

**INSTITUTO ENSINAR BRASIL**  
**FACULDADES UNIFICADAS DE TEÓFILO OTONI**

**ANÁLISE MORFOMÉTRICA DAS UNIDADES DE PLANEJAMENTO E GESTÃO  
DE RECURSOS HÍDRICOS DO RIO JEQUITINHONHA COM O USO DE  
GEOTECNOLOGIAS**

**TEÓFILO OTONI**  
**2017**



**DANIEL LOUZADA RIBEIRO**

**MARQUELE LOPES DE ALMEIDA**

**MARTA DA ROCHA SANTOS**

**FACULDADES UNIFICADAS DE TEÓFILO OTONI**

**ANÁLISE MORFOMÉTRICA DAS UNIDADES DE PLANEJAMENTO E GESTÃO  
DE RECURSOS HÍDRICOS DO RIO JEQUITINHONHA COM O USO DE  
GEOTECNOLOGIAS**

**Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Engenharia  
Ambiental e Sanitária das Faculdades  
Unificadas de Teófilo Otoni, como  
requisito parcial para a obtenção do  
grau de bacharel em Engenharia  
Ambiental e Sanitária.**

**Área de concentração: Bacias  
Hidrográficas**

**Orientador: Prof. Victor Luíz Batista  
Aguiar.**

**TEÓFILO OTONI**

**2017**





## **FACULDADES UNIFICADAS DE TEÓFILO OTONI**

### **FOLHA DE APROVAÇÃO**

O trabalho de Conclusão de Curso intitulado, ANÁLISE MORFOMÉTRICA DAS UNIDADES DE PLANEJAMENTO E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS DO RIO JEQUITINHONHA COM O USO DE GEOTECNOLOGIAS elaborado pelos alunos DANIEL LOUZADA RIBEIRO, MARQUELE LOPES DE ALMEIDA E MARTA DA ROCHA SANTOS foi aprovada por todos os membros da banca examinadora e aceita pelo curso de Engenharia Ambiental e Sanitária das Faculdades Unificadas de Teófilo Otoni como requisito parcial para a obtenção do título de

### **BACHAREL EM ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA.**

Teófilo Otoni, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2017.

#### **BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Orientador

---

Examinador

---

Examinador



*Aos nossos pais e familiares,  
que foram grandes incentivadores e que  
sempre acreditaram nos nossos sonhos.*



## **AGRADECIMENTOS**

A realização desse trabalho só foi possível graças a Deus, primeiramente, que nos deu força, disposição e encorajamento. A Ele nossa eterna gratidão. Agradecemos também a todos que nos ajudaram mesmo que indiretamente, com o apoio e paciência ao ouvir nossas dúvidas e aflições. Ao nosso orientador Mestre Victor Luiz, pelos valiosos ensinamentos, orientação e dedicação nos atendimentos, tornando possível a realização deste TCC. A todos os professores pelas dicas e orientações prestadas ao grupo, pois mesmo não sendo nossos orientadores, disponibilizaram um pouco de seu tempo para nos atender, o que nos levou ao aumento de idéias e conseqüentemente a realização desse importantíssimo trabalho.



*Consagre ao Senhor tudo o que você faz,  
e os seus planos serão bem-sucedidos.*

*Provérbios 16. 3*



## **ABREVIATURAS E SIGLAS**

ANA - Agência Nacional das Águas

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

MDE - Modelo Digital de Elevação

PNRH - Plano Nacional de Recursos Hídricos

SIG - Sistemas de Informações Geográficas

SNGRH - Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos

SRTM - Shuttle Radar Topography Mission

UPGRH's - Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1- Regiões Hidrográficas Brasileiras.....	28
FIGURA 2 - Bacias hidrográficas do Alto Jequitinhonha, Rio Araçuaí e Médio e Baixo Jequitinhonha.....	41
FIGURA 3 - Modelo Digital de Elevação (MDE) da bacia JQ1 .....	47
FIGURA 4- Mapa de declividades da bacia JQ1 .....	48
FIGURA 5 - Modelo Digital de Elevação (MDE) da bacia JQ2 .....	48
FIGURA 6 - Mapa de declividades da bacia JQ2 .....	49
FIGURA 7 - Modelo Digital de Elevação (MDE) da bacia JQ3 .....	49
FIGURA 8 - Mapa de declividades da bacia JQ3 .....	50
FIGURA 9 - Representação da hidrografia da bacia JQ1 .....	52
FIGURA 10 - Representação da hidrografia da bacia JQ2 .....	52
FIGURA 11 - Representação da hidrografia da bacia JQ3 .....	53
QUADRO 1 - Características morfométricas obtidas em estudo das bacias hidrográficas.....	42



## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Classificação da declividade .....	34
TABELA 2 - Classificação da densidade de drenagem (Dd) de uma bacia .....	36
TABELA 3 - Características Geométricas das Bacias Hidrográficas analisadas.....	45
TABELA 4 - Características do relevo das bacias analisadas.....	51
TABELA 5 - Resultado das Características da Rede de Drenagem das Bacias Hidrográficas estudadas.....	53



## RESUMO

O presente estudo teve como objetivo analisar a morfometria das bacias hidrográficas do Alto Jequitinhonha, Rio Araçuaí e Médio e Baixo Jequitinhonha situadas no estado de Minas Gerais. Os parâmetros avaliados foram as características Geométricas, do Relevo e da rede de Drenagem. Inicialmente foram utilizados como base de dados o MDE (Modelo Digital de Elevação) disponibilizados pelo projeto TOPODATA a partir do satélite SRTM com resolução espacial de 30 m, para a obtenção dos dados de relevo das bacias. Para a geração dos dados e análise dos resultados, foi utilizado o Sistema de Informações Geográficas (SIG), por meio do software ESRI ArcGis 10.3, onde os dados foram processados e analisados. Através das análises foi possível constatar que as bacias em questão tem formas alongadas, e conseqüentemente maior escoamento, apresentando pouco risco a enchentes. Pelo resultado do fator de forma, cujo resultado foi baixo, indica menor possibilidade de ocorrência de chuvas intensas simultaneamente toda a extensão da bacia, baixas altitudes e variações entre relevo plano e relevo fortemente ondulado, partindo um pouco para o montanhoso em alguns pequenos trechos. Foi constatado também que as bacias relacionadas são de drenagem pobre e de baixa densidade. Com os resultados obtidos, foi possível criar uma base de dados que espera servir de auxílio na gestão e no planejamento da bacia hidrográfica em referência e para futuras análises e estudo no local.

**Palavras-chave:** Bacia Hidrográfica. Morfometria. Geotecnologia. Gestão. Planejamento.



## **ABSTRACT**

The present study aimed to analyze the morphometry of the Alto Jequitinhonha, Rio Araçuaí and Médio and Baixo Jequitinhonha basins located in the state of Minas Gerais. The parameters evaluated were the Geometric, Relief and Drainage network characteristics. Initially, the MDE (Digital Elevation Model) made available by the TOPODATA project from the SRTM satellite with spatial resolution of 30 m was used as the database to obtain basin relief data. For the generation of data and analysis of the results, the Geographic Information System (GIS) was used, through ESRI ArcGis 10.3 software, where data were processed and analyzed. Through the analysis it was possible to verify that the basins in question have elongated forms, and consequently, greater flow, presenting little risk to floods. Due to the result of the form factor, whose result was low, it indicates less possibility of occurrence of intense rains simultaneously the whole extension of the basin, low altitudes and variations between flat relief and heavily undulating relief, leaving a little for the mountainous in some small stretches. It was also found that the related basins are poor drainage and low density. With the results obtained, it was possible to create a database that hopes to serve as an aid in the management and the planning of the hydrographic basin in reference and for future analysis and study in the place.

Keywords: Hydrographic Basin. Morphometry. Geotechnology. Management. Planning.



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	25
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	27
<b>2.1 A Gestão de Recursos Hídricos no Brasil</b> .....	27
<b>2.2 Bacias Hidrográficas</b> .....	28
<i>2.2.1 Importância do Manejo em uma Bacia Hidrográfica</i> .....	29
<b>2.3 Análise morfométrica de bacias hidrográficas</b> .....	30
<i>2.3.1 Características Geométricas</i> .....	31
<i>2.3.2 Características do Relevo</i> .....	33
<i>2.3.3 Características da Rede de Drenagem</i> .....	35
<b>2.4 O uso das Geotecnologias</b> .....	37
<i>2.4.1 A importância do SIG na obtenção de informações geomorfológicas das bacias hidrográficas.</i> .....	37
<b>3 METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS TÉCNICOS DA PESQUISA</b> .....	39
<b>3.3 Classificação da Pesquisa Quanto a natureza</b> .....	39
<b>3.4 Classificação da Pesquisa Quanto aos Fins</b> .....	39
<b>3.5 Classificação da Pesquisa Quanto aos Meios</b> .....	39
<b>3.6 Tratamentos de dados</b> .....	39
<b>3.7 Caracterização da área de estudo</b> .....	40
<b>3.8 Levantamentos das Características Morfométricas</b> .....	42
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	45
<b>4.2 Características Geométricas das Bacias Hidrográficas do Alto Jequitinhonha (JQ1), Rio Araçuaí (JQ2) e Médio e Baixo Jequitinhonha (JQ3)</b> 45	
<b>4.3 Características do Relevo das bacias do Alto Jequitinhonha (JQ1), Rio Araçuaí (JQ2) e Médio e Baixo Jequitinhonha (JQ3)</b> .....	47
<b>4.4 Características da rede de drenagem das bacias do Alto Jequitinhonha (JQ1), Rio Araçuaí (JQ2) e Médio e Baixo Jequitinhonha (JQ3)</b> .....	52
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	55
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	57



## 1 INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica é uma área ambiental onde ocorre a captação natural de água através da precipitação de chuvas, que drenada segue um curso d'água desaguando em um determinado rio.

A água potável, por ser um recurso natural finito, é necessário observar os princípios, as diretrizes, e as ferramentas necessárias para uma gestão ambiental eficiente das bacias hidrográficas.

Uma maneira de estudá-las de forma precisa e detalhada é a realização de análises morfométricas, sendo um procedimento executado em análises hidrológicas e ambientais que tem como principal objetivo resolver questões relacionadas com a dinâmica ambiental de uma bacia hidrográfica através do uso de geotecnologias.

As bacias em estudo (Alto Jequitinhonha, rio Araçuaí e Médio e Baixo Jequitinhonha) vêm passando por problemas em que são ameaçadas com a operação de garimpos ilegais, falta de saneamento básico, carência de infraestrutura e as características físicas particulares de clima e relevo (boa parte do solo é árida, castigada por secas e enchentes), dezenas de pequenos rios e córregos que outrora eram perenes, passaram a ser efêmeros.

Diante do exposto, o presente trabalho objetivou fazer uma caracterização morfométrica das bacias hidrográficas do Alto Jequitinhonha, rio Araçuaí e Médio e Baixo Jequitinhonha, a partir da estimativa de alguns parâmetros físicos, como área total, perímetro total, comprimento axial, coeficiente de compacidade, fator de forma e índice de circularidade, comparando as bacias em questão, no que tange a susceptibilidade de enchentes. Foram elaborados mapas temáticos de relevo e declividade em escala regional e também foram determinadas as características da rede de drenagem das bacias analisadas, contribuindo posteriormente no gerenciamento e gestão ambiental da mesma.

Para tal fim, foram utilizadas ferramentas de geotecnologia com o uso do Sistema de Informação Geográfica (SIG), pois segundo Cardoso *et al.*, (2006) permitem uma exploração mais aprofundada das informações levantadas sobre a área de estudo.

No desenvolvimento da pesquisa utilizou-se o software ESRI ArcGIS versão 10.3 para a análise dos dados brutos, sendo estes disponibilizados por agências e órgãos governamentais. Também foram utilizadas imagens de satélites, visto que

são fontes de informações fundamentais para a caracterização de bacias hidrográficas.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 A Gestão de Recursos Hídricos no Brasil

Ramos (2007) destaca que o Brasil, por suas dimensões continentais e diversidade geográfica, apresenta situações bastante distintas quanto à disponibilidade hídrica, sendo afetado tanto pela escassez hídrica, quanto pela degradação dos recursos, causada pela poluição de origem doméstica e industrial.

Na tentativa de reverter essa atual situação, vários mecanismos de gerenciamento de recursos hídricos vêm sendo implementados no Brasil.

Nesse sentido, o Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) estabelecido pela Lei nº 9.433/97, constitui um desses instrumentos que orienta a gestão das águas no Brasil. O conjunto de programas, metas e diretrizes que constituem o PNRH foi construído para implantar ações para a melhoria das bacias hidrográficas brasileiras. Tais ações puderam ser implementadas com a criação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNGRH), que define a bacia hidrográfica como a unidade territorial de gestão dos recursos, tomando como prioridade a importância da água em meio à escassez e seu uso consciente.

Sendo assim, a Política Nacional de Recursos Hídricos, também conhecida como Lei das Águas, instituída pela Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, dispõe em seu artigo 2º os seguintes objetivos:

- I - assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos;
- II - a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável;
- III - a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais. (BRASIL, 1997).

Dessa forma, a gestão dos recursos hídricos tem por finalidade garantir o acesso de água a todos, com qualidade e quantidade suficiente para satisfazer todas as necessidades surgidas nos seus mais variados usos, sem nenhum desperdício. É importante ressaltar também a importância e o papel de cada cidadão para o alcance de uma gestão hídrica de qualidade, eficiência e com bons resultados.

## 2.2 Bacias Hidrográficas

Bacia hidrográfica é definida como uma área de captação natural da água de precipitação, que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, seu exutório (TUCCI, 2014).

De acordo com a lei Federal nº 9433/97,

A bacia hidrográfica se caracteriza como a unidade territorial de planejamento e gestão de recursos hídricos, além de ser base para a implementação da Política Nacional dos Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, mediante o exercício do Comitê de Bacias, órgão responsável pelo gerenciamento das atividades desenvolvidas nos limites definidos pela Bacia. (BRASIL, 1997).

As regiões hidrográficas podem ser conceituadas como o espaço territorial brasileiro compreendido por uma bacia, grupo de bacias ou sub-bacias hidrográficas, com características naturais, sociais e econômicas, visando orientar o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos.

Cerqueira e Francisco (2015) destacam que o Brasil possui 14% da água doce do mundo, distribuída em doze bacias hidrográficas, conforme ilustrado na Figura 1.

FIGURA 1- Regiões Hidrográficas Brasileiras



Fonte: ANA (2005)

### 2.2.1 Importância do Manejo em uma Bacia Hidrográfica

Segundo Brooks *et al* (1991), o manejo de bacias hidrográficas é o processo de organização e orientação do uso da terra e uso de seus recursos naturais, produzindo bens e serviços, preservando a água e o solo sem afetá-los de modo adverso.

As bacias hidrográficas também constituem ecossistemas adequados para avaliação dos impactos causados pela atividade antrópica que podem acarretar riscos ao equilíbrio e à manutenção da quantidade e a qualidade da água, uma vez que estas variáveis são relacionadas com o uso do solo (Fernandes e Silva, 1994; Baruqui e Fernandes, 1985).

De acordo com Lima, (2008), o uso dos recursos naturais implica em dois importantes conceitos. O primeiro diz respeito a relação entre o uso da terra, o solo e a água, em que, se um for afetado prejudicará os outros. O segundo conceito se refere ao fato de que as cabeceiras, a média bacia, a baixa bacia e o estuário estão interligados entre si. Sendo assim, o uso dos recursos naturais como qualquer outra atividade antrópica que altere a paisagem deve respeitar os limites naturais das bacias hidrográficas.

A proteção exercida pela cobertura vegetal contribui para a conservação do solo, no manejo de bacias hidrográficas estas características contribuem para produção de água de boa qualidade. Com a falta da cobertura vegetal a água da chuva deixa de ser absorvida pela vegetação e não chega aos aquíferos. (Balbinot *et al.*, 2008)

Para Cecílio *et al.*, (2007), os objetivos básicos do manejo de bacias hidrográficas é tornar conciliável a produção com a preservação ambiental. Esse processo possibilita mitigar e ou minimizar os impactos relacionados a várias questões sociais e ambientais dentro da bacia.

### 2.3 Análise morfométrica de bacias hidrográficas

As análises morfométricas proporcionam uma análise quantitativa, utilizando valores exatos de um conjunto de parâmetros para obter as principais características de uma área de estudo. Quando feita em estudos de bacias hidrográficas, a morfometria possibilita uma abordagem quantitativa, com vista a uma análise real, linear e hipsométrica (CHRISTOFOLETTI, 1980).

A caracterização de bacias hidrográficas é de suma importância para o conhecimento hidrológico de uma região, pois possibilita planejar ações ambientais à tomada de decisão para o gerenciamento das bacias, uma vez que se tem uma melhor noção do comportamento hidrológico, por ser uma abordagem quantitativa.

Vilella e Mattos (1975) destacam que existe uma grande relação entre as características físicas de uma bacia e o seu regime hidrológico, pois através de relações e comparações entre esses dois parâmetros pode-se determinar indiretamente valores hidrológicos em regiões onde esses dados são escassos.

Teodoro *et al.*, (2007) destacam que a caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica é um dos primeiros procedimentos para o entendimento e a compreensão dos processos hidrológicos e tem como objetivo elucidar as várias questões relacionadas como o entendimento da dinâmica ambiental local e regional.

Ainda de acordo com os autores, a análise de aspectos relacionados à drenagem, relevo e geologia pode levar a compreender várias questões relacionadas à dinâmica ambiental da região.

As características morfométricas podem ser usadas sobre prováveis efeitos da interferência humana no sistema hidrológico, analisando matematicamente as características do rio em uma bacia hidrográfica e as características de sua paisagem (PINTO E ROSSETE, 2005).

Segundo Vilaça *et.al.*, (2009) o estudo morfométrico de uma rede de drenagem torna-se um instrumento básico para o desenvolvimento de planos de gestão, visando utilizar racionalmente o meio ambiente e compreender os processos naturais e antrópicos atuantes neste meio.

Nesse contexto, os índices para o estudo da morfometria em bacias hidrográficas são classificados em três grupos: características geométricas, característica da rede de drenagem e características do relevo. Os dados obtidos

através desses índices possibilitam entender e compreender as formações da superfície de uma bacia hidrográfica (CAMPANHARO, 2010).

### 2.3.1 Características Geométricas

Na caracterização geométrica de bacias hidrográficas as características comumente analisadas são: a área, o perímetro, o coeficiente de compacidade ( $K_c$ ), o fator de forma ( $F$ ), o índice de circularidade ( $I_c$ ), e o comprimento axial. (CARDOSO *et al.*, 2006), que serão descritas de maneira mais detalhada.

Para Tonello (2005), a área da bacia hidrográfica pode ser definida como toda área drenada pelo sistema pluvial inclusa entre seus divisores topográficos, representada em plano horizontal, sendo estes, elementos básicos para o cálculo de diversos índices morfométricos.

De acordo com Tucci (2004) a área da bacia é expressa em hectares (ha) ou quilômetros quadrados ( $\text{km}^2$ ) e pode ser obtida por planimetragem de mapas ou por cálculos a partir de mapas digitalizados, utilizando ferramentas computacionais de SIG, sendo esta medida de suma importância para definir a sua potencialidade hídrica, bem como a sua resposta hidrológica.

O perímetro de uma bacia hidrográfica pode ser descrito, segundo Tonello (2005), como o comprimento da linha imaginária ao longo do divisor de águas, já o comprimento axial representa o comprimento máximo da bacia hidrográfica, representado pela distância entre a foz e o ponto mais longínquo da bacia.

Uma parte das características geométricas busca comparar a área da bacia com a área de figuras geométricas conhecidas. Dentre tais características, fator de compacidade, o fator de forma e o índice de circularidade fornecem boas estimativas acerca do comportamento hidrológico. Tais parâmetros a descrevem quanto ao potencial ocorrência de enchentes e são responsáveis por determinar indicativos tanto direcionados à ocorrência de picos nos hidrogramas gerados quanto ao tempo de concentração da área de drenagem.

O fator de compacidade é representado pela relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual ao da bacia, sendo que quanto mais irregular a bacia, maior será seu coeficiente de compacidade (Equação 1). Um coeficiente igual a uma unidade significa uma bacia circular, e quanto mais alongada,

mais este número será maior que um (VILLELA; MATTOS, 1975, apud TEODORO *et al.*, 2007).

$$K_C = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (1)$$

Onde ( $K_C$ ) representa o coeficiente de compacidade,  $P$  o Perímetro da bacia (Km) e  $A$  a área de drenagem ( $\text{Km}^2$ ). Villela e Mattos (1975) ressaltam que a tendência de uma bacia hidrográfica sofrer cheias será maior quanto mais próximo de 1 for o valor de  $K_C$ , e também que formato circular da bacia hidrográfica está associada à sua susceptibilidade quanto a ocorrência de grandes enchentes, podendo ser resumido da seguinte forma:

- **1,00 – 1,25** - bacia com alta propensão a grandes enchentes;
- **1,25 – 1,50** - bacia com tendência mediana a grandes enchentes;
- **> 1,50** - bacia não sujeita a grandes enchentes.

O fator de forma ( $K_F$ ), por sua vez, relaciona a forma da bacia com a de um retângulo de igual área correspondente a razão entre a largura média e o comprimento axial da bacia, assim representada na Equação (2).

$$K_F = \frac{A}{L^2} \quad (2)$$

O coeficiente  $K_F$  representa o fator de forma da bacia,  $A$ , a área de drenagem ( $\text{Km}^2$ ) e  $L$ , expressa o comprimento do eixo da bacia (Km). O fator de forma está relacionado com o formato alongado da bacia. Quanto menor o parâmetro, mais alongada será a bacia, conforme especificado por Villela e Matos (1975):

- **1,00 – 0,75** - bacia com alta propensão a grandes enchentes;
- **0,75 – 0,50** - bacia com tendência mediana a grandes enchentes;
- **< 0,50** - bacia não sujeita a grandes enchentes.

Portanto aquela que apresentar um fator de forma com um valor baixo é menos sujeita as enchentes do que a que possui-lo com um valor maior. Tal fato

ocorre devido à menor probabilidade de ocorrerem chuvas intensas em todos os pontos de uma bacia comprida e estreita.

Cardoso *et al.*, (2006) descreve o índice de circularidade ( $I_c$ ) como uma relação simultânea ao coeficiente de compacidade. Dada pela equação (3):

$$I_c = \frac{12,57 \cdot A}{P^2} \quad (3)$$

Onde A representa a área total da bacia, e P, representa o perímetro da bacia hidrográfica.

### 2.3.2 Características do Relevo

As características do relevo exercem grande influência sobre os fatores meteorológicos e hidrológicos, a magnitude dos picos de enchentes, a oportunidade de infiltração e a suscetibilidade à erosão dos solos dependem da rapidez com que ocorre o escoamento sobre os terrenos da bacia (VILELA e MATOS, 1975).

Segundo Alves e Castro (2003) as bacias hidrográficas têm grande importância na investigação das diversas características das formas de relevo, principalmente no que se refere aos estudos de evolução do modelado da superfície terrestre. Entretanto, a maioria dos trabalhos científicos em relação a bacias hidrográficas coloca em evidência a qualidade dos aspectos, o que de forma geral é insuficiente para a identificação de homogeneidades, no que diz respeito aos fatores que influenciam as formas de relevo, tornando, assim, indiscutível a necessidade do emprego de métodos quantitativos para estudos desta natureza.

#### 2.3.2.1 *Altitude*

Altitude é a distância vertical medida entre um determinado ponto, e o nível médio do mar e está associada como fenômenos hidrológicos e conseqüentemente sobre o deflúvio médio. As variações de altitude provocam diferenças significativas na temperatura, causando como conseqüência variações na evapotranspiração. Além de variações de precipitações anuais com a elevação.

### 2.3.2.2 Declividade

A Declividade, segundo Granell-Pérez, (2004) é a inclinação da superfície do terreno em relação à horizontal, ou seja, consiste na relação existente entre o desnível topográfico entre dois pontos e a distância horizontal entre esses pontos.

A determinação da declividade depende do intervalo de medidas, seu resultado deve ser considerado uma estimativa, ou seja o cálculo de declividade será sempre o resultado de um diferencial altimétrico entre vizinhos e, portanto, dependente da distância considerada (VALERIANO, 2008).

A declividade do terreno influencia diretamente a velocidade de escoamento da água, pois quanto maior a sua declividade maior será a facilidade de fluir sob a superfície. Este fator quanto aliado a outros, como tipo de solo, vegetação, utilização da terra, fazem com que a chance de enchente ou erosão aumentem ou diminuam. (VILLELA; MATTOS, 1975, apud, TEODORO *et al.*, 2007).

Segundo Paiva e Paiva (2001) a declividade é muito útil para a modelagem do escoamento, uma vez que a velocidade de fluxo depende desta variável. Pode ser determinada por vários métodos. Em geral consiste na razão entre a diferença das altitudes dos pontos extremos de um curso d'água e o comprimento desse curso d'água, podendo ser expressa em termos percentuais.

As classes de declividade foram separadas em seis intervalos distintos, sugeridos pelo Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (SANTOS *et al.*, 2006), conforme mostrado na Tabela 1.

TABELA 1 - Classificação da declividade

<b>Declividade (%)</b>	<b>Discriminação</b>
0 – 3	Relevo plano
3 – 8	Relevo suavemente ondulado
8 – 20	Relevo ondulado
20 – 45	Relevo fortemente ondulado
45 – 75	Relevo montanhoso
> 75	Relevo fortemente montanhoso

Fonte: Santos *et al.*, (2006)

### 2.3.3 Características da Rede de Drenagem

De acordo com Barbosa (2004) o sistema de drenagem de uma bacia hidrográfica é composto pelo curso d'água principal e por seus afluentes e inclui todos os cursos d'água perenes, intermitentes ou efêmeros. Nesse aspecto, ainda segundo o autor, torna-se importante conhecer esse complexo ou conjunto de elementos interligados, uma vez que esse índice indica o grau de desenvolvimento do sistema de drenagem, fornecendo, assim, informações sobre a eficiência da drenagem na bacia. Esse sistema, no entanto, pode ser analisado através do ordenamento dos canais, como proposto por Horton (1945) e Strahler (1957) e da densidade de drenagem.

#### 2.3.3.1 *Comprimento do curso d'água principal*

É o comprimento do curso mais longo, ou seja, do curso que possui a maior distância partindo-se do exutório e que se encontra dentro da bacia. Sendo contado apenas uma vez de sua nascente até a foz e os tributários de ordem superior. (TUCCI, 2004).

#### 2.3.3.2 *Densidade de drenagem (D<sub>d</sub>)*

Admitida como um dos principais parâmetros na análise morfométrica de bacias hidrográficas, densidade de drenagem foi definida inicialmente por Horton (1945), como sendo a razão entre o comprimento total de canais e a área da bacia hidrográfica, considerando para seu cálculo todos os rios tanto perenes como os temporários.

Sua fórmula é dada pela Equação (4):

$$D_D = \frac{L_T}{A} \quad (4)$$

Onde  $L_T$  é o comprimento total dos canais e  $A$  é a área total da bacia.

De acordo com Christofolletti (1980),

(...) a densidade de drenagem da rede de canais desde há longo tempo é reconhecida como variável das mais importantes na análise morfométrica das bacias de drenagem, representando o grau de dissecação topográfica em paisagens elaboradas pela atuação fluvial ou expressando a quantidade disponível de canais de escoamento.

E diante dessa mesma premissa, Vilela e Matos (1975), afirmam que a densidade de drenagem varia de 0,5 Km/Km<sup>2</sup> em bacias com drenagem pobre, a 3,5 Km/Km<sup>2</sup> ou mais, em bacias bem drenadas. Este índice expressa a grandeza da rede hidrográfica da bacia, indicando a capacidade de gerar novos cursos d'águas.

Para Carvalho e Silva (2006) a densidade de drenagem pode ser classificada conforme mostra a Tabela 2:

TABELA 2 - Classificação da densidade de drenagem ( $D_d$ ) de uma bacia

<b>Dd (km/ km<sup>2</sup>)</b>	<b>Classificação</b>
$D_d < 0,5 \text{ km/km}^2$	Bacias com drenagem pobre
$0,5 \leq D_d < 1,5 \text{ km/km}^2$	Bacias com drenagem regular ‘
$1,5 \leq D_d < 2,5 \text{ km/km}^2$	Bacias com drenagem boa
$2,5 \leq D_d < 3,5 \text{ km/km}^2$	Bacias com drenagem muito boa
$D_d \geq 3,5 \text{ km/km}^2$	Bacias excepcionalmente bem drenadas

Fonte: Carvalho e Silva (2006)

### 2.3.3.3 *Ordem dos Cursos de Água*

É a classificação de determinado curso d'água no conjunto total da bacia hidrográfica. Segundo Cardoso *et al.*, (2006), os critérios para a sua ordenação foram propostos de maneira mais exata, em 1945, por Robert E. Horton. De acordo com esses critérios, são considerados canais de primeira ordem aqueles que não possuem afluentes; os canais de segunda ordem só recebem afluentes de primeira ordem; os de terceira ordem podem receber um ou mais afluentes de segunda

ordem, mas também receber de primeira ordem; os de quarta ordem recebem afluentes de terceira ordem e também de ordem inferior e assim sucessivamente (CARDOSO *et al.*, 2006)

## **2.4 O uso das Geotecnologias**

A Secretaria de Educação do Paraná (2010) define geotecnologia como o conjunto de tecnologias para coleta, processamento, análise e disponibilização de informação com referência geográfica para que os problemas encontrados nas áreas em que são utilizadas possam ser resolvidos adequadamente. Pode ser utilizada em gestão municipal, meio ambiente, saneamento público e educação, entre outras áreas.

Para Fogiato (2006) a utilização de geotecnologia em estudos ambientais se justifica pela alteração que ação humana produz no meio ambiente. A tentativa de suprir suas necessidades faz com que o homem prejudique o equilíbrio ecológico e até mesmo suas relações com outros homens, agravando problemas sociais. A partir destes pontos, a autora afirma que a geotecnologia permite a adoção de medidas preventivas e/ou reconstrutivas que promovam a utilização sustentável dos recursos ambientais, uma vez que o pesquisador terá feito um planejamento de sua ação.

### **2.4.1 A importância do SIG na obtenção de informações geomorfológicas das bacias hidrográficas.**

Para Piroli (2010) o Sistema de Informação Geográfica (SIG) é um conjunto de ferramentas que arranjam o tratamento computacional de dados, processando, armazenando, recuperando e analisando para proporcionar uma gestão espacial eficaz.

Diante disso o SIG se torna uma ferramenta fundamental na pesquisa, pois contribui na extração de informações de maneira ágil e eficiente, e com precisão satisfatória, auxiliando na proposição de medidas de prevenção.

Segundo Câmara e Queiroz (2013), a aplicação do SIG's em estudos relacionados aos recursos hídricos tem aumentado nos últimos tempos, em virtude da facilidade na utilização de mapas, organização de banco de dados, obtenção de informações geomorfológicas das bacias hidrográficas, dentre outros aspectos.



### **3 METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS TÉCNICOS DA PESQUISA**

#### **3.1 Classificação da Pesquisa Quanto a natureza**

A pesquisa se classifica quanto à natureza como quantitativa, visto que foi realizada a análise morfométrica que gerou dados numéricos de área, relevo e rede de drenagem das bacias hidrográficas em questão.

#### **3.2 Classificação da Pesquisa Quanto aos Fins**

A pesquisa quanto aos fins se classifica como descritiva, pois registra e analisa as características das variáveis e fatores que relacionam com o processo. Sendo um estudo para coleta de dados foi feita posteriormente uma análise entre as variáveis para uma posterior determinação dos resultados.

#### **3.3 Classificação da Pesquisa Quanto aos Meios**

A classificação da pesquisa do presente trabalho quanto ao seu delineamento se dá por levantamento de dados com o uso de geotecnologias.

#### **3.4 Tratamentos de dados**

O trabalho foi feito através de geotecnologia com o uso do Sistema de Informações Geográficas (SIG), pois segundo Cardoso *et al.*, (2006) permitem uma exploração mais aprofundada das informações levantadas sobre a área de estudo.

### **3.5 Caracterização da área de estudo**

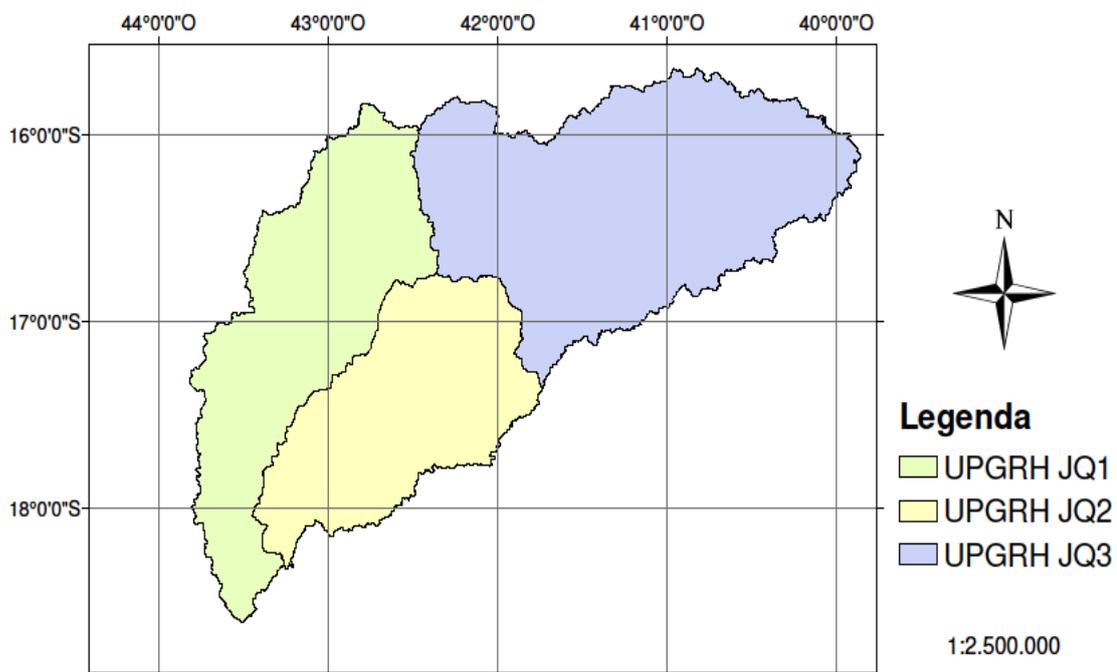
Neste tópico foram levantadas e descritas algumas características relevantes da bacia hidrográfica do rio Jequitinhonha e das suas três Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos - UPGRH's: JQ1 - Alto Jequitinhonha; JQ2 - Rio Araçuaí; e JQ3 - Médio e Baixo Jequitinhonha, para melhor contextualização da área em estudo.

Com referência à Bacia Hidrográfica JQ1 está situada nas mesorregiões do Vale do Jequitinhonha e Norte de Minas onde estão municípios como Grão Mogol e Diamantina. Comum total de 10 sedes municipais, possui uma população estimada de mais de 100.000 habitantes. O clima na bacia é considerado semi-úmido, com período seco durando entre quatro e cinco meses por ano.

Quanto à Bacia Hidrográfica do JQ2 também situada na mesorregião do Vale do Jequitinhonha, onde estão municípios como Diamantina e Capelinha, abrange um total de 21 sedes municipais e uma população estimada de 290.325 habitantes. O clima na bacia é considerado semi-úmido, com período seco durando entre quatro e cinco meses por ano.

Tratando-se da Bacia Hidrográfica do JQ3 situa-se nas mesorregiões do Vale do Jequitinhonha e Norte de Minas, onde estão municípios como Salinas, Araçuaí, Pedra Azul e Almenara. Segundo dados do Instituto Mineiro de Gestão das Águas-IGAM, abrange um total de 29 sedes municipais e uma população estimada de 392.539 habitantes. O clima na bacia é considerado semi-árido, com período seco superior a seis meses por ano, com exceção da parte leste da bacia, onde o clima é semi-úmido, com período seco durando entre quatro e cinco meses por ano.

FIGURA 2 - Bacias hidrográficas JQ1, JQ2 e JQ3



Fonte: Dados da pesquisa



Fonte: Dados da pesquisa

### 3.6 Levantamentos das Características Morfométricas

De acordo com a metodologia proposta por Tonello *et al.*, (2006), as características analisadas estão apresentadas no Quadro (1) a seguir:

QUADRO 1 - Características morfométricas obtidas em estudo das bacias hidrográficas

<b>CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS</b>	
Área total	Coeficiente de compacidade ( $K_c$ )
Perímetro total	Fator de forma ( $K_f$ )
Comprimento axial	Índice de circularidade ( $I_c$ )
<b>CARACTERÍSTICAS DO RELEVO</b>	
Altitude mínima	Declividade mínima
Altitude média	Declividade média
Altitude máxima	Declividade máxima
<b>CARACTERÍSTICAS DA REDE DE DRENAGEM</b>	
Comprimento do curso d'água principal	Densidade de Drenagem ( $D_D$ )
Comprimento total dos cursos d'água	Ordem dos cursos de água

Fonte: Adaptado de Tonello *et al.*, (2006)

No desenvolvimento da pesquisa foi utilizado o software ESRI ArcGIS versão 10.3 para a análise dos dados brutos, sendo estes disponibilizados por agências e órgãos governamentais.

Todas as informações e dados de elevação necessários para a extração do traçado da bacia e posterior análise estão disponíveis no formato *raster*, provenientes do projeto *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM). Os mesmos são disponibilizados no Brasil pela Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária (EMBRAPA). Em relação ao mapeamento do relevo, foi utilizado um satélite gratuito que se encontra disponível na escala 90 x 90 m e Datum SAD-69.

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) por meio do projeto Topodata analisou as imagens da EMBRAPA / SRTM interpolando-as e melhorando a sua resolução para 30x 30m. Assim, o projeto Topodata oferece o Modelo Digital de Elevação (MDE) e suas derivações locais básicas em cobertura nacional, ora elaborados a partir dos dados SRTM disponibilizados pelo USGS na rede mundial de computadores.

Por meio das bases e cartas cartográficas, mapas e imagens, pode-se obter o divisor de águas, extrair rede de drenagem, curvas de nível e gerar modelos digitais de elevação e declividade.

As características da rede de drenagem foram extraídas mediante tratamento do banco de dados e mapoteca do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), que disponibiliza as bacias hidrográficas e as redes de drenagem para todos os cursos d'água no estado de Minas Gerais.

O procedimento metodológico adotado na realização deste estudo baseou-se inicialmente no levantamento da Pesquisa bibliográfica. Foi contemplada para estudo, a bacia hidrográfica do rio Jequitinhonha, sendo feita uma caracterização da mesma, bem como das suas três UPGRH.

Nesta etapa foi realizada a aquisição de dados, seleção de autores principais de acordo com sua conceituação dentro de cada temática apresentada e definição de alguns conceitos fundamentais visando dar embasamento ao trabalho.

A segunda etapa consistiu na identificação e conceituação das variáveis morfométricas utilizadas nos trabalhos. Os parâmetros avaliados foram as características Geométricas, do Relevo e da rede de Drenagem.

Na caracterização geométrica foram determinados a área, o perímetro, o comprimento axial, o coeficiente de compactidade ( $K_C$ ), o fator de forma ( $K_F$ ) e o índice de circularidade ( $I_c$ ) da bacia.

Na caracterização do relevo levou-se em conta a altitude (mínima, média e máxima), bem como a declividade (mínima, média e máxima).

Já na caracterização da Rede de Drenagem os pontos evidenciados foram o comprimento do curso d'água principal, o comprimento total dos cursos d'água, a densidade de Drenagem ( $D_d$ ) e a ordem dos cursos de água.

Inicialmente foram utilizados como base de dados o MDE (Modelo Digital de Elevação) disponibilizados pelo projeto TOPODATA a partir de SRTM com resolução espacial de 30 m. Para a geração dos dados e análise dos resultados, o trabalho foi feito através da geotecnologia, com a utilização do Sistema de Informações Geográficas (SIG), com a elaboração dos mapas temáticos e cálculo dos parâmetros físicos da bacia em estudo, por meio do software ESRI ArcGis 10.3, onde os dados foram processados e analisados.



## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram analisados alguns parâmetros dessas três UPGRH's, julgados necessários para um melhor entendimento da temática abordada, em relação aos diversos indicadores físicos específicos dessas determinadas áreas, no sentido de esclarecer as várias questões relacionadas com o entendimento da dinâmica ambiental local e regional, caracterizar melhor a morfometria da Bacia Hidrográfica do rio Jequitinhonha em seu contexto e principalmente, facilitando assim o gerenciamento de recursos hídricos.

### 4.1 Características Geométricas das Bacias Hidrográficas do JQ1, JQ2 e JQ3

De acordo com a metodologia proposta, na Tabela 3 são apresentados os resultados obtidos sobre as características geométricas da bacia hidrográfica do JQ1 JQ2e JQ3.

TABELA 3 - Características Geométricas das Bacias Hidrográficas analisadas

Características Geométricas	Unidade	Bacias		
		JQ1	JQ2	JQ3
Área Total	Km <sup>2</sup>	19.854,63	16.279,58	29.616,61
Perímetro Total	Km	907,68	680,85	1.010,67
Comprimento Axial	Km	250,90	218,10	278,58
Coeficiente de Compacidade (K <sub>C</sub> )	-	1,80	1,49	1,64
Fator de forma (K <sub>F</sub> )	-	0,32	0,34	0,38
Índice de Circularidade (I <sub>C</sub> )	-	0,30	0,44	0,36

Fonte: Dados da pesquisa

A bacia JQ1 apresenta uma área de 19.854,63 Km<sup>2</sup>, perímetro de 907,68 Km e comprimento axial de 250,90 Km, enquanto para a JQ2, a área obtida foi 16.279,58 Km<sup>2</sup>, perímetro de 680,85 Km e comprimento axial 218,10 Km. Para a bacia JQ3, apresenta uma maior área de 29.616,61 Km<sup>2</sup>, com um perímetro de 1.010,67 Km e comprimento axial de 278,58 Km.

Tais valores são utilizados como base para a determinação dos coeficiente de compacidade, fator de forma e índice de circularidade que descreveram a bacia quanto à probabilidade de ocorrência de enchentes.

Para a bacia JQ1, o coeficiente de compacidade ( $K_C$ ) calculado foi de 1,80, o que demonstra que a mesma está sujeita a um maior escoamento, apresentando, portanto, menor risco ou tendência a enchentes. Com relação ao fator de forma, esta bacia apresentou  $K_F$  de 0,32. Numa bacia estreita e longa, com fator de forma baixo, há menos possibilidade de ocorrência de chuvas intensas cobrindo simultaneamente toda a extensão da bacia.

Por sua vez, o índice de circularidade ( $I_c$ ), calculado em 0,30 caracteriza a forma da bacia como alongada, confirmando o coeficiente de compacidade ( $K_C$ ) determinado anteriormente. Seu valor se distancia da unidade, o que demonstra um menor risco de grandes cheias em condições normais de pluviosidade anual e topografia favorável ao escoamento superficial.

Em relação à bacia JQ2, a mesma apresentou coeficiente de compacidade ( $K_C$ ) de 1,49, fator de forma ( $K_F$ ) 0,34 e índice de circularidade ( $I_c$ ) 0,44. Percebe-se que a bacia em questão apresenta um formato alongado em virtude do baixo valor do fator de forma (0,34). Segundo Villela e Matos (1975) uma bacia com fator de forma baixo é menos susceptível a enchentes. Já para o coeficiente de compacidade, o  $K_C$  abaixo de 1,5 a caracteriza com tendência mediana a grandes enchentes. O índice de circularidade de 0,44, confirma o formato alongado da bacia, reduzindo a susceptibilidade a enchentes.

As características geométricas obtidas na análise da bacia hidrográfica JQ3 indicam que a mesma possui coeficiente de compacidade ( $K_C$ ) de 1,64, fator de forma ( $K_F$ ) igual a 0,38 e índice de circularidade ( $I_c$ ) de 0,36.

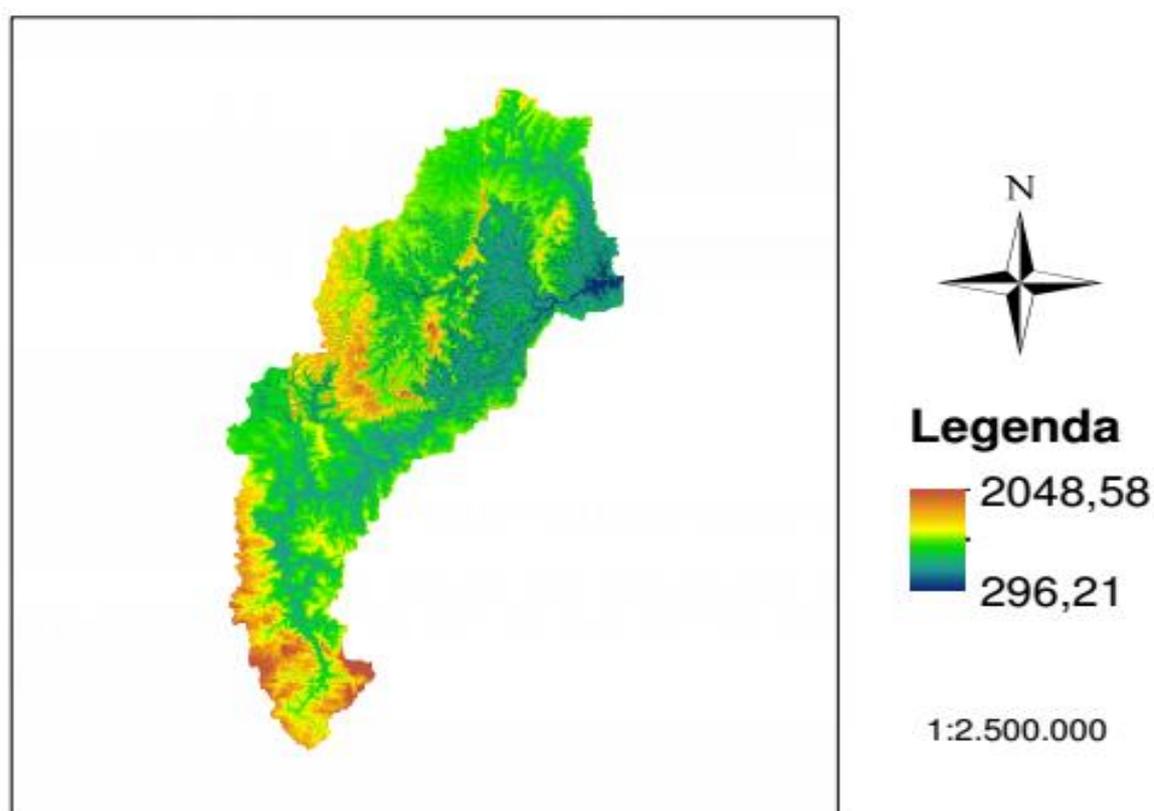
Através dos valores obtidos, observa-se, que a bacia em questão, também apresenta uma forma alongada, evidenciada pelos valores de  $K_C$  e  $K_F$ , o que pressupõe dizer que a mesma também apresenta uma baixa probabilidade de ocorrência de grandes enchentes, o que foi confirmado.

Nesse sentido, conclui-se que as três bacias apresentam baixas probabilidades a grandes enchentes, de acordo com suas características geométricas, sendo necessário, no entanto uma análise acerca das vazões e precipitações ocorrentes na região, com o intuito de embasar o discutido neste trabalho.

#### 4.2 Características do Relevo das bacias do JQ1, JQ2 e JQ3

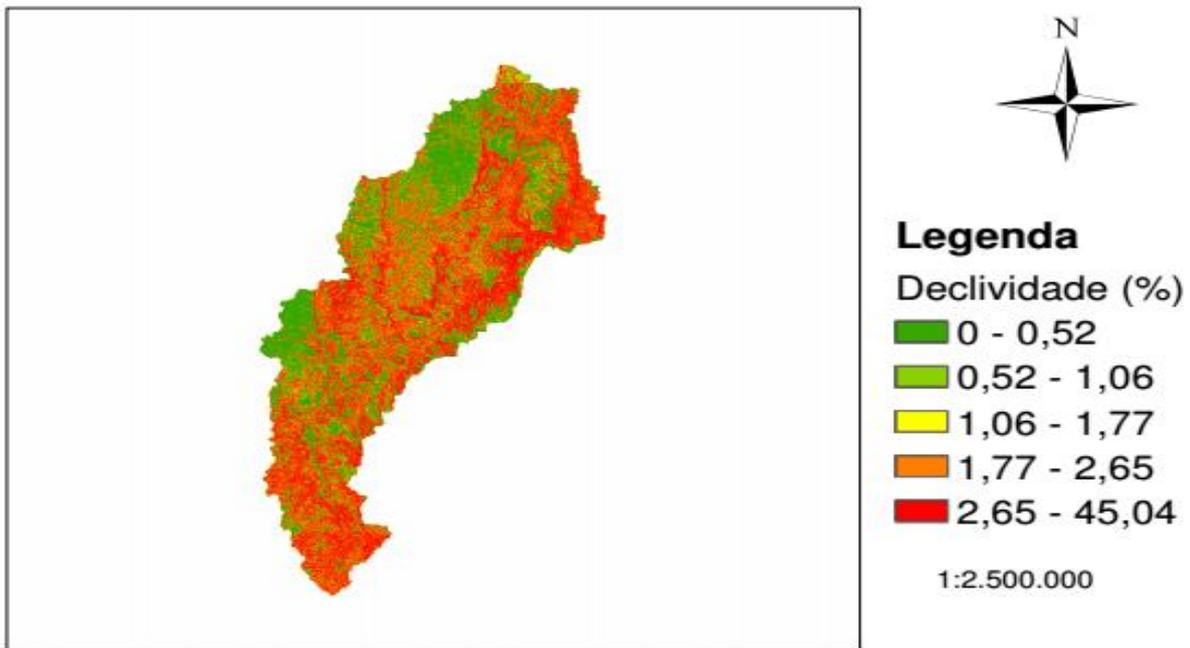
As características de relevo foram obtidas com o tratamento das informações disponibilizadas pelo Modelo Digital de Elevação Hidrológicamente Consistente (MDEHC) gerado com os dados SRTM e estão dispostos nas Figuras 3, 4, 5, 6, 7 e 8 que expressam os valores obtidos mediante a análise dos mapas de altitudes e de declividades gerados.

FIGURA 3 - Modelo Digital de Elevação (MDE) da bacia JQ1



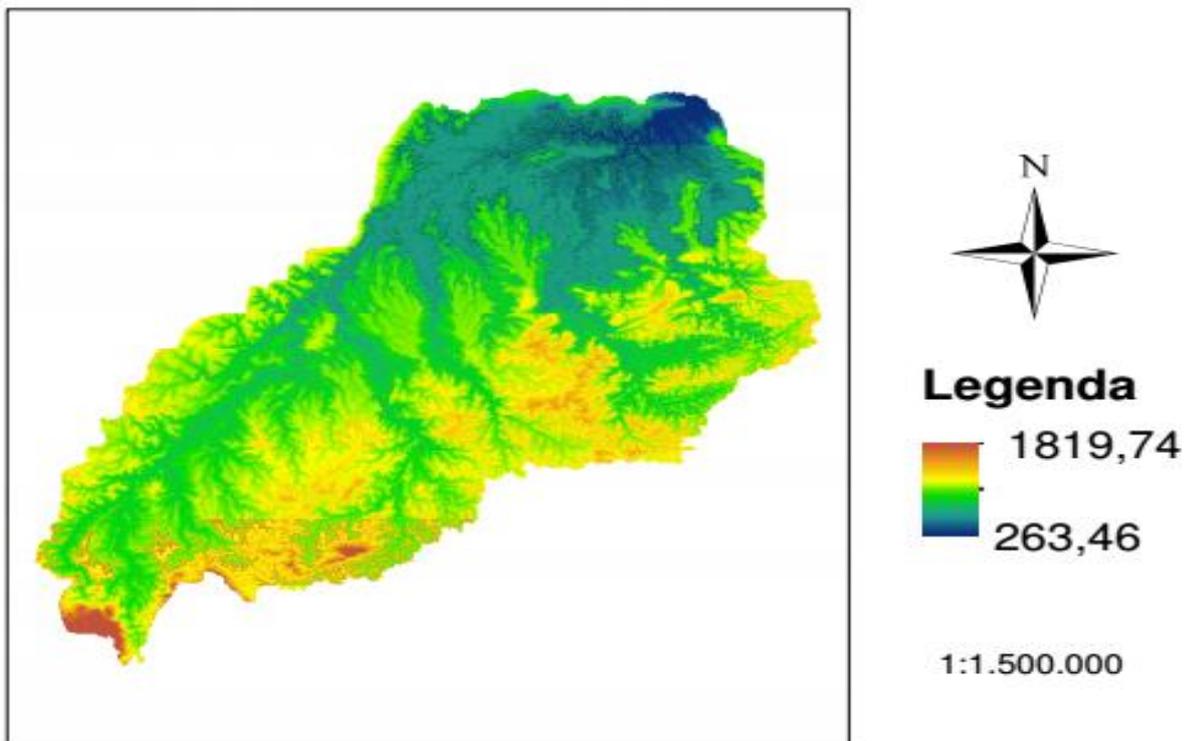
Fonte: Dados da pesquisa

FIGURA 4- Mapa de declividades da bacia JQ1



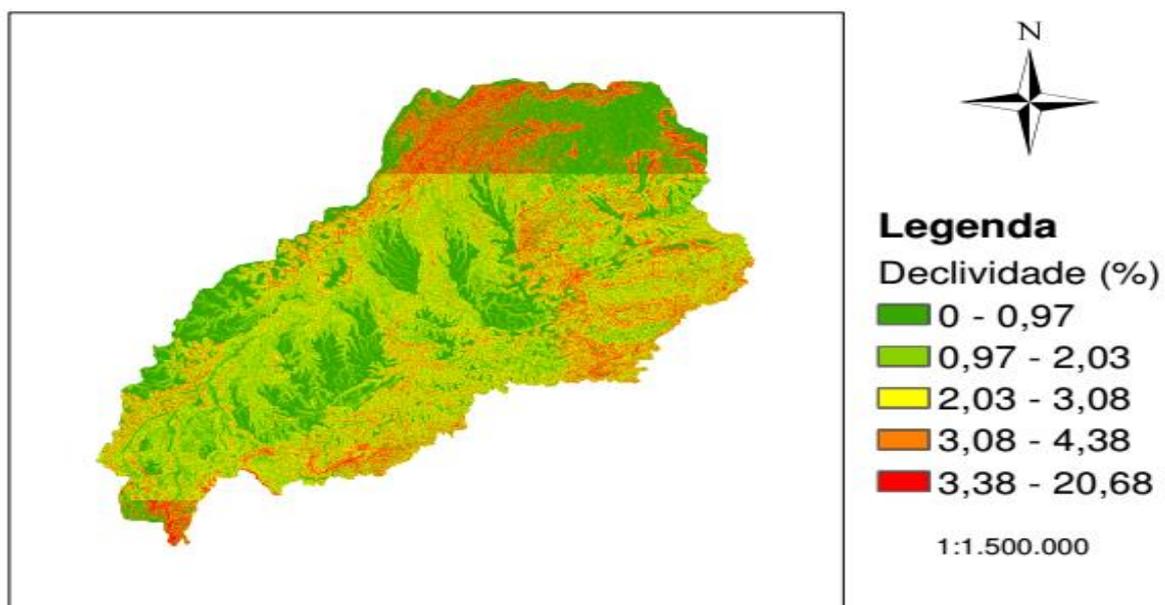
Fonte: Dados da pesquisa

FIGURA 5 - Modelo Digital de Elevação (MDE) da bacia JQ2



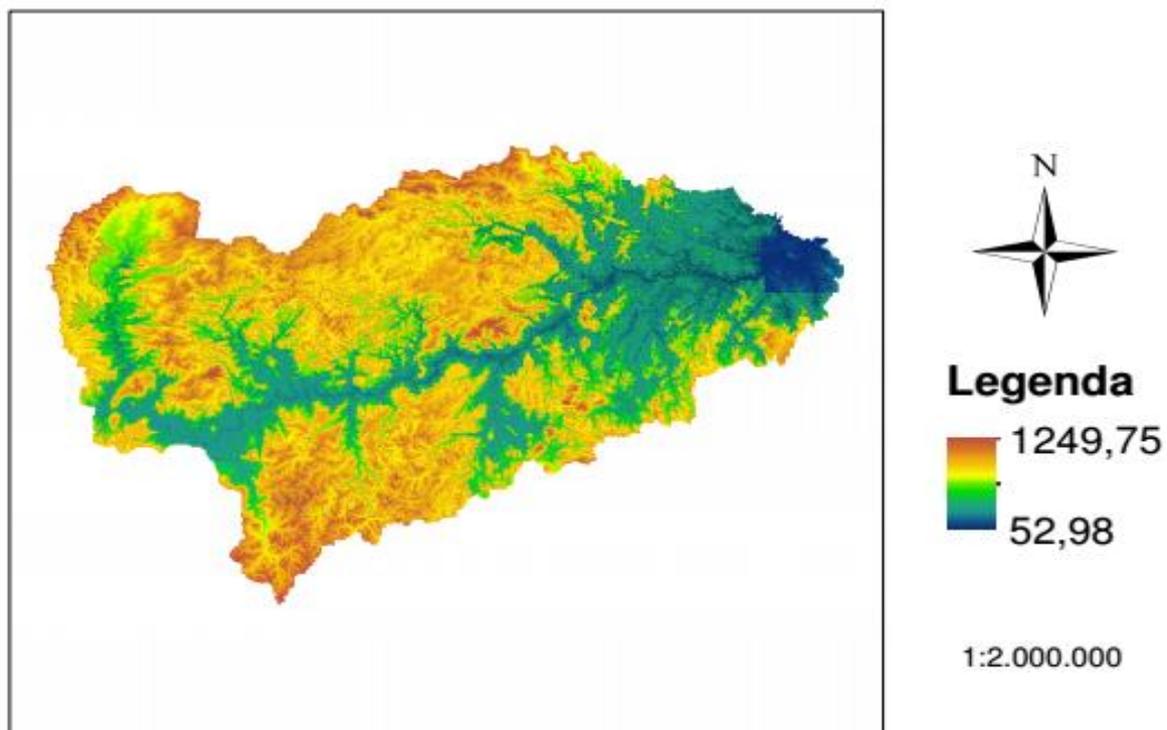
Fonte: Dados da pesquisa

FIGURA 6 - Mapa de declividades da bacia JQ2



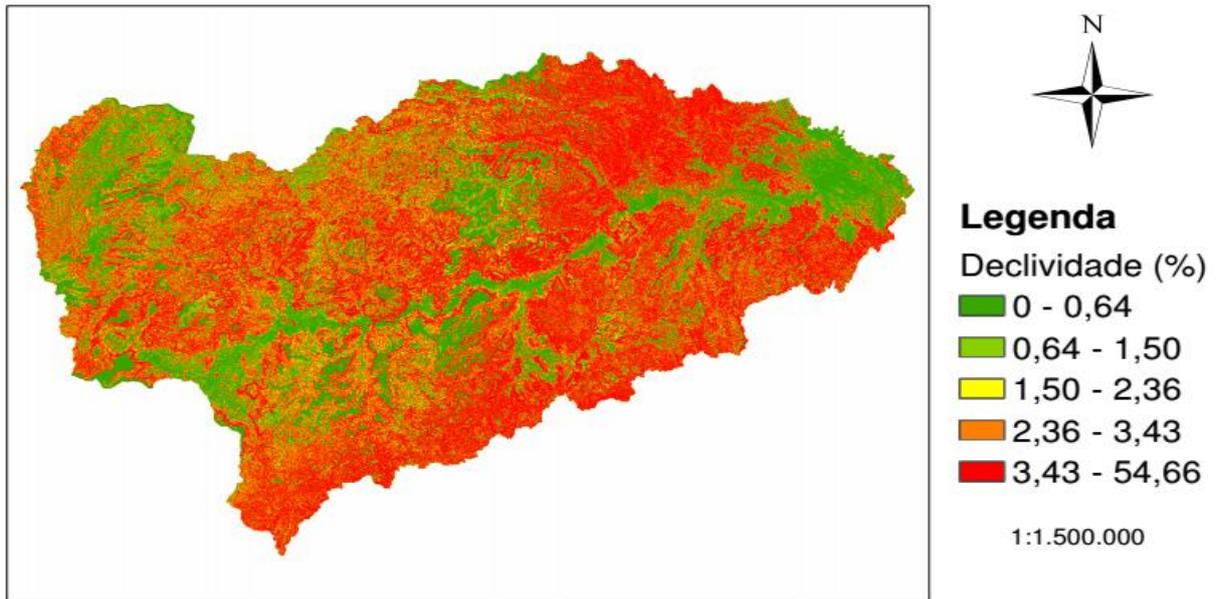
Fonte: Dados da pesquisa

FIGURA 7 - Modelo Digital de Elevação (MDE) da bacia JQ3



Fonte: Dados da pesquisa

FIGURA 8 - Mapa de declividades da bacia JQ3



Fonte: Dados da própria pesquisa

De forma resumida, a Tabela 4 apresenta os resultados obtidos sobre as características do relevo das bacias analisadas.

TABELA 4 - Características do relevo das bacias analisadas

Características do Relevo	Unidade	Bacias		
		JQ1	JQ2	JQ3
Altitude Mínima	m	296,21	263,46	52,97
Altitude Média	m	876,97	781,74	603,02
Altitude Máxima	m	2048,58	1819,74	1249,75
Declividade Mínima	%	0	0	0
Declividade Média	%	15,05	18,56	22,36
Declividade Máxima	%	45,04	20,68	54,66

Fonte: Dados da pesquisa

De acordo com os resultados obtidos, nota-se que a bacia JQ1 apresenta altitudes variando entre 296,21 0000m e 2.048,58 m, com um valor médio de 876,97m. Em relação à declividade, os valores variam entre 0%e 45,04%, para uma declividade média de 15,05%.

A bacia JQ2 apresenta altitudes variando entre 263,46 e 1.819,74 m, com um valor médio de 790,41 m. Em relação à declividade, os valores variam entre 0 e 20,68% para uma declividade média de 18,56%. Já a bacia JQ3 apresenta altitudes variando entre 52,98 e 1.249,75 m, com um valor médio de 790,41 m. Em relação à declividade, os valores variam entre 0 e 54,66%, para uma declividade média de 22,36%.

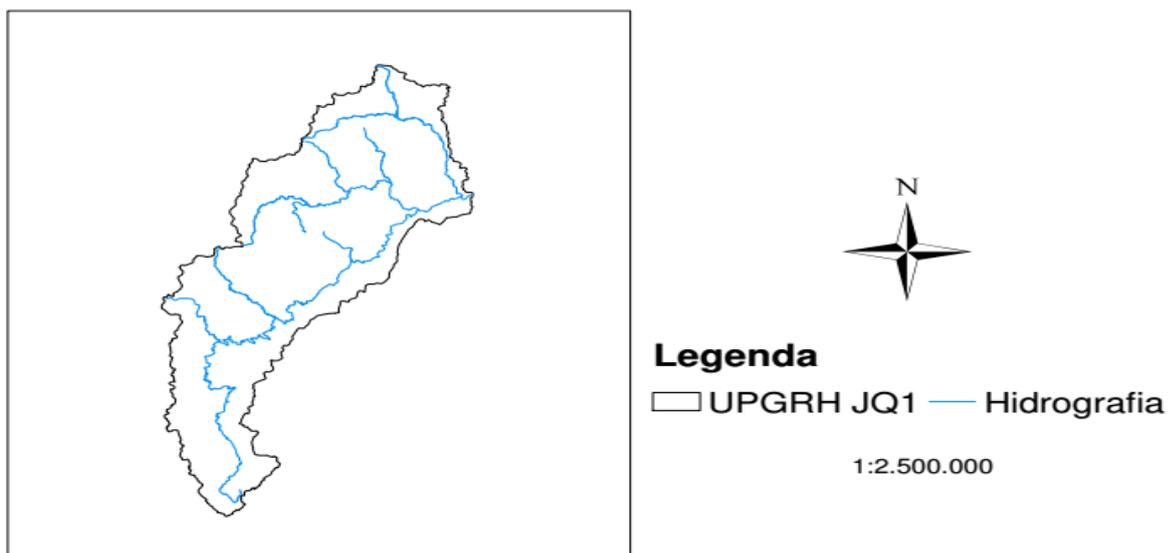
Quanto à sua declividades, a bacia JQ1 apresenta variações entre relevo plano e relevo fortemente ondulado, a bacia JQ2 com variações entre o plano e o ondulado e a JQ3, entre plano e montanhoso. Percebe-se uma grande variação do relevo, quando comparadas as três bacias, mostrando a possibilidade de diferentes regimes de escoamento, pois segundo BRUBACHER *et al.*, (2011), tais índices expressam, mesmo que empiricamente, a maneira como ocorre a infiltração e o escoamento das águas pluviais no interior de uma bacia hidrográfica.

No entanto, cabe ressaltar que, quanto maior for a declividade, maior será a velocidade com que a água irá escorrer e, conseqüentemente, maior será o volume conduzido devido à força erosiva.

### 4.3 Características da rede de drenagem das bacias do JQ1, JQ2 e JQ3

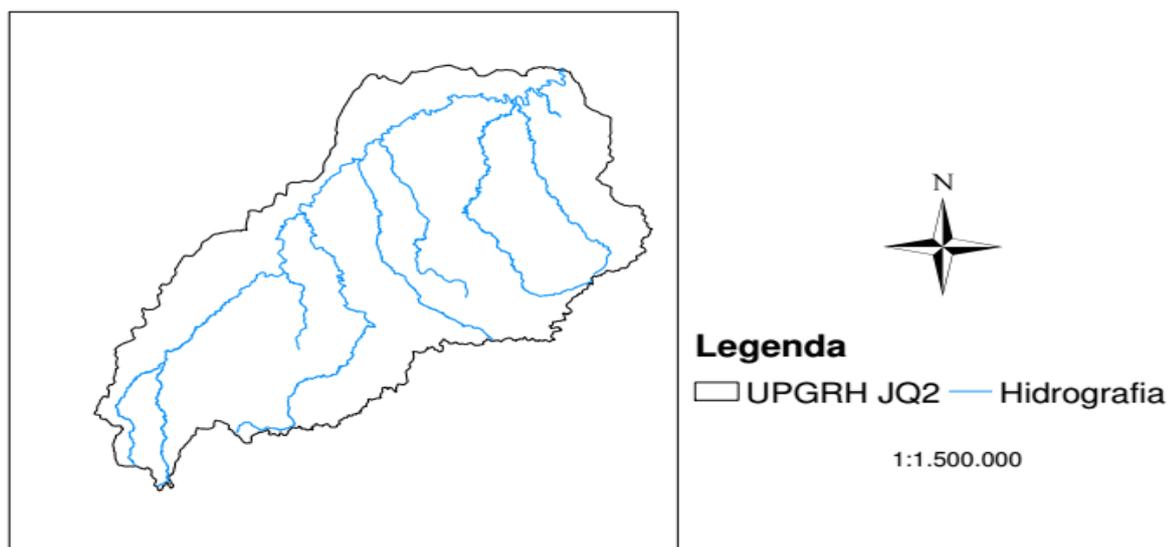
As características da rede de drenagem permitem a visualização da distribuição espacial dos cursos d'água e sua disposição nos limites da bacia. As Figuras 9, 10 e 11 ilustram a rede de drenagem das três bacias analisadas, de acordo com a hidrografia disponibilizada pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas.

FIGURA 9 - Representação da hidrografia da bacia JQ1



Fonte: Dados da pesquisa

FIGURA 10 - Representação da hidrografia da bacia JQ2



Fonte: Dados da pesquisa

FIGURA 11 - Representação da hidrografia da bacia JQ3



Fonte: Dados da pesquisa

A Tabela 5 apresenta uma síntese dos resultados obtidos na análise da rede de drenagem das três bacias.

TABELA 5 - Resultado das Características da Rede de Drenagem das Bacias Hidrográficas estudadas

Características da Rede de Drenagem	Unidade	Bacias		
		JQ1	JQ2	JQ3
Comprimento do curso d'água principal	Km	480,97	365,78	357,37
Comprimento total dos cursos d'água	Km	1255,88	1133,91	2010,11
Densidade de drenagem ( $D_D$ )	Km/Km <sup>2</sup>	0,063254	0,069652	0,06787
Ordem dos cursos de água	-	3	2	3

Fonte: Dados da pesquisa

Pela análise da Tabela 5, verifica-se que a bacia JQ1 apresenta o seu rio principal com um comprimento de 480,97 Km e o comprimento total dos cursos d'água de 1.255,88 Km. A bacia JQ2 apresenta o seu rio principal, o Rio Araçuaí com comprimento de 365,78 e um comprimento total de 1.133,91, para os cursos d'água e a JQ3, um comprimento de 357,37 Km para o seu rio principal, enquanto o comprimento total dos cursos d'água é de 2010,11 Km.

Quanto ao ordenamento dos cursos d'água as bacias JQ1 e JQ3 se caracterizam como bacias de 3ª ordem, enquanto a bacia JQ2 é descrita como de 2 ordem.

Ao analisar a densidade de drenagem das três bacias, as mesmas apresentam resultados preocupantes. Com baixos valores, para o índice (0,063254, 0,069652 e 0,06787 Km/Km<sup>2</sup>, respectivamente), as três bacias se caracterizam como bacias de drenagem pobre, o que explica os baixos valores de vazão disponível no entorno do Jequitinhonha.

## 5 CONCLUSÃO

Ao se fazer o estudo de todos os parâmetros que compõem a análise morfométrica da Bacia do rio Jequitinhonha, constatou-se que a mesma em conjunto possui uma forma alongada, o que pressupõe dizer que está sujeita a um maior escoamento, apresentando, portanto, menor risco ou tendência a enchentes; menor possibilidade de ocorrência de chuvas intensas cobrindo simultaneamente toda a extensão da bacia por apresentar fator de forma baixo; baixas altitudes e variações entre relevo plano e relevo fortemente ondulado, partindo um pouco para o montanhoso em alguns pequenos trechos; em relação à densidade de drenagem essa bacia caracteriza-se como uma bacia considerada de drenagem pobre, de baixa densidade.

Através dos resultados obtidos recomenda-se implementar a elaboração de políticas de planejamento ambiental, que levem em conta não apenas a dinâmica hidromorfológica da área, como também o bom uso e aproveitamento da mesma, visando uma gestão hídrica de qualidade, eficiência e sustentável



## REFERÊNCIAS

ALVES, J. M. P.; CASTRO, P. T. A. Influência de feições geológicas na morfologia da bacia do rio Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análise de padrões de lineamentos. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 33, n. 2, p. 117-127, 2003.

Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-67622006000500019](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622006000500019)>. Acesso em: 28 maio - 2017.

ANA -Agência Nacional de Águas. *Regiões Hidrográficas Brasileiras*. 2005. Disponível em: <<http://www.florestalbrasil.com/2016/02/bioma-cerrado-sua-importancia-na.html>>. Acesso em: 10 maio - 2017.

BALBINOT, R.; OLIVEIRA, N.K.; VANZETTO, S.C. et al. O papel da floresta no ciclo hidrológico em bacias hidrográficas. *Ambiência-Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais*, v.4, n.1, p.131-149, 2008. Disponível em: <<http://www.redeacqua.com.br/wp-content/uploads/2011/09/PAPEL-DA-FLORESTA.pdf>>. Acesso em: 09 maio - 2017.

BARBOSA, A. R. Bacia hidrográfica. In: *HIDROLOGIA aplicada*. 2004. cap. 22, p. 15. Disponível em: <[http://www.em.ufop.br/deciv/departamento/~antenorrodriques/12\\_Bacia%20hidrografica.pdf](http://www.em.ufop.br/deciv/departamento/~antenorrodriques/12_Bacia%20hidrografica.pdf)>. Acesso em: 09 maio - 2017.

BARUQUI, A. M.; FERNANDES, M. R. Práticas de conservação do solo. Belo Horizonte. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte. v. 11, n. 128. p. 55-69, ago. 1985. Disponível em: <[revista.uepb.edu.br/index.php/qualitas/article/download/399/366](http://revista.uepb.edu.br/index.php/qualitas/article/download/399/366)>. Acesso em: 18 abr. - 2017.

BRASIL. *Política Nacional de Recursos Hídricos*, lei nº 9.433,8 de janeiro de 1997. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm)>. Acesso em: 05 maio - 2017.

BROOKS, K.N.; P.F. et al. 1991. *Hydrology and the Management of Watersheds*. Iowa State University Press. 391p. Disponível em: <<http://www.aquafluxus.com.br/o-manejo-de-bacias-e-o-dna-das-bacias-hidrograficas/>>. Acesso em: 15 maio - 2017.

BRUBACHER, J. P.; OLIVEIRA, G.G.; GUASSELLI, L.A. Suscetibilidade de enchentes a partir da análise das variáveis morfométricas na bacia hidrográfica do rio dos Sinos/RS. In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, 2011, Curitiba, Anais. Curitiba: INPE, 2011. p.1279-1286  
Disponível em:<<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p0366.pdf>>. Acesso: 02 nov. - 2017.

CÂMARA, G.; QUEIROZ, G. R. Arquitetura de sistemas de informações geográficas. IN: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. *Introdução à ciência da geoinformação*. Cap. 3, p3-2  
Disponível em:<<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>>. Acesso em: 16 maio - 2017.

CAMPANHARO, W. A. *Diagnostico físico da bacia do rio Santa Maria do Doce- ES*. 2010. 78. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES. Disponível em:  
[http://florestaemadeira.ufes.br/sites/florestaemadeira.ufes.br/files/TCC\\_Wesley%20Augusto%20Campanharo.pdf](http://florestaemadeira.ufes.br/sites/florestaemadeira.ufes.br/files/TCC_Wesley%20Augusto%20Campanharo.pdf). Acesso em: 11 maio- 2017.

CARDOSO, C. A. et al. *Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan*, Nova Friburgo-RJ. *Árvore*, Viçosa, v.30, n.2, p.241-248, 2006.  
Disponível em: < [http://www.uniara.com.br/legado/revistauniara/pdf/20/RevUniara20\\_11.pdf](http://www.uniara.com.br/legado/revistauniara/pdf/20/RevUniara20_11.pdf)>. Acesso em 07 abr.-2017.

CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. B. Bacia hidrográfica. Disponível em:  
<<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap3-BH.pdf>>. Acesso em: 16 nov. -2017.

CECÍLIO, R. A.; GARCIA, G. O.; MOREIRA, M. C. *A importância do setor agropecuário para a proteção e conservação dos recursos hídricos*. In: JESUS JUNIOR, W. C. et al. (Ed.) *Novas tecnologias em Ciências Agrárias*. Visconde do Rio Branco. v.1, p. 101-117, janeiro. 2007. Disponível em:  
<[http://www.amda.org.br/imgs/up/Artigo\\_18.pdf](http://www.amda.org.br/imgs/up/Artigo_18.pdf)>. Acesso em: 11 de maio - 2017.

CERQUEIRA, W., F.;-*Geografia Física do Brasil: Bacias hidrográficas do Brasil*. 2015. Disponível em:<<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/geografia/bacias-hidrograficas-brasil.htm>>. Acesso em: 21 jun.-2017.

CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia*. 2 Ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.  
Disponível em:  
<<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/portalcartografia/article/viewFile/8929/7451>>. Acesso em: 14 maio - 2017.

FERNANDES, M.R. e SILVA, J. C. Programa Estadual de Manejo de Sub-Bacias Hidrográficas: Fundamentos e estratégias - Belo Horizonte: EMATERMG. 24p. 1994. Disponível em: <[revista.uepb.edu.br/index.php/qualitas/article/download/399/366](http://revista.uepb.edu.br/index.php/qualitas/article/download/399/366)>. Acesso em: 05 nov. - 2017.

FOGIATO, Sonia Mari. *Geotecnologias aplicadas à área ambiental: estudo de caso nas microbacias hidrográficas da Sanga da Taquara e do Arroio Inhamandá no município de São Pedro do Sul* — RS. 2006. 69 f. Dissertação (Mestrado em Geomática) — Curso de Geomática, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006. Disponível em: <[http://cascavel.ufsm.br/tede/tde\\_arquivos/21/TDE-2007-11-28T164646Z-1052/Publico/SONIAFOGIATO.pdf](http://cascavel.ufsm.br/tede/tde_arquivos/21/TDE-2007-11-28T164646Z-1052/Publico/SONIAFOGIATO.pdf)>. Acesso em: 30 abr. - 2017.

GRANELL-PÉREZ, M. Del C. Trabalhar geografia com as cartas topográficas. Ijuí: Ed. Unijuí, 2004, 128 p. Disponível em: <<http://mundogeo.com/blog/2017/07/26/artigo-decifrando-a-ferramenta-slope-com-arquivo-raster-mde-no-arcgis/>>. Acesso em: 02 nov. - 2017.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: a hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geol Soe. Am. Bull.*, v.56, n.3, p.275-370, 1945. Disponível em: <<http://www.labhidro.ufsc.br/Artigos/Vestena%20et%20al.%20-%20An%C3%A1lise%20morfo%20morfom%C3%A9trica%20...%20-%20VI%20SINAGEO-1.pdf>>. Acesso em: 19 maio - 2017.

LIMA, W. de P. Apostila didática: manejo de bacias hidrográficas. Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Departamento de Ciências Florestais, 2 ed., 2008. 253p. Disponível em: <[http://laboratorios.cetesb.sp.gov.br/wpcontent/uploads/sites/28/2014/05/ManejoBaciasHidrograficas\\_GestaoSustentavel\\_recursosNaturais.pdf](http://laboratorios.cetesb.sp.gov.br/wpcontent/uploads/sites/28/2014/05/ManejoBaciasHidrograficas_GestaoSustentavel_recursosNaturais.pdf)>. Acesso em: 22 maio - 2017.

PAIVA, J.B.D.de.; PAIVA, E.M.C.D. Hidrologia aplicada a gestão de pequenas Bacias hidrográficas. Porto Alegre: ABRH, 2001. 625 pp. Disponível em: <[https://capacitacao.ead.unesp.br/dspace/bitstream/ana/82/2/Unidade\\_1.pdf](https://capacitacao.ead.unesp.br/dspace/bitstream/ana/82/2/Unidade_1.pdf)>. Acesso em: 10 abr. - 2017.

PARANÁ. Secretaria Estadual de Educação. *O que são geotecnologias?* Curitiba, 2010. Disponível em: <<http://www.geografia.seed.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=116>>. Acesso em: 16 maio - 2017.

PINTO, O. B. J. e ROSSETE, A. N. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Ribeirão Cachoeira, MT -Brasil. Revista Eletrônica de Geografia do Campus Avançado de Jataí – GO – Geoambiente on-line. Jataí – GO, 2005. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/261530837\\_Analise\\_morfometrica\\_da\\_bacia\\_hidrografica\\_do\\_rio\\_de\\_Ondas](https://www.researchgate.net/publication/261530837_Analise_morfometrica_da_bacia_hidrografica_do_rio_de_Ondas)>. Acesso em: 05 abr. - 2017.

PIROLI, E.L. Introdução ao Geoprocessamento. Ourinhos: Unesp/Campus Experimental de Ourinhos, 2010. 46 p. Disponível em: <[http://vampira.ourinhos.unesp.br:8080/cediap/material/livro\\_introducao\\_ao\\_geoproc\\_essamento.pdf](http://vampira.ourinhos.unesp.br:8080/cediap/material/livro_introducao_ao_geoproc_essamento.pdf)>. Acesso em: 19 maio - 2017.

RAMOS, Marilene. *Gestão de recursos hídricos e cobrança pelo uso da água*. 2007. 61 f. Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, RJ, 2007. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-76122015000501193&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-76122015000501193&lng=pt&tlng=pt)> Acesso em: 19 abr. - 2017.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A.; OLIVEIRA, J. B. de; COELHO, M. R.; LUMBREAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2. ed. 306 p. 2006. Disponível em: <<http://www.agrolink.com.br/downloads/sistema-brasileiro-de-classificacao-dos-solos2006.pdf>>. Acesso em: 15 jun. – 2017.

STRAHLER, Arthur N. Quantitative analysis of watershed Geomorphology. *Am. Geophys. Union Trans.* 1957. Disponível em: <<http://www.labhidro.ufsc.br/Artigos/Vestena%20et%20al.%20-%20An%20alise%20morfo%20metrica%20...%20-%20VI%20SINAGEO-1.pdf>>. Acesso em: 19 maio - 2017.

TEODORO, V. L. I.; TEXEIRA, D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. *Revista Uniara*, Araraquara, n.20, 2007. Disponível em: <[http://www.uniara.com.br/legado/revistauniara/pdf/20/RevUniara20\\_11.pdf](http://www.uniara.com.br/legado/revistauniara/pdf/20/RevUniara20_11.pdf)>. Acesso em: 19 maio - 2017.

TONELLO, K.C. *Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da cachoeira das Pombas, Guanhanes, MG*. 2005. 69p. Tese (Doutorado em Ciências Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005. Disponível em: <[http://vampira.ourinhos.unesp.br:8080/cediap/material/analise\\_hidroambiental\\_em\\_microbacias.pdf](http://vampira.ourinhos.unesp.br:8080/cediap/material/analise_hidroambiental_em_microbacias.pdf)>. Acesso em: 20 maio - 2017.

TONELLO, K. C.; et al. *Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhões – MG. Revista Árvore*, Viçosa – MG, vol. 30, n.5, Sept./Oct. 2006.

Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-67622006000500019](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622006000500019)>. Acesso em: 20 maio - 2017.

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

<[http://www.planejamento.mppr.mp.br/arquivos/File/bacias\\_hidrograficas/planejamento\\_manejo\\_e\\_gestao\\_unidade\\_1.pdf](http://www.planejamento.mppr.mp.br/arquivos/File/bacias_hidrograficas/planejamento_manejo_e_gestao_unidade_1.pdf)>. Acesso em: 09 maio - 2017.

TUCCI, E. M. (Org.). *Hidrologia – Ciência e Aplicação*. – 4.ed. – Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2014.

Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p0541.pdf>>. Acesso em: 22 maio - 2017.

VALERIANO, M. M. *Topodata: guia para utilização de dados geomorfológicos locais*. INPE: São José dos Campos, 2008. (INPE-15318-RPQ/818). Disponível em:

<<http://mtc-m16c.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2008/07.11.19.24/doc/publicacao.pdf>>. Acesso em: 20 set. - 2017.

VILAÇA, M. F.; et al. *Bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão: o estudo de caso do Ribeirão Conquista no município de Itaguara – MG*. XIII SBGFA - Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Universidade Federal de Viçosa – MG, 2009. Disponível em:

<[https://www.researchgate.net/publication/261530837\\_Analise\\_morfometrica\\_da\\_bacia\\_hidrografica\\_do\\_rio\\_de\\_Ondas](https://www.researchgate.net/publication/261530837_Analise_morfometrica_da_bacia_hidrografica_do_rio_de_Ondas)>. Acesso em: 20 maio - 2017.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. *Hidrologia aplicada*. São Paulo: McGraw-Hill, 1975. 250p.

Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v30n5/a19v30n5.pdf>>. Acesso em: 09 maio - 2017.