> Acesso em: 20 mai 2019.

HAMADA, E.; GONÇALVES. R. R. V. Introdução ao geoprocessamento: princípios básicos e aplicação – Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2007. Disponível em: <http://www.cnpma.embrapa.br/download/documentos_67.pdf >. Acesso em: 28 mai 2019.

IBRAHIN, F. I. D. Introdução ao geoprocessamento ambiental -1. ed. – São Paulo Érica, p. 1-128, 2014. Disponível em: <<http://www.siga.ufjf.br/bibliotecavirtual>>. Acesso em 28 mai 2019.

KARMANN, I; TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M.; FAIRCHILD, T. R.; TAIOLI, F. Ciclo da água, água subterrânea e sua ação geológica. In: Decifrando a terra. São Paulo, 2000.

KORALAY, N.; KARA, O. Morphometric Characterization and 3D design of Foldere Stream Watershed in Trabzon Province. *Internacional Congress on Agriculture and Animal Sciences*. Turkey, 2018. Disponível em: < https://www.researchgate.net/publication/328879742_Morphometric_Characterization_and_3D_design_of_Foldere_Stream_Watershed_in_Trabzon_Province_Turkey> Acesso em: 27 mai 2019.

LOLLO, J. A. O uso da técnica de avaliação do terreno no processo de elaboração do mapeamento geotécnico: sistematização e aplicação na quadrícula de Campinas. 1995. Tese (Doutorado em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1995.

MACHADO, R. A. S.; LOBÃO, J. S. 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. In: (SBSR), p. 1441-1448, Curitiba. Anais. São José dos Campos: INPE, 2011. Disponível em: <<http://urlib.net/3ERPFQTRW/3A44NP2>>. Acesso em: 05 jun 2019.

MARUJO, A. V.; TESKE, K. T.; ANTUNES, CARLA C. N. O Código das Águas de 1934. In: I Conferência Internacional em Gestão de Negócios - CINGEN, 2015, Cascavel. O Código das Águas de 1934. Paraná, 2015.

MATOS, A. T., SILVA, D. D., PRUSKI, F. F. Barragens de terra de pequeno porte. Viçosa: Editora UFV. 136p. Minas Gerais, 2012.

MERAJ, G.; ROMSHOO, A. S.; YOUSUF. Assessing the influence of watershed characteristics on the flood vulnerability of Jhelum basin in Kashmir Himalaya. Índia, 2015. Disponível em <<https://doi.org/10.1007/s11069-015-1605-1>> Acesso em: 26 mai 2019

MILLER, V. C., A quantitative geomorphic study of drainage basins characteristic in the Clinch Mountain area, Technical Report, Dept. Geology, Columbia University, 1953.

MORISAWA, M. E. Qualitative geomorphology of some watersheds in the Appalachian Plateau. *Geological Society of America Bulletin*, v. 73, n. 9, p. 1025- 1046, 1962. Disponível em: [https://pubs.geoscienceworld.org/gsa/gsabulletin/article-abstract/73/9/1025/5476/](https://pubs.geoscienceworld.org/gsa/gsabulletin/article-abstract/73/9/1025/5476) Acesso em 06 jun 2019.

OLIVEIRA, C. M.; Sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos e as alternativas para o formato jurídico das agências de águas no Brasil. *Revista de Direito Ambiental*. Vol 46/2007. P. 41- 62, 2007. Disponível em:<http://www.escolasuperior.mppr.mp.br/arquivos/File/Biblioteca/0520_3_Encontro_Anual_da_Rede_Ambiental/RTDoc16_11_12_53_PM.pdf> Acesso em: 20 abr 2019.

OLIVEIRA, A.; Fragilidade Ambiental no setor Norte do município de Juiz de Fora – Minas Gerais: Subsídios da Geomorfologia ao planejamento Urbano. Dissertação de mestrado acadêmico. Universidade Federal de Juiz de Fora. Instituto de Ciências Humanas. Minas Gerais, 2016. Disponível em: < <https://repositorio.ufjf.br/jspui/bitstream/ufjf/1850/1/AlexsanderDeoliveira.pdf>> Acesso em 25 mai 2019.

PAIVA, J.B.D.; PAIVA E.M.C.D. Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas. 645p. ABRH, 2001.

PINTO JUNIOR, O; ROSSETE, A. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do ribeirão cachoeira, mt-brasil. *Geoambiente On-Line*, (4), 01-16 pág. Mato Grosso, 2005. Disponível em: <<https://doi.org/10.5216/rev. geoambie. v0i4.25872>> Acesso em: 06 jun 2019.

PISSARA, T.C.T.; POLITANO, W.; FERRAUDO, A.S. Avaliação de características morfométricas na relação solo-superfície da bacia hidrográfica do córrego Rico. Rev. Bras. Ciências do Solo, , n.28, p297-305. Viçosa, 2004.

PJF. *Prefeitura Municipal de Juiz de Fora*. Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano. Juiz de Fora: Funalfa Edições, 2004.

PJF. *Prefeitura Municipal de Juiz de Fora*. Plano Diretor Participativo. Unidades de planejamento, Juiz de Fora, Minas Gerais, 2015. Disponível em: <http://www.planodiretorparticipativo.pjf.mg.gov.br/documentos/mapas/proposta_pos_conferencia/06_unidades_de_planejamento.pdf> Acesso em: 02 jun 2019.

ROVANI, F.; CASSOL, R. Cartografia temática: uma contribuição na análise geográfica do município de Barão de Cotegipe/RS – DOI 10.5216/ag. v6i2.13979. Ateliê Geográfico, v.6, n. 2, p.33.54. 2012. Disponível em: <revistas.ufg.br/ateliê/article/view/13979>. Acesso em 05 jun 2019

SANTOS, A. M.; TARGA, M. S.; BATISTA, G. T.; DIAS, N. W. Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojo no município de Campos do Jordão, SP, Brasil. Ambiente & Água, v. 7, n.3, p. 195-211, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ambiagua/v7n3/v7n3a16/> Doi: 10.4136/ambi-água.945. Acesso em: 05 jun 2019.

SCHUMM, S. A.; Evolution of drainage systems and slopes in badlands of American Bulletin. 1956.

SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. M. Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações. Ilhéus: Editus, 289 p. Bahia, 2002. Disponível em <http://www.uesc.br/editora/livrosdigitais2015/conceitos_de_bacias.pdf> Acesso em: 01 jun 2019.

SILVA, M. J. A; A evolução legal e institucional na gestão dos recursos hídricos no Brasil. XVII Simpósio brasileiro de Geografia Física Aplicada. Campinas – SP. 2017. p. 146 – 157 . Disponível em: <https://ocs.ige.unicamp.br/ojs/sbgfa/article/view/1786> Acesso em: 02 jun 2019.

SILVA, E. R.; O curso da água na história: simbologia, moralidade e gestão de recursos hídricos. Tese (Doutorado em Saúde Pública) - Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro. 1998. Disponível em: < http://www.pick-upau.org.br/mundo/curso_agua/O%20Curso%20da%20C1gua%20na%20Hist%F3ria.pdf > Acesso em: 04 jun 2019.

STRAHLER, A. N. Hypsometric (area-altitude) – analysis of erosion al topography. Geological Society of America Bulletin, v.63, n.10, p.1117-1142, 1952.

SOUSA, F. R. C. DE. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Tapuio (Ceará–Brasil). Revista de Geociências do Nordeste, v. 2, p. 555-564. Ceará, 2016.

THEURI, D. Geo-morphometric analysis of sub-watersheds for flashflood hazard management. Kibabii university Institutional Repository. Quênia, 2018. Disponível em: <<http://erepository.kibu.ac.ke/handle/123456789/592>>. Acesso em: 26 mai 2019.

TRAJANO, S. R. R. S.; SPADOTTO, C. A.; HOLLER, W. A.; DALTIO, J.; MARTINHO, P. R. R.; FOIS, N. S.; SANTOS, B. B. O.; TOSCHI, H. H.; LISBOA, F. Análise Morfométrica de Bacia Hidrográfica – Subsídio à Gestão Territorial Estudo de caso no Alto e Médio Mamanguape. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, Embrapa Gestão Territorial, Campinas, SP, 2012.

TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. de S. Metodologia para mapeamento Geoambiental no Oeste do Rio Grande do Sul. In: XI Congresso Brasileiro de geografia Física Aplicada, 2005, São Paulo. Anais.São Paulo, 2005.

TRINDADE, P. M. P.; CAPOANE, V.; FILHO, W. P.; Aula 2 – Padrões de drenagem, UFSM. Rio Grande do Sul. Disponível em: < http://w3.ufsm.br/labgeotec/pdf/hidrogeografia/aula2_padroes_de_drenagem.pdf> Acesso em: 05 jun 2019

TONELLO, K.C. Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da cachoeira das Pombas, Guanhães, MG. 2005. 69p. Tese (Doutorado em Ciências Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005. Disponível em <<https://www.ipef.br/servicos/teses/arquivos/Tonello,kc-m.pdf>> Acesso em: 26 mai. 2019

TUCCI, Carlos E. M.. Águas Urbanas. In: BERTONI, Juan Carlos & TUCCI, Carlos E. M..Inundações Urbanas na América do Sul. Porto Alegre. Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003. Disponível em <<http://www.cepal.org/samtac/noticias/documentosdetrabajo/5/23335/InBr02803.pdf>>. Acesso em: 05 jun 2019.

VILLELA, S.M.; MATTOS, A. Hidrologia aplicada. 250p. Mcgraw Hill. São Paulo, 1975.

SILVA, R. C.; Análises morfométricas e hidrológicas das bacias hidrográficas do córrego Teixeiras, Ribeirão das Rosas e Ribeirão Yung, Afluentes do Rio Paraibuna, município de Juiz de Fora-MG. Trabalho de conclusão de curso de Especialização Ambiental. Faculdade de Engenharia. Universidade Federal de Juiz de Fora. Minas Gerais, 2011. Disponível em:< http://www.ufjf.br/analiseambiental/files/2009/11/TCC-AMBIENTAL_RAFAEL-C-SILVA_SET-2011.pdf> Acesso em: 05 jun 2019

WATER CYCLE. NASA. Disponível em: < <https://pmm.nasa.gov/education/water-cycle> > Acesso em: 01 jun 2019.