

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**

**IZABELA SOARES DE OLIVEIRA**

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO USO DA TERRA E DA COBERTURA  
VEGETAL NATIVA NO REGIME HIDROLÓGICO DA BACIA HIDROGRÁFICA  
DO RIO PERDIZES-MG**

**MONTE CARMELO**

**2019**

**IZABELA SOARES DE OLIVEIRA**

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO USO DA TERRA E DA COBERTURA  
VEGETAL NATIVA NO REGIME HIDROLÓGICO DA BACIA HIDROGRÁFICA  
DO RIO PERDIZES-MG**

Trabalho de Conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica, da Universidade Federal de Uberlândia - Campus Monte Carmelo, como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Bacharel.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Mirna Karla Amorim da Silva

**MONTE CARMELO**

**2019**

**IZABELA SOARES DE OLIVEIRA**

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO USO DA TERRA E DA COBERTURA  
VEGETAL NATIVA NO REGIME HIDROLÓGICO DA BACIA HIDROGRÁFICA  
DO RIO PERDIZES-MG**

Trabalho de Conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica, da Universidade Federal de Uberlândia - Campus Monte Carmelo, como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Bacharel.

Monte Carmelo, 17 de junho de 2019.

---

Prof<sup>ª</sup>. Dra. Mirna Karla Amorim da Silva (UFU)

---

Prof<sup>ª</sup>. Dra. Luziane Ribeiro Indjai (UFU)

---

Prof. Dr. Pedro Eduardo Ribeiro de Toledo (UFU)

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ter me dado esperança e alento para realização desta etapa. A minha família, em especial aos meus pais Neuza e João, que sempre me incentivaram. A minha orientadora pelos conhecimentos repassados. E aos amigos que estiveram presentes durante esta jornada.

## RESUMO

A água é um recurso finito e de extrema importância para a sobrevivência dos seres vivos. No entanto, a prática de atividades antrópicas afeta diretamente a cobertura vegetal de uma bacia hidrográfica, ou seja, é um fator que influencia no seu regime hidrológico e, por conseguinte, na qualidade e quantidade deste recurso tão importante. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi a análise da influência da variação do uso da terra e cobertura vegetal nativa no regime hidrológico da bacia hidrográfica em estudo, no decorrer dos anos de 1997, 2007 e 2015. A área de estudo é a bacia hidrográfica do rio Perdizes, localizada na mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, Minas Gerais. Foram utilizados dados de estações pluviométricas e fluviométricas disponibilizados pela Agência Nacional das Águas (ANA). Estes dados foram interpolados para a obtenção de médias anuais dos dados de precipitação e vazão média e para o cálculo da resposta hidrológica. Quanto a variabilidade da precipitação, foi observado que a média dos dados apresentou seu maior valor, em 1997, correspondendo a 1498,88mm, em 2007, obteve um declínio para 1212,17mm, porém, em 2015, a precipitação apresentou um crescimento, passando a representar um valor de 1359,27mm. Em relação aos dados fluviométricos, a média da vazão média interpolada, em 1997, apresentou um valor de 110,89 m<sup>3</sup>/s, em 2007 houve um aumento, passando a ser 139,89 m<sup>3</sup>/s. No entanto, em 2015, a quantidade de vazão diminuiu, representando apenas 78,66 m<sup>3</sup>/s. Para obter informações sobre a variação do uso da terra e da cobertura vegetal nativa utilizou-se imagens do satélite *Landsat* referentes aos anos em análise, a partir de uma classificação supervisionada. Elaboraram-se mapas de uso da terra e cobertura vegetal nativa a fim de observar a sua variabilidade. Foi observado que, na BHRP, predominam áreas dedicadas a pastagem e agricultura, atividades típicas da mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba. Sendo que, no ano de 2015, esta classe de uso chegou a representar 72,6 % da área de estudo. Em 2007, foi identificada a ocorrência de desmatamento com uma redução de 5,57% nas áreas de cobertura vegetal nativa, já em 2015, houve um acréscimo de 0,06% em sua área em relação ao valor obtido no ano de 2007. Este trabalho permitiu ainda observar a influência das variações em cobertura vegetal nativa nas variáveis hidrológicas através do cálculo do coeficiente de correlação. Porém, só houve correlação considerável com a variável de precipitação, no qual o coeficiente de correlação apresentou o valor de 0,863113 indicando alta correlação.

**Palavras-chave:** Estações hidrológicas. Análise Multitemporal. Sensoriamento Remoto.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>7</b>
<b>2.1</b>	<b>Bacia Hidrográfica</b> .....	<b>7</b>
<b>2.2</b>	<b>Pluviometria e Fluviometria</b> .....	<b>8</b>
2.2.1	Interpolação dos dados .....	9
<b>2.3</b>	<b>Sensoriamento Remoto</b> .....	<b>10</b>
2.3.1	Comportamento espectral da vegetação.....	12
<b>2.4</b>	<b>Processamento digital de imagens</b> .....	<b>12</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>13</b>
<b>3.1</b>	<b>Caracterização da área de estudo</b> .....	<b>13</b>
<b>3.2</b>	<b>Material</b> .....	<b>15</b>
<b>3.3</b>	<b>Métodos</b> .....	<b>15</b>
3.3.1	Aquisição e pré-processamento das imagens .....	16
3.3.2	Mapeamento e quantificação das áreas das classes por classificação supervisionada	17
3.3.3	Dados pluviométricos e fluviométricos.....	17
3.3.4	Resposta Hidrológica.....	20
3.3.5	Análise da correlação das variáveis.....	20
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>20</b>
<b>4.1</b>	<b>Mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal nativa</b> .....	<b>20</b>
<b>4.2</b>	<b>Interpolação dos dados pluviométricos e fluviométricos</b> .....	<b>25</b>
<b>4.3</b>	<b>Comparação das variáveis hidrológicas com a Cobertura Vegetal Nativa</b> .....	<b>29</b>
<b>4.4</b>	<b>Análise do coeficiente de correlação</b> .....	<b>32</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>34</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>36</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A água é de extrema importância para a sobrevivência dos seres vivos, afinal é um elemento constituinte das mais diversas matérias. Porém, sua disponibilidade é irregular o que acarreta problemas como a escassez de água potável para o consumo.

Como a distribuição dos recursos hídricos é desigual pelas diversas regiões do planeta, portanto, se torna mais necessária ainda ter uma preocupação com a qualidade e quantidade de água disponível para a população de um determinado local.

Foi observado por Silva (2014), que o consumo de água ocorre principalmente pela população e na execução de atividades, tais como, a agricultura e indústria. Porém, a utilização desenfreada e inconsciente deste recurso pode vir a ocasionar problemas ambientais como a perda da biodiversidade e sérios prejuízos aos recursos hídricos.

Devido à importância da água para todos os seres do planeta Terra, foi realizado nesta pesquisa um estudo sobre a variação do uso da terra e cobertura vegetal nativa na sua relação com a variabilidade hídrica da Bacia Hidrográfica do Rio Perdizes (BHRP). A bacia hidrográfica está situada na mesorregião Triângulo Mineiro/ Alto Parnaíba. Esta região se caracteriza como sendo uma área suscetível ao desenvolvimento de atividades agropecuárias, que, constantemente, causam alterações no uso da terra, afetando, conseqüentemente, na distribuição e quantificação de áreas com cobertura vegetal nativa.

Diversos fatores podem estar relacionados a variabilidade hídrica, um destes fatores é variação da cobertura vegetal que pode vir a influenciar no regime hidrológico. A ocorrência de mudanças na vegetação e no uso da terra, por consequência, é capaz de ocasionar mudanças no regime de precipitações o que acarreta, conseqüentemente, alterações na vazão, afetando na resposta hidrológica.

Portanto, a hipótese desta pesquisa baseia-se no fato de que há influência da cobertura vegetal nativa no regime hidrológico da Bacia Hidrográfica do Rio Perdizes. Para isto, foi observada a variação cobertura vegetal da bacia hidrográfica nos anos de 1997, 2007 e 2015 correlacionando com a variabilidade do regime hidrológico como a precipitação e a vazão presente na bacia hidrográfica em estudo, no mesmo período.

Dentro deste contexto, a pesquisa proposta apresenta os seguintes objetivo geral e específicos, descritos a seguir.

Objetivo geral:

Analisar a influência da variação do uso da terra e cobertura vegetal nativa no regime hidrológico da bacia hidrográfica em estudo, no decorrer dos anos em análise.

Objetivos específicos:

- Elaborar mapas sobre o uso da terra e cobertura vegetal nativa na BHRP, para os anos de 1997, 2007 e 2015;
- Elaborar mapas de interpolação de dados pluviométricos e fluviométricos para a área de estudo;
- Observar se houve correlação da variação do uso da terra e cobertura vegetal nativa com a variabilidade hidrológica da bacia hidrográfica estudada.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Bacia Hidrográfica**

A água é um bem natural essencial para a ocorrência da vida no planeta Terra, portanto, é de extrema importância a realização de estudos sobre as variáveis que influenciam em sua disponibilidade.

Para que se realizem análises sobre este elemento, bem como o seu comportamento em determinada região, são utilizadas como objeto de estudo os elementos pertencentes a uma determinada bacia hidrográfica. Segundo Garcez e Alvarez (1998), elementos topográficos, geológicos, geomorfológicos, pedológicos, térmicos e a cobertura vegetal estão intrinsicamente relacionados com o comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica.

Pode-se afirmar que principalmente a cobertura vegetal e o uso da terra em uma bacia são de extrema influência, sendo muito importante a realização de estudos para analisar o comportamento destas variáveis, bem como a influencia de alterações no regime hidrológico.



A bacia hidrográfica, área de estudo desta pesquisa, é caracterizada, segundo Garcez e Alvarez (1998, p.43), como “uma área definida e fechada topograficamente num ponto do curso de água, de modo que toda vazão afluyente possa ser medida ou descarregada através desse ponto”.

A bacia hidrográfica é uma área de captação natural da água da precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, seu exutório. A bacia hidrográfica compõe-se basicamente de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar um leito único no exutório (SILVEIRA, 1993, p. 40).

Uma bacia hidrográfica pode ser considerada como área de estudo quando o objeto de estudo está relacionado a condições e elementos que nela estão presentes. Cada bacia hidrográfica possui características únicas, portanto um estudo realizado em um determinado local não significa que serão obtidos os mesmos resultados para outra bacia diferente, isto devido a particularidade de seus componentes presentes em cada uma delas.

## **2.2 Pluviometria e Fluviometria**

Para análise do comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica, podem ser analisadas diversas variáveis. Dentre elas temos a precipitação e vazão de cursos d'água dentro das imediações da bacia.

Segundo Garcez e Alvarez (1998, p. 57), precipitações atmosféricas se caracterizam como um “conjunto de águas originadas do vapor de água atmosférico que cai, em estado líquido ou sólido, sobre a superfície da terra.”

As medidas sobre a quantidade de precipitação atmosférica são chamadas de medidas pluviométricas, estas medidas são realizadas através da quantificação da água que precipitou em um determinado local de coleta. O escoamento superficial está relacionado intensamente com o fator de precipitação, afinal é necessária a precipitação para que este ocorra, inferindo consequentemente na vazão resultante.

A fluviometria se refere a métodos que se dedicam a quantificação de dados referentes a nível, velocidade e vazão de um curso d'água. Assim, a vazão ou descarga é definida de acordo com Garcez e Alvarez (1998, p. 215) como sendo: “a relação entre o volume escoado e

o intervalo de tempo em que escoar; é igual ao produto da velocidade média pela área da seção. Pode referir-se, também a valores instantâneos ou a valores médios de certos períodos”.

Outra variável pode ser obtida por intermédio da relação entre a precipitação e a vazão, esta variável é denominada por resposta hidrológica. Segundo Hewlett (1982 apud ALMEIDA *et al.*, 2009) a resposta hidrológica pode ser definida como a quantidade produzida de água de uma bacia, para a obtenção desta quantidade é feita a razão entre os dados de vazão pelos de precipitação.

Dados pluviométricos e fluviométricos são medidos praticamente em todo o território brasileiro e são de extrema importância para os mais diversos estudos, como para a parte ambiental e para a agricultura. Estes dados são quantificados e disponibilizados por órgãos governamentais e são de acesso livre para a população.

A Agência Nacional das Águas (ANA) se caracteriza como uma agência reguladora do Ministério do Meio Ambiente. Segundo Brasil (2000), a ANA foi criada para ser a “entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, integrante do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos” (Lei 9984/2000).

A ação da ANA se baseia na regulamentação de acesso e uso de recursos hídricos e no monitoramento de dados hidrometeorológicos. Auxilia ainda na implementação da Política Nacional de recursos hídricos e participa na realização de planejamentos relacionados a esta área.

Para obter os dados provenientes da ANA, basta acessar o Portal hidroweb através do endereço <<http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/apresentacao.jsf>>. Este site funciona como um banco de dados no qual é disponibilizado de forma gratuita dados pertencentes a Rede Hidrometeorológica Nacional.

### 2.2.1 Interpolação dos dados

A interpolação é um método muito utilizado para a obtenção de dados para pontos dos quais não se tem o conhecimento sobre os seus reais valores, permitindo assim a observação do comportamento de variáveis de uma área de estudo. Ela permite espacializar o comportamento das mais diversas variáveis como, por exemplo, as hidrometeorológicas. Existem diversos métodos de interpolação, dentre eles o de *Krigagem*, Inverso da potência da distância, *Spline* e *Topo to Raster*, estes são os mais comuns quando se trata de estudos sobre a pluviometria.

Neste trabalho o método abordado foi o *Spline*, método este que possui características de estimar valores de forma mais suavizada em relação aos outros métodos. De acordo com Soares, Francisco e Senna (2014), este interpolador ajusta uma superfície por intermédio de uma curvatura mínima que leva em consideração todas as amostras. Para tanto, durante a interpolação é realizada a divisão do intervalo de dados em diversos subintervalos interpolando assim com polinômios de menor grau.

### **2.3 Sensoriamento Remoto**

O sensoriamento remoto permitiu um grande avanço na análise dos elementos da superfície Terrestre, afinal, ele permite a obtenção de medidas sobre objetos e áreas extensas de forma ampla e relativamente rápida se comparado com outros métodos.

Segundo Florenzano (2011), a palavra sensoriamento se refere ao procedimento que permite obter informações sobre alvos que emitem ou refletem energia eletro magnética. Enquanto o termo remoto, se refere à forma de obtenção de tais informações que é sem contato físico entre o sensor e o objeto alvo.

Rosa (2009), o sensoriamento remoto pode ser definido como uma forma de obtenção de informações sobre alvos e objetos sem que haja de fato um contato físico com o elemento de estudo. Tais informações são obtidas através de ondas de radiação eletromagnética advindas de fontes naturais como o Sol ou artificiais como os radares.

A forma de aquisição dos dados de Sensoriamento remoto é realizada por intermédio de um equipamento denominado de Satélite. Rosa (2009, p. 97) definiu que para o Sensoriamento Remoto, o satélite é “um engenho colocado em órbita pelo homem de forma a obter informações da Superfície da Terra ou de outro astro.”

O desenvolvimento de satélites permitiu a humanidade obter um amplo conhecimento principalmente sobre fatores relacionados ao planeta Terra. Moreira (2012, p. 138), relacionou que os satélites são agrupados de acordo com os objetivos de sua missão, podendo ser eles “militares, os científicos, os de comunicação, os meteorológicos, e os de recursos naturais ou de observação da terra”. Com isto, por intermédio destas missões foi possível o desenvolvimento de técnicas para o monitoramento do clima, o monitoramento ambiental e ainda o desenvolvimento das técnicas de posicionamento terrestre.

Dentre os satélites para monitoramento dos recursos terrestre se destaca o sistema *Landsat*, que foi criado pela NASA, e cujos produtos serão utilizados nessa pesquisa. Rosa (2009, p. 97) apontou que o grande objetivo deste sistema é a “aquisição de dados espaciais, espectrais e temporais da superfície Terrestre, de forma global, sinóptica e repetitiva”.

No entanto, diversos fatores estão ligados a obtenção de dados por intermédio do sensoriamento remoto. De acordo com Rosa (2009, p.17), estes fatores são a “radiação eletromagnética, fonte da radiação, efeitos atmosféricos, comportamento espectral dos alvos e sistema sensor.”

De acordo com Rosa (2009, p.18), “a radiação eletromagnética é definida como sendo a forma de energia que se move à velocidade da luz, seja em forma de ondas ou partículas eletromagnéticas, e que não necessita de um meio material para se propagar”.

Moreira (2012) assinalou que a radiação eletromagnética pode ser advinda de qualquer fonte de energia que possa ser mensurada e analisada ao se transformar em um produto. Porém, para o estudo de recursos naturais, a fonte de energia de interesse para o sensoriamento é a solar. Rosa (2009) constatou que a realização da propagação da radiação eletromagnética ocorre de forma interativa com superfícies e alvos, sendo assim, estes elementos que interatuam com a radiação podem refletir, absorver ou emitir radiação.

Segundo Rosa (2009), ao adquirir observações por sensores remotos, o sinal obtido entra em contato com a atmosfera antes de atingir o sensor, influenciando diretamente no sinal medido. Dentre os processos que afetam a propagação temos a absorção, que ocorre devido a absorvimento da radiação eletromagnética por alguns de seus componentes.

Moreira (2012, p.45) citou que, os componentes que realizam a absorção são moléculas de gases e vapor de

ozônio ( $O_3$ ) e oxigênio( $O_2$ ), responsáveis pela absorção da radiação na região na região do ultravioleta; vapor de água, dióxido de carbono ( $CO_2$ ) e óxido nitroso( $N_2O$ ), dentre outros, responsáveis pela absorção da radiação solar pode ser mais ou menos absorvida pelos constituintes da atmosfera.

De acordo com Rosa (2009) os locais no espectro eletromagnético pelos quais a atmosfera pouco absorve a radiação são denominados por janelas atmosféricas. Estas janelas que permitem o desenvolvimento da maioria das atividades de Sensoriamento Remoto.

Outra característica que influencia na propagação da radiação eletromagnética é o espalhamento, que pode ser de três formas, espalhamento *Rayleigh*, o Mie e o Não seletivo. Cada tipo de espalhamento ocorre de forma diferente, afinal, ele é resultante da interação da radiação eletromagnética com as partículas presentes na atmosfera. Ao interagir com os componentes da atmosfera, parte da radiação é espalhada, resultando, por exemplo, na coloração azul do céu ou na cor branca das nuvens.

### 2.3.1 Comportamento espectral da vegetação

Cada alvo utilizado em observações com instrumento do Sensoriamento Remoto possui um comportamento diferente com a radiação eletromagnética. Assim, este comportamento é denominado de comportamento espectral. Rosa (2009, p.41) registrou que “o comportamento espectral de um alvo pode ser definido como sendo a medida da refletância deste alvo, ao longo do espectro magnético”.

A quantidade de refletância de uma vegetação envolve os mais diversos fatores, Rosa (2009) assinalou as seguintes características: condições atmosféricas, espécie, solo, índice de área foliar, estado fenológico, biomassa, características físicas e os componentes presentes na folha, tipo de sistema sensor e cobertura da copa. Portanto para obter um estudo de qualidade sobre os dados de uma vegetação deve se considerar todos estes fatores. Com a realização de análises sobre uma vegetação podem ser inferidas diversas outras informações a ela relacionadas.

Para o estudo do comportamento de uma vegetação através do sensoriamento remoto, deve-se levar em conta, de acordo com Moreira (2012), que as comunidades de vegetação podem ser de forma heterogênea, quando possui as mais diversas espécies e diferentes portes, constituindo as matas naturais ou comunidades homogêneas que se referem a plantações.

## 2.4 Processamento digital de imagens

O processamento digital permite uma diversa gama de utilizações das informações advindas de imagens. Portanto, esta área caminha lado a lado com o Sensoriamento remoto,

dando suporte para a realização de obtenção de informações e análise de medidas advindas por intermédio de sensores.

Gonzales e Woods (2010, p.01), definiram que o processamento digital de imagens engloba “processos cujas entradas e saídas são imagens e, além disso, envolve processos de extração de atributos de imagens até - e inclusive- o reconhecimento de objetos individuais.”

Para a realização de um processamento de imagens, são definidas três etapas, são elas o pré-processamento, técnicas de realce e técnicas de classificação. Menezes e Almeida (2012), afirmaram que quando se deseja obter informações sobre uma imagem, geralmente é necessário que se aplique correções, tais correções se referem a parte de pré-processamento, que são utilizadas para eliminar ou reduzir os erros presentes, melhorando assim a qualidade visual da imagem. Estas correções podem ser radiométrica, atmosférica ou geométrica.

Outra etapa do processamento de imagens se refere a técnicas de realce das imagens, geralmente este procedimento se resume na aplicação de realce de contraste a fim de melhorar a qualidade dos elementos observados a partir das peculiaridades de suas características. Esta técnica pode ser subdividida em duas formas as de domínio espectral; na qual o realce é realizado de forma que o contraste de cada pixel seja aumentado em relação ao pixel vizinho; também há das de domínio espacial no qual o realce é realizado de forma dependente entre um pixel e seus vizinhos.

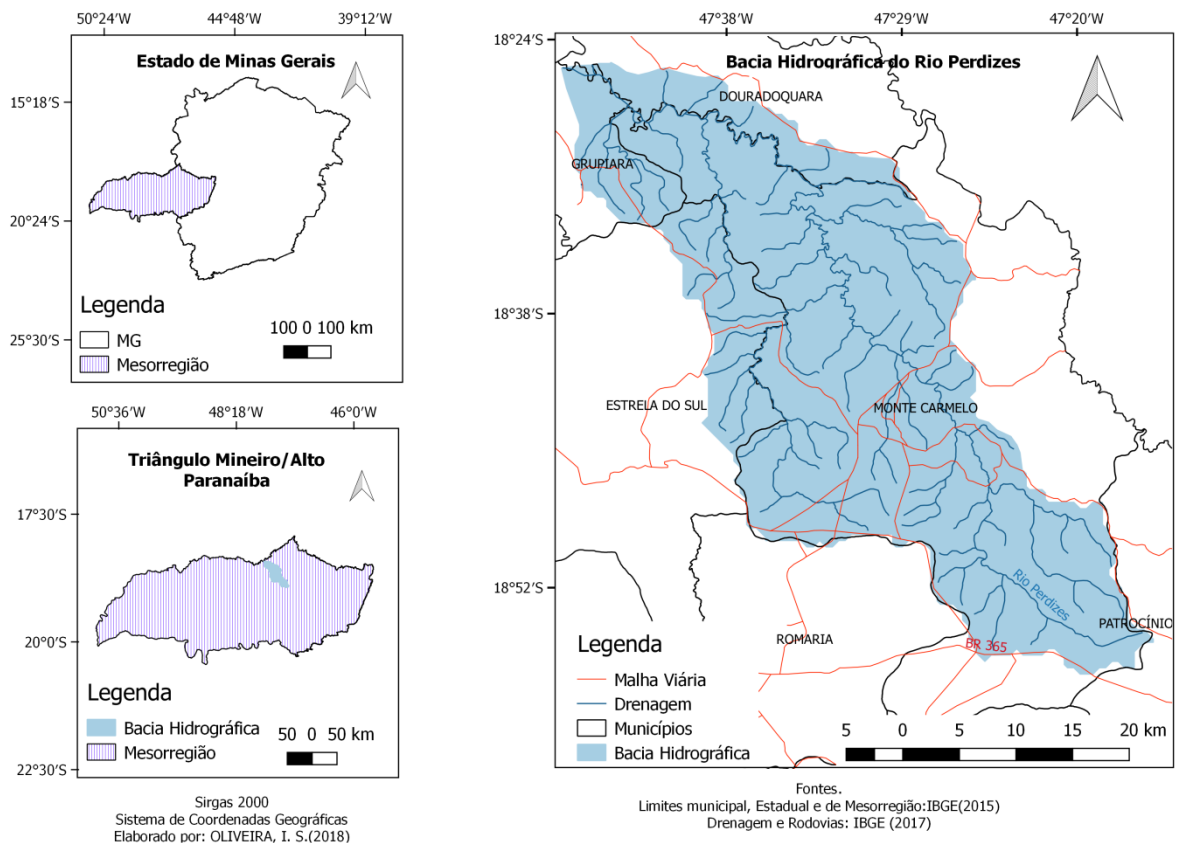
A outra etapa do processamento digital se refere as formas de classificação das imagens digitais. Tais técnicas, segundo Menezes e Almeida (2012), possibilitaram que o processo de classificação se tornasse de forma mais fácil, exigindo menos esforço de quem analisa a imagem e ao mesmo tempo elimina erros de interpretação. Existem dentre os tipos de classificação em uma imagem, uma delas é a classificação supervisionada, tal classificação é uma técnica realizada de forma automática pelo computador, somente permite o auxílio do usuário para realizar a especificação dos parâmetros, ou seja, áreas de treinamento, para que ocorra a classificação.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Caracterização da área de estudo**

Esta pesquisa foi realizada para a área referente a bacia hidrográfica do Rio Perdizes (Figura 1), que possui uma extensão de aproximadamente 1228.81 km<sup>2</sup>, abrangendo os municípios de Monte Carmelo, Grupiara, Douradoquara e Estrela do Sul, pertencentes a mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba.

**Figura1 - Mapa de Localização da área de Estudo**



**Elaboração:** A autora.

De acordo com Novais (2011), o clima da mesorregião, na classificação de Köppen, compreende as classes Aw, Cwa e Cdb. Estas correspondem, respectivamente, ao clima tropical com estação seca de inverno, clima temperado úmido com inverno seco e verão quente e clima temperado úmido com inverno seco e verão temperado.

Ainda, segundo Novais (2011), a vegetação presente no Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba se caracteriza, em sua maioria, pertencente ao bioma Cerrado e pequenas áreas

pertencentes a Mata Atlântica, caracterizada por florestas estacionais semidecíduas, predominando os solos do tipo latossolo.

Dentro desta bacia hidrográfica, o principal curso d'água é o Rio Perdizes, nela se encontram também o Córrego Santa Bárbara, Córrego Troncos, Ribeirão dos Macacos, Córrego do Mateus, Córrego Mumbuca, Ribeirão Buriti e o Ribeirão do Areado.

### 3.2 Material

Para a realização das etapas deste trabalho, foram necessários os seguintes dados e materiais:

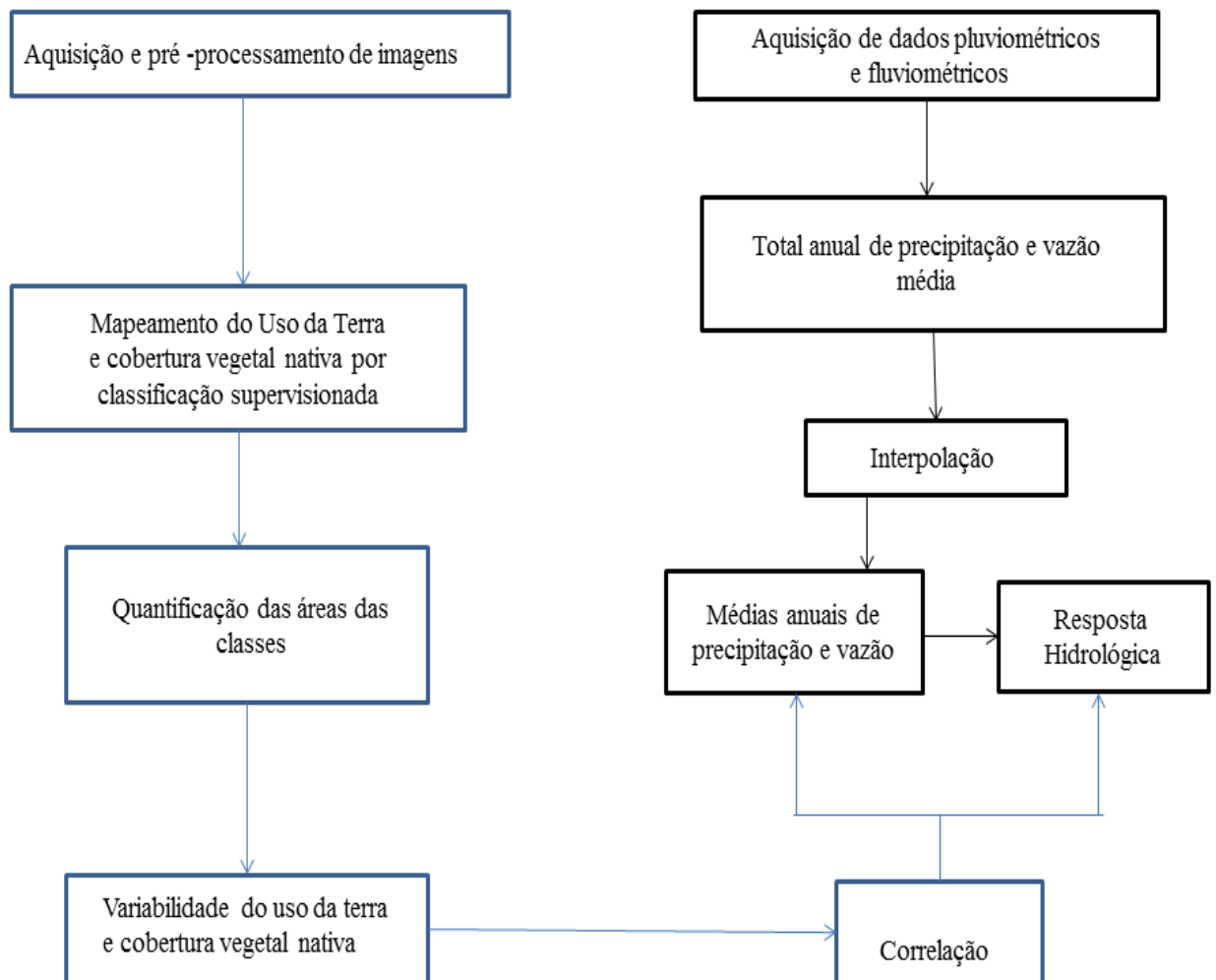
- Imagens dos satélites *Landsat 5* para o ano de 1997 e 2007 e *Landsat 8* para o ano de 2015, disponibilizadas pelo INPE;
- Série Histórica de precipitação, disponibilizados pela ANA;
- Série Histórica de vazão, disponibilizados pela ANA;
- *Software Livre Qgis*;
- *Software Arcgis*, com licença disponibilizada no laboratório de SIG e Geoprocessamento, da Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo;
- *Software Envi*, com licença disponibilizada no laboratório de SIG e Geoprocessamento, da Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo.

### 3.3 Métodos

Para a realização deste trabalho, foi elaborado o fluxograma presente na **Figura 2**, no qual se encontram as etapas dos procedimentos realizados neste trabalho.



**Figura 2** - Fluxograma de execução dos procedimentos



**Elaboração:** A autora.

### 3.3.1 Aquisição e pré-processamento das imagens

Foi realizado um mapeamento sobre uso da terra e cobertura vegetal nativa na região de estudo, referente aos anos de 1997, 2007 e 2015. Para isto, foram baixadas do site do INPE imagens dos satélites *Landsat 5*, para o ano de 1997 e 2007, e *Landsat 8*, para o ano de 2015, para a região em estudo.

Posteriormente, utilizando o software ENVI, criou-se uma composição de falsa cor através da ferramenta *Layer Staking*, ferramenta que permite empilhar as imagens utilizadas,

resultando na composição falsa cor. Para as imagens do *Landsat 5*, a composição RGB utilizou-se das bandas 5, 4 e 3, respectivamente. Já para a imagem do *Landsat 8* a composição foi realizada, respectivamente, com as bandas 6, 5 e 4.

As imagens advindas do *Landsat 5* foram submetidas ao processo de registro, processo pelo qual através de uma imagem que esteja corretamente referenciada é realizada a correção nas outras imagens. Tal procedimento foi realizado por intermédio de uma ferramenta do software *Qgis* denominada Georreferenciador que georreferenciou as imagens de 1997 e 2007 com base em pontos de controle de uma imagem já georreferenciada a referente ao ano de 2015. O próximo procedimento realizado foi efetuar um recorte na imagem para que ela fique de tamanho da bacia hidrográfica de estudo, para isto foi utilizado a ferramenta Recorte presente em Raster/Extrair/Recorte.

### 3.3.2 Mapeamento e quantificação das áreas das classes por classificação supervisionada

Com as imagens já devidamente adequadas para a área de estudo realizou-se uma classificação supervisionada com o *software* ENVI. Neste procedimento, selecionou-se amostras nas imagens para que o algoritmo de classificação pudesse reconhecer padrões nas imagens de acordo com as amostras fornecidas. Para isto, foi utilizado tipo de classificação de Máxima Verossimilhança, presente no menu *Classification/Supervised/Maximum Likelihood*. Esta classificação criou as classes referentes a água (AG), áreas de cobertura vegetal nativa (CN), pastagens e agricultura (PA) e solo exposto e áreas urbanizadas (SA).

Concretizada a classificação, os dados foram transformados pelo software *Arcgis* para o formato vetorial pela ferramenta *Conversion Tools/From Raster/Raster to Polygon*. A transformação para o formato vetorial foi necessária, possibilitando assim realizar a quantificação das áreas das classes. Para isto foi criado um campo na tabela de atributos no formato *float*, para receber os valores das áreas dos polígonos, e tal área foi calculada pela ferramenta *Calculate Geometry*, também presente no *Arcgis*.

### 3.3.3 Dados pluviométricos e fluviométricos

Os dados referentes a fluviometria e pluviometria foram baixados no site da ANA. Para isto, foram selecionadas as estações mais próximas da área de estudo nas quais não se encontravam falhas.

A partir destes dados obtidos foi realizado o cálculo da chuva anual total dos postos pluviométricos. Para os dados de vazão foi calculada a vazão média anual, todos os postos utilizados são de responsabilidade da ANA. Na **Tabela 1** se encontram todas as estações hidrometeorológicas utilizadas.

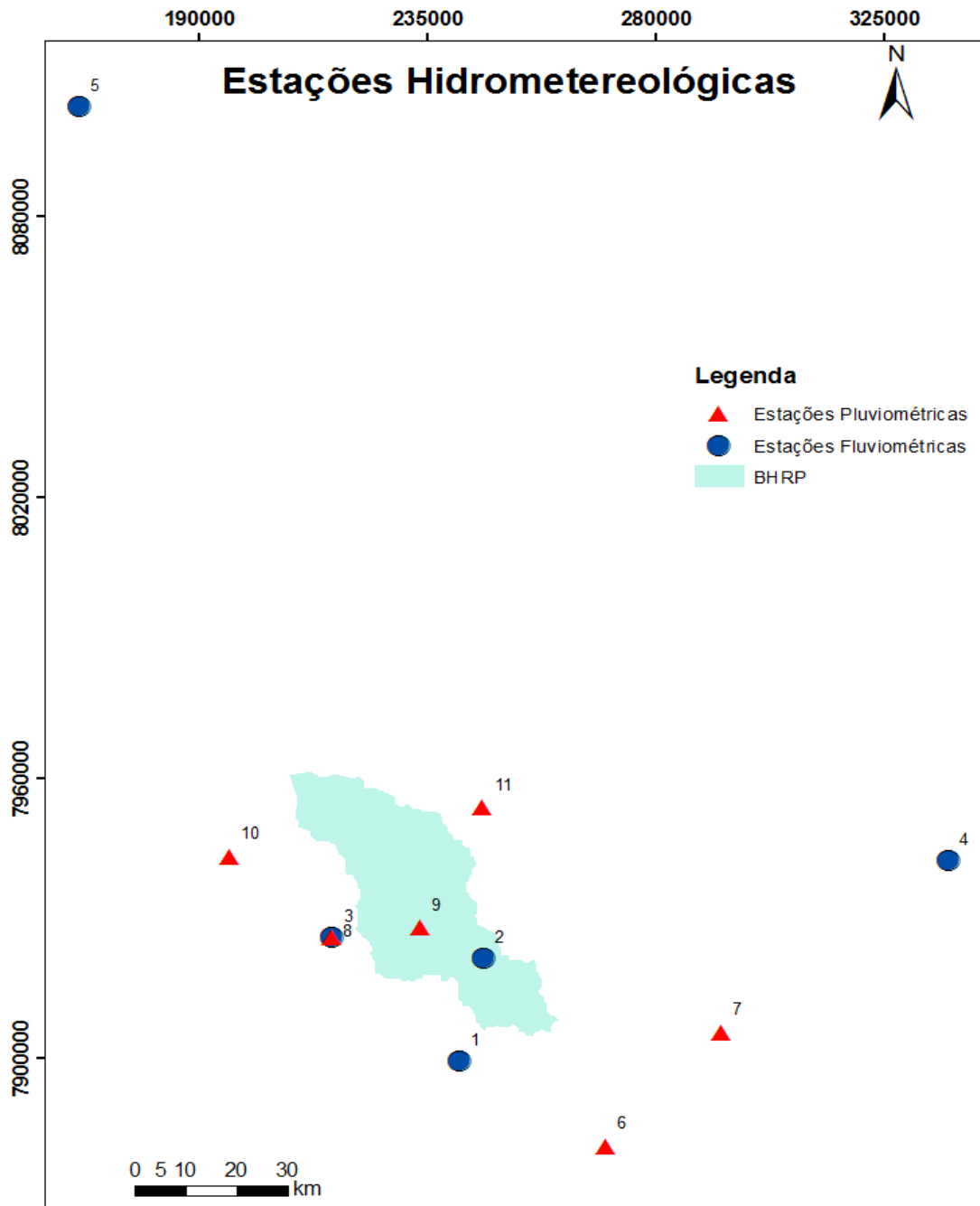
**Tabela1** - Estações utilizadas

<b>Tipo de estação</b>	<b>Código</b>	<b>ID</b>	<b>Nome</b>
<b>Fluviométricas</b>	60540000	4	Montes Claros
	60150000	3	Estrela do Sul
	60130000	2	Fazenda Cachoeira
	60145000	1	Iraí de Minas
	60110000	5	Patos de Minas
<b>Pluviométricas</b>	1847007	10	Cascalho Rico
	1847001	8	Estrela do Sul
	1847000	9	Monte Carmelo
	1947006	6	Ponte João Candido
	1847003	11	Abadia dos Dourados
	1846002	7	Charqueada do Patrocínio

**Elaboração:** A autora.

Utilizando um *shapefile* (vetor de ponto) das estações foi possível realizar a interpolação dos dados pluviométricos e fluviométricos para uma observação visual destes dados. Para isto, no arquivo de estações pluviométricas, foi adicionado um campo na tabela de atributos com o nome 'Total\_Anuar' pra receber o valor do total anual dos dados de precipitação para cada ano. Os *shapefiles* das estações utilizadas se encontram representados na **Figura 3**.

**Figura 3** – Estações Hidrometeorológicas utilizadas



SIRGAS 2000  
Sistema de Coordenadas: UTM 23S

Elaborado por:  
OLIVEIRA, I. S.(2019)

Com os dados de precipitação adicionados a shapefile, foi possível realizar a interpolação dos dados pelo Método *Spline*. Para isto foi utilizado o programa *ArcGis*, o qual contém a ferramenta *Spline* presente em *ArcToolbox/3D Analyst Tools/Raster Interpolation/Spline*. Os procedimentos para interpolação foram repetidos para os dados

pluviométricos e fluviométricos de cada ano em análise. A partir destes dados foi obtida a média da precipitação e da vazão média de cada ano, através da Ferramenta *Layer Properties/Source/Statistics*.

### 3.3.4 Resposta Hidrológica

A resposta hidrológica é um cálculo realizado por intermédio da média dos dados pluviométricos e fluviométricos interpolados. Para este cálculo foi realizada a razão entre a vazão média anual pelo total anual de precipitação. Tal procedimento foi feito para cada ano em análise, sendo quantificada a resposta hidrológica anual de cada um (HEWLETT 1982 apud ALMEIDA *et al.*, 2009).

### 3.3.5 Análise da correlação das variáveis

Nesta etapa, foram realizados cálculos a fim de realizar a verificação da correlação entre variação do uso da terra e cobertura vegetal nativa com a resposta hidrológica. A classificação do coeficiente de correlação( $r$ ) foi realizada de acordo com Hoppkins (2008 apud VANZELA *et al.*, 2010) na qual classifica que valores de  $r$  até 0,1 como muito baixa; acima de 0,1 até 0,3 como baixa ; acima de 0,3 até 0,5 como moderada; acima de 0,5 até 0,7 alta ; acima de 0,7 até 0,9 muito alta e acima de 0,9 até 1,0 como extremamente alta.

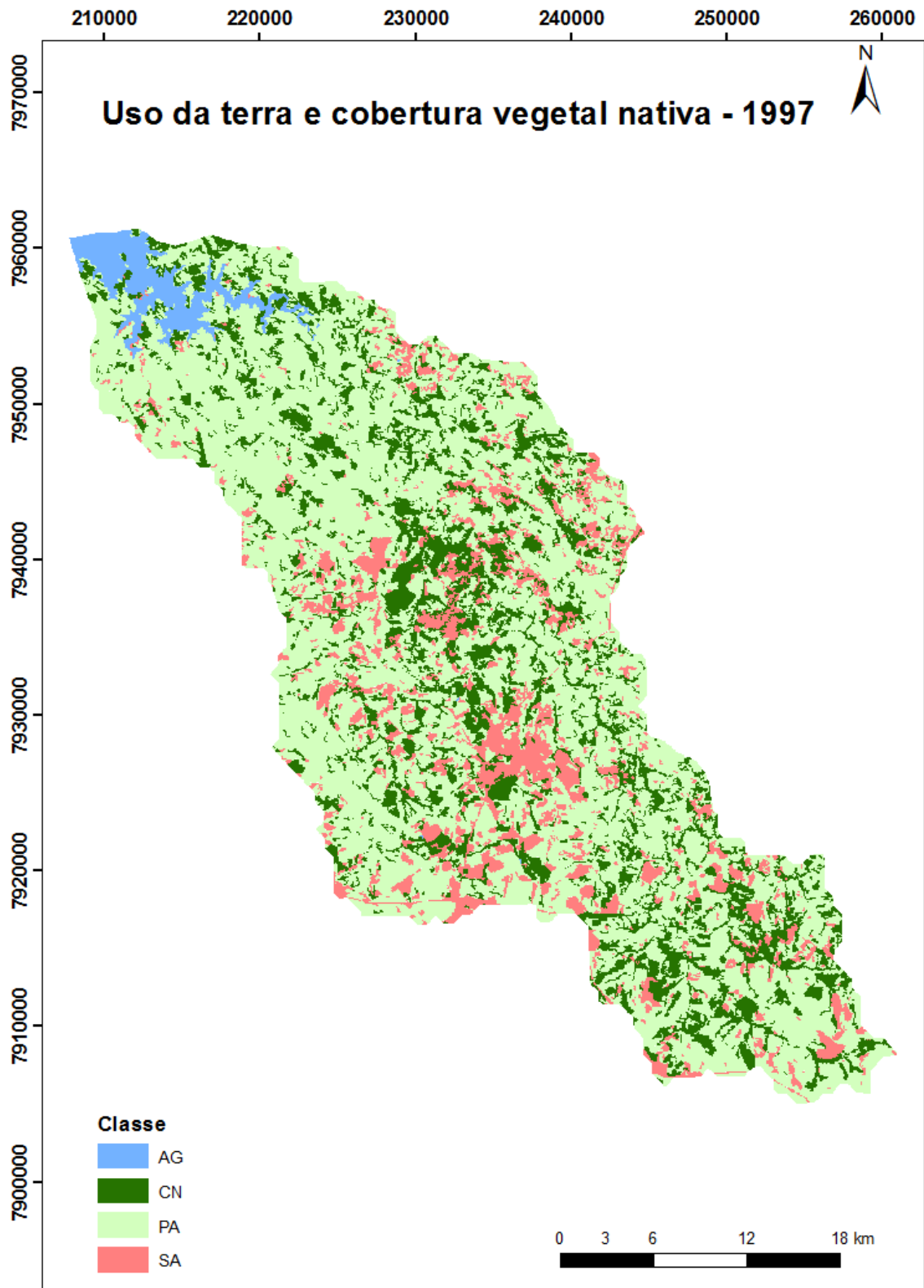
Foi analisado ainda, separadamente, se havia correlação da variabilidade do uso da terra e cobertura vegetal nativa com as variáveis de precipitação e vazão, para observar a influência direta sobre as variáveis medidas na BHRP.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Mapeamento do Uso da terra e cobertura vegetal nativa

Foram elaborados mapeamentos de Uso da terra e cobertura vegetal nativa, referentes aos anos de 1997, 2007 e 2015 sobre a área da BHRP. Estes se referem respectivamente a **Figura 4, Figura 5 e Figura 6**.

Figura 4 - Mapa das classes de uso da terra e cobertura vegetal nativa do ano de 1997



SIRGAS 2000  
Sistema de coordenadas: UTM 23 S

Fonte:  
Landsat5 (1997)

Elaborado por:  
OLIVEIRA, I. S.(2019)

Figura 5 - Mapa das classes de uso da terra e cobertura vegetal nativa do ano de 2007

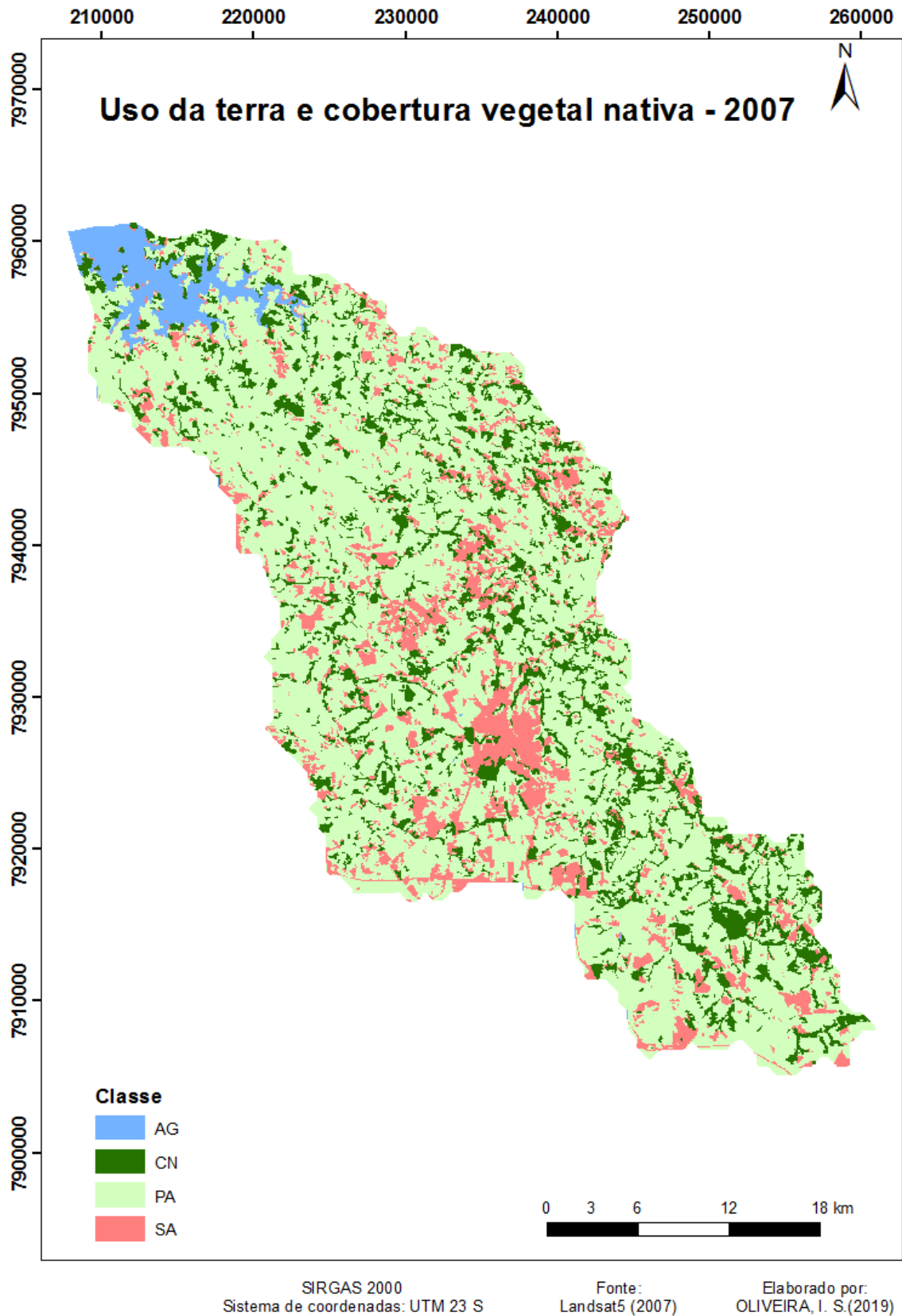
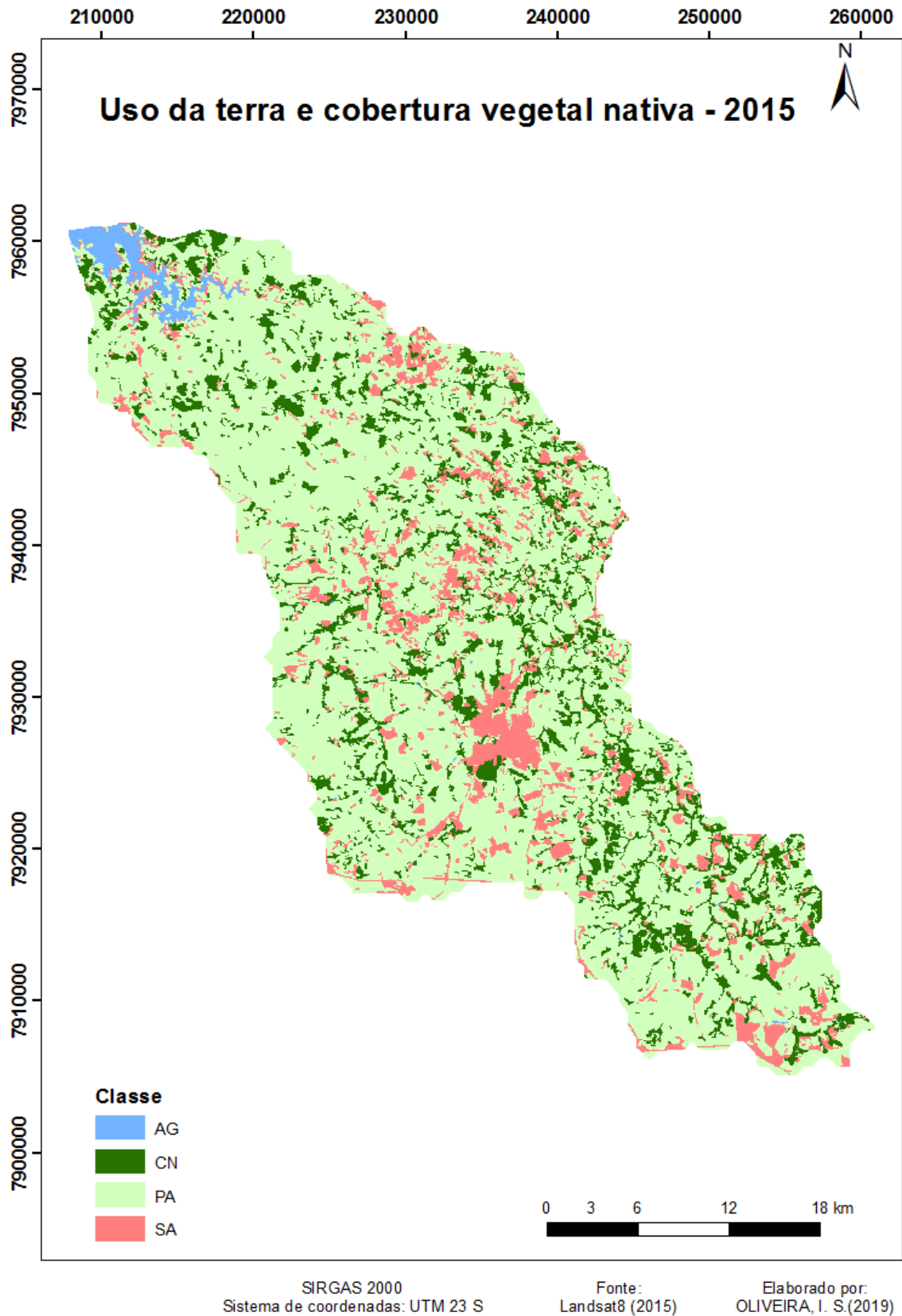


Figura 6 - Mapa das classes de uso da terra e cobertura vegetal nativa do ano de 2015





As áreas das classes mapeadas foram quantificadas, os resultados se encontram na **Tabela 2**.

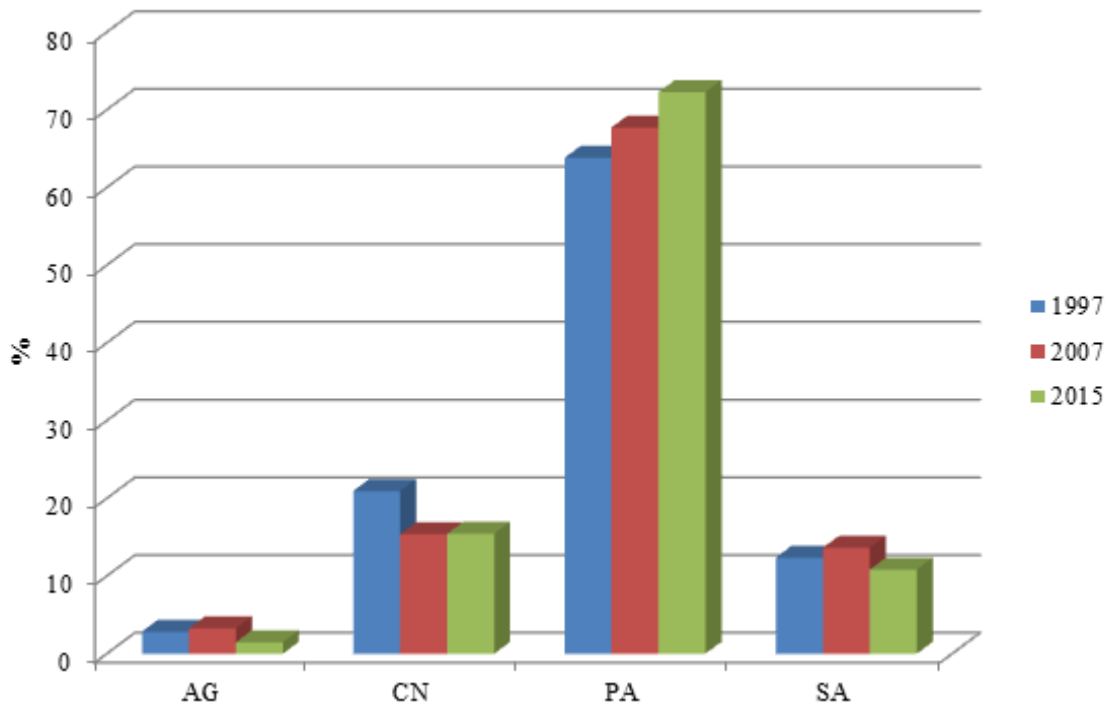
**Tabela 2** - Resultado da quantificação das áreas das classes

Classe	1997		2007		2015	
	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%
AG	35,01	2,85	40,04	3,26	18,17	1,48
CN	257,44	20,95	188,99	15,38	189,72	15,44
PA	784,17	63,82	832,25	67,73	887,81	72,26
SA	152,11	12,38	167,46	13,63	132,98	10,82

**Elaboração:** A autora.

Para a representação da quantificação das classes foi elaborado um gráfico referente a **Figura 7**.

**Figura 7** – Gráfico dos percentuais de áreas das classes da BHRP



**Elaboração:** A autora.

A partir dos dados advindos da classificação supervisionada, foi possível observar o quanto a área da BHRP sofre influência da ação humana. É perceptível que a área de estudo é praticamente agrária, afinal a classe PA, que se refere a pastagem e agricultura, sempre se

apresentou em maior percentual, em todos os anos de estudo. Em 2015, ela chegou a representar 72,26% da área de estudo. Estas são atividades típicas da mesorregião do Triângulo mineiro e Alto Paranaíba, visto a favoráveis condições topográficas e climáticas da região.

Em questão da classe AG, referente a água, é perceptível que esta teve um comportamento diferente. Em 1997, ela se encontrava representando 2,85%, em 2007, passou a representar 3,26%, porém, houve um grande decréscimo passando a representar apenas 1,48% em 2015.

A classe de CN, referente a cobertura vegetal nativa, teve também um comportamento interessante. Em 1997, a classe apresentou um maior percentual em comparação aos outros anos, porém, em 2007 sua porcentagem de representação decresceu em 5,57%, mas voltou a ter um pequeno crescimento 2015, este crescimento representou um acréscimo de 0,06% em relação ao dado de 2007.

Sobre a classe SA referente a solo exposto e área urbana pode se dizer que seu maior percentual foi em 2007, no qual a classe representava 13,63% da área da BHRP. É explicado este comportamento ao observar, por exemplo, que a área do município de Monte Carmelo se encontra bem maior em relação a 1997. Para o ano de 2015 a classe passou a representar 10,82% da área de estudo, é perceptível neste ano ao observar o decréscimo de áreas agrícolas com solo exposto.

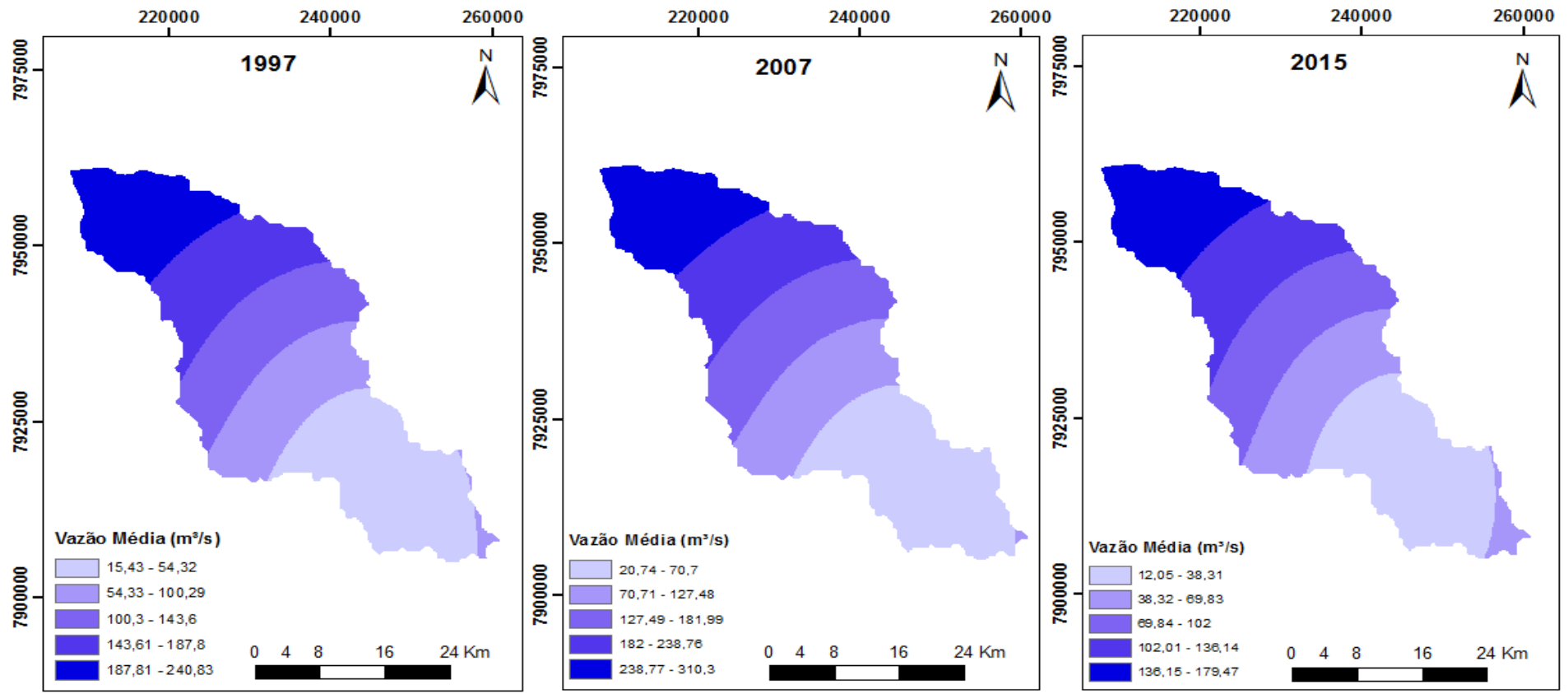
#### **4.2 Interpolação dos dados pluviométricos e fluviométricos**

Ao utilizar a técnica de interpolação de dados pluviométricos permitiu-se observar espacialmente o comportamento das variáveis pluviométricas e fluviométricas. Isto, pois os dados pontuais não representam corretamente o comportamento das variáveis dentro de uma bacia hidrográfica.

A interpolação se tornou necessária ainda mais por não conter muitas estações hidrometeorológicas dentro da BHRP. Esta técnica possibilitou, assim, a obtenção de dados sobre o comportamento das variáveis fluviométricas e pluviométricas da área em estudo. O mapa de interpolação de dados fluviométricos está representado na **Figura 8** e o mapa de interpolação de dados pluviométricos se encontram representados na **Figura 9**

Figura 8 – Mapa de Vazão Média Anual interpolada

**INTERPOLAÇÃO DE DADOS FLUVIOMÉTRICOS**



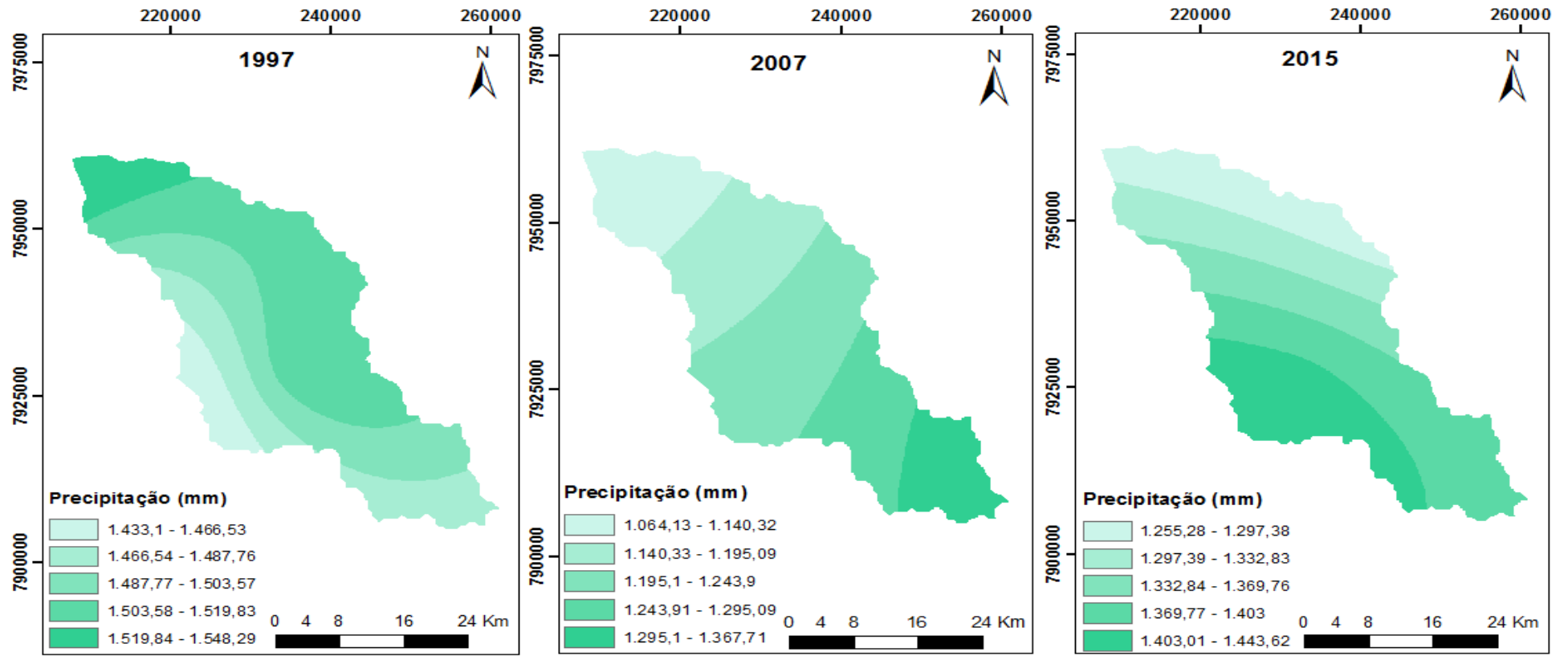
SIRGAS 2000  
Sistema de Coordenadas: SIRGAS 2000 UTM 23 S

Elaborado por: OLIVEIRA, I. S.(2019)

Fonte: ANA(2019).

Figura 9 – Mapa de Precipitação Anual interpolada

INTERPOLAÇÃO DE DADOS PLUVIOMÉTRICOS



SIRGAS 2000  
Sistema de Coordenadas: SIRGAS 2000 UTM 23 S

Elaborado por: OLIVEIRA, I. S.(2019)

Fonte: ANA(2019).

A partir da **Figura 8** e **Figura 9**, ao analisar os intervalos de valores obtidos pela interpolação, é visto que houve uma grande variabilidade tanto nos valores de vazão média, quanto nos valores de precipitação ao decorrer dos anos.

Observando a legenda na **Figura 8**, os maiores valores de vazão média interpolada são os que estão presentes no ano de 2007, os menores valores encontrados são referentes ao ano de 2015. Já ao Observar a **Figura 9**, os maiores valores de precipitação média interpolada são os que estão presentes no ano de 1997, os menores valores encontrados são referentes ao ano de 2007.

Os dados interpolados, além de auxiliarem na espacialização do comportamento das variáveis hidrometeorológicas, permitiram obter a média dos valores interpolados. Estes dados foram obtidos através da estatística do arquivo raster de interpolação dos dados. Os valores obtidos se encontram apresentados na **Tabela 3**.

**Tabela 3** – Média da interpolação do total anual de precipitação e vazão média.

<b>Dados</b>	<b>1997</b>	<b>2007</b>	<b>2015</b>
<b>Precipitação (mm)</b>	1498,88	1212,17	1359,27
<b>Vazão (m<sup>3</sup>/s)</b>	110,89	139,89	78,66

**Elaboração:** A autora.

Ao observar a **Tabela 3** é possível ver que o ano de maior precipitação foi o de 1997, no entanto no ano de 2007 apresentou um decréscimo de 286,71 mm representando o ano de menor precipitação. Em 2015, o total anual médio da precipitação voltou a aumentar, porém ainda permaneceu abaixo dos valores obtidos em 1997.

O fenômeno *El nino*, é uma variável que pode vir a intervir sobre o regime de precipitação, o Centro de Previsão de tempo e estudos climáticos do INPE (CPTEC/INPE), disponibiliza dados sobre a ocorrência deste fenômeno.

Conforme dados do CPTEC/INPE (2019), 1997 foi um ano de forte ocorrência de *El nino*, em 2007 influência moderada e, em 2015, forte influência novamente. No entanto, o site do CPTEC/INPE (2019) aponta que para a região sudeste, a qual o estado de Minas Gerais pertence, a ocorrência deste fenômeno acarreta um aumento nas temperaturas, contudo, não é observado mudanças padronizadas no regime de precipitação.

De acordo Silva, Ferreira e Brito (2012), em seus estudos realizados numa bacia hidrográfica, também pertencente ao Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, não apontou uma forte

influência na do fenômeno *El nino* na área de estudo. Portanto, na BHRP, provavelmente, não ocorre uma influência intensa deste fenômeno na variável de precipitação.

Ainda em relação a **Tabela 3**, os dados de vazão média apresentaram um maior valor em 2007, o segundo maior valor de vazão é o referente a 1997 e o menor valor foi o de 2015.

O interessante destes dados é que justamente no ano de menor precipitação foi o ano de maior vazão na bacia. O que reforça a ideia de que o comportamento de uma variável hidrometeorológica como a de vazão depende de diversos fatores. Este fato foi registrado por Ranzine (2002), segundo ele, o deflúvio em uma bacia pode ser influenciado pelo clima, a fisiografia e o uso do solo.

A partir da média dos dados pluviométricos e fluviométricos foram calculados os dados de resposta hidrológica presentes na **Tabela 4**.

**Tabela 4** – Dados obtidos de resposta hidrológica.

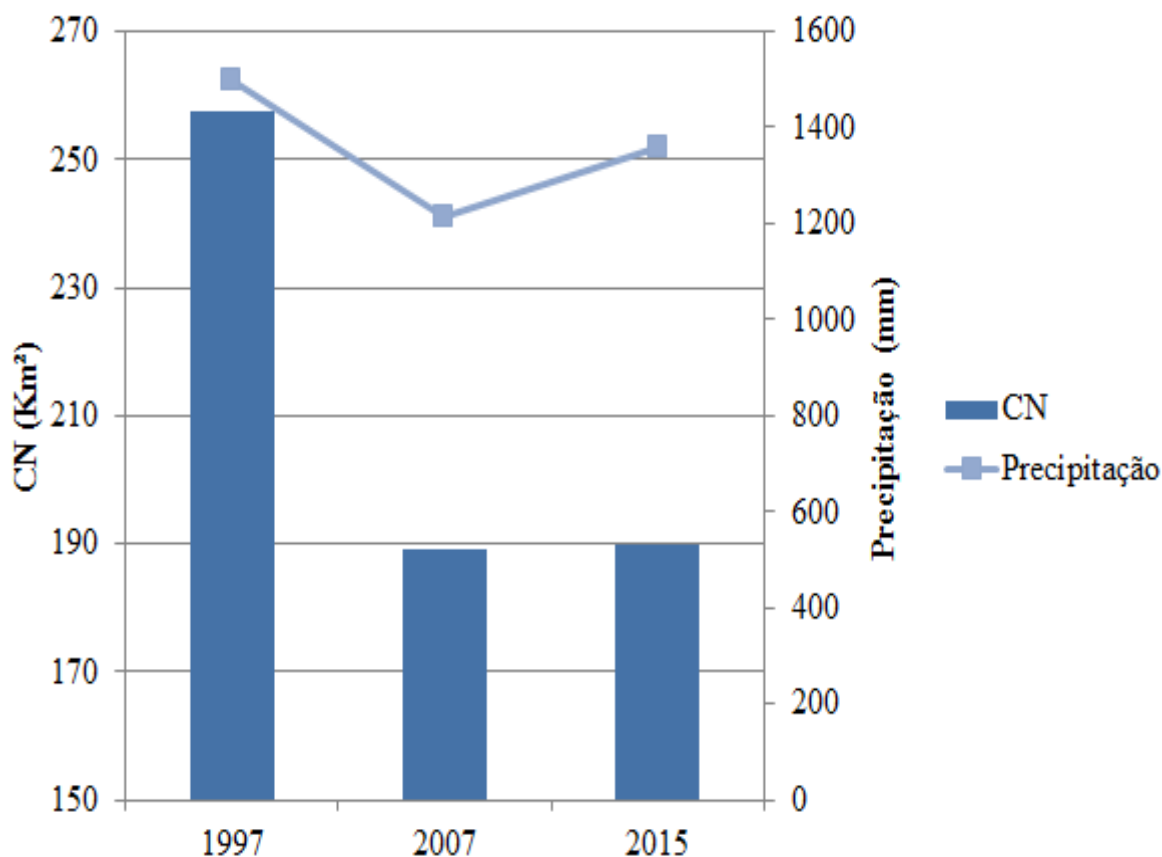
<b>Variável</b>	<b>1997</b>	<b>2007</b>	<b>2015</b>
Resposta Hidrológica (m <sup>3</sup> /s mm)	0,07398	0,11540	0,05787

**Elaborado:** A autora.

Observando a **Tabela 4** é possível inferir que o ano que apresentou maior resposta hidrológica foi o de 2007, sendo o de menor valor os dados referentes ao ano de 2015.

#### **4.3 Comparação das variáveis hidrológicas com a Cobertura Vegetal Nativa**

Foram elaborados gráficos para analisar a possível relação entre os dados hidrológicos com a Cobertura Vegetal nativa. Na **Figura 10** se encontra representado o primeiro gráfico.

**Figura 10** – Relação da média da precipitação anual interpolada x CN

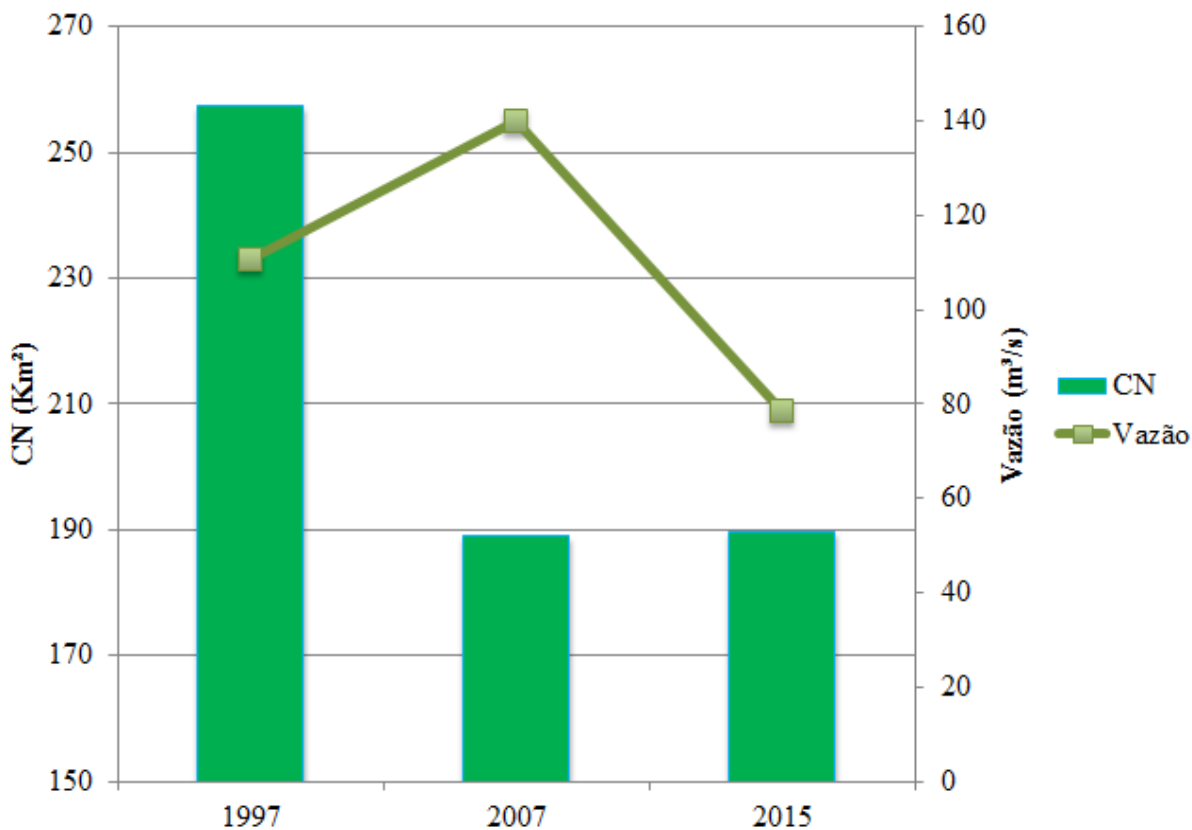
**Elaboração:** A autora.

Ao observar a **Figura 10**, é visível uma possível relação direta entre o comportamento da precipitação na BHRP com os dados de CN (cobertura vegetal nativa). Isto, pois graficamente as variáveis apresentaram um comportamento bem semelhante, acompanhando as variações no decorrer dos anos.

Na medida em que a cobertura vegetal nativa aumentou a precipitação também aumentou, quando a cobertura vegetal nativa diminuiu a precipitação também apresentou redução. Tal fato se dá possivelmente, pela redução da evapotranspiração (água transpirada pelos vegetais e evaporada a partir da interceptação pela copa da vegetação).

Na **Figura11**, se encontra o segundo gráfico comparativo entre as variáveis.

**Figura 11** – Gráfico da média de interpolação da vazão média anual x CN



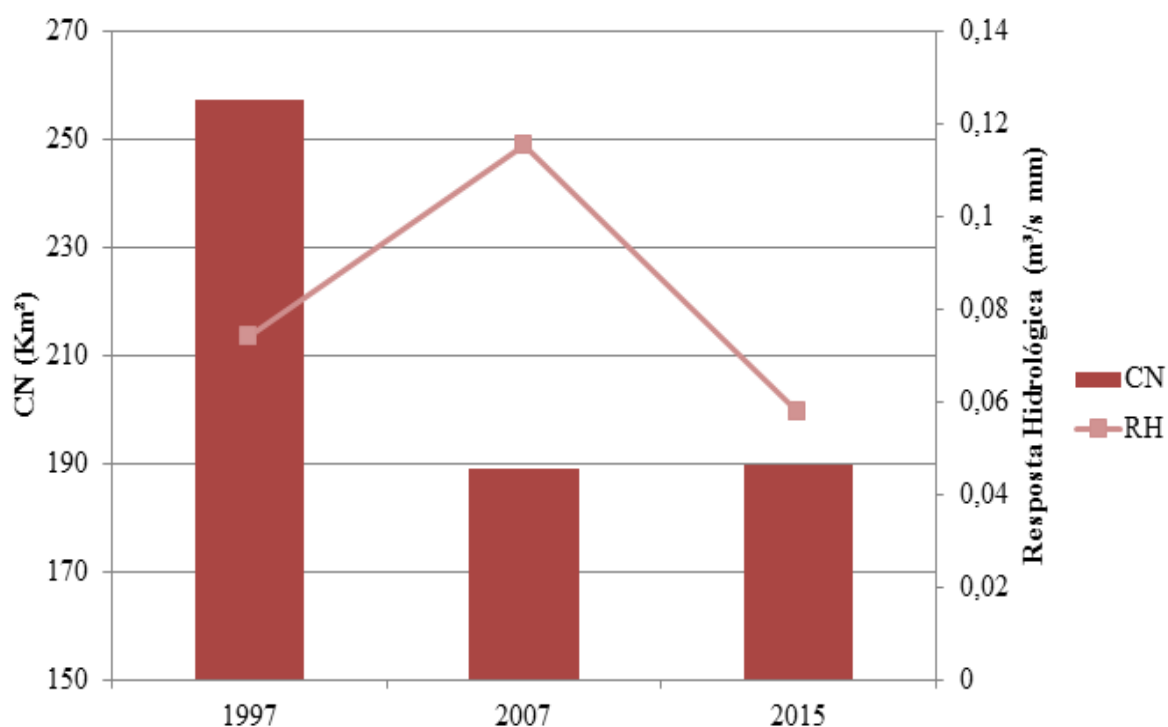
Elaboração: A autora.

Analisando a **Figura 11** não é possível observar a relação direta das variáveis, sendo observada provavelmente, uma relação inversamente proporcional.

Embora o valor de vazão média tenha aumentado, na medida em que a CN decresceu em 2007, os valores de vazão em 2015 diminuíram muito além dos valores obtido em 1997 (ano que apresentou uma maior quantidade de CN). Sendo que o esperado é que com uma maior quantidade de cobertura vegetal nativa, mais baixo seria o volume de água escoado, ocasionando por consequência, menor valor de vazão média.

Na **Figura 12** se encontra o último gráfico comparativo entre as variáveis.



**Figura 12** - Gráfico CN x Resposta Hidrológica

**Elaboração:** A autora.

Ao analisar o gráfico da **Figura 12**, também não é visível uma relação direta entre a variável de cobertura vegetal nativa e a resposta hidrológica, assim como a relação da vazão com a cobertura vegetal nativa.

#### 4.4 Análise do coeficiente de correlação

O cálculo do coeficiente de correlação foi efetuado para observar se há alguma correlação, de fato, das variáveis hidrológicas com a cobertura vegetal nativa, os valores em módulo dos coeficientes calculados se encontram apresentados na **Tabela 5**.

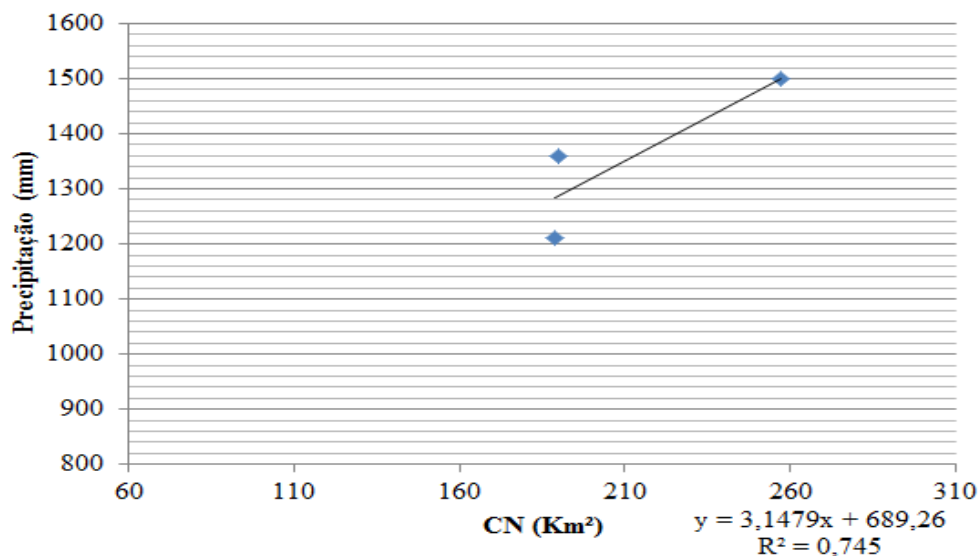
**Tabela 5** – Coeficientes de correlação (R)

Variáveis	R=	Correlação
CN x Precipitação	0,863113	Alta
CN x Vazão média	0,0211602	Muito Baixa
CN x Resposta Hidrológica	0,255186	Baixa

**Elaboração:** A autora

Somente foi constatada uma correlação considerável entre as variáveis de Cobertura Vegetal Nativa e a Precipitação, portanto foi elaborado um gráfico de dispersão (**Figura 13**) somente para a correlação destas variáveis.

**Figura 13-** Gráfico de dispersão das variáveis correlatas



**Elaboração:** A autora.

No gráfico de Dispersão representado pela **Figura 13** se encontra presente o coeficiente  $R^2$ , denominado por coeficiente de determinação. Este coeficiente demonstra que 74,5% da variabilidade Precipitação pode estar relacionada a variabilidade da Cobertura vegetal Nativa. Tucci e Clarke (1997) apontaram que há uma pequena influência do desmatamento sobre o regime de precipitação. Afinal, reduzindo a cobertura vegetal, há redução na evapotranspiração que afeta a precipitação, no entanto, em escala local, para o sistema climatológico a dependência da evaporação na área é pouca.

Um fato que explica a falta de correlação da vazão média em relação a cobertura vegetal nativa é resultante das pesquisas realizadas por Bosch e Hewlett (1982 apud TUCCI; CLARKE, 1997). Através de estudos realizados, eles inferiram que não é possível observar a influência na vazão média quando o desmatamento é inferior a 20%.

A falta de correlação com a Resposta hidrológica de acordo com Hewlett (1982 apud ALMEIDA, 2007), pode ser explicada, pois esta vem a sofrer uma maior influência de fatores geológicos do que de modificações ocorridas no uso da terra e cobertura vegetal nativa.

Por fim, outro aspecto que deve ser levado em consideração é que para a obtenção de um coeficiente de correlação mais preciso, seria necessária uma maior quantidade de amostras, a fim de identificar principalmente a presença de *outliers*.

## 5 CONCLUSÕES

É de grande preocupação para a humanidade a qualidade dos recursos hídricos, afinal, por conta de ações antrópicas a disponibilidade de água para consumo humano já não é mesma dos anos passados. Portanto, é de extrema urgência a realização de estudos sobre as variáveis hidrometeorológicas, a fim de identificar e remediar problemas que podem vir a afetar o futuro dos seres vivos. Tendo em vista a importância de estudos sobre os recursos hídricos, este trabalho foi realizado com o objetivo de analisar a influência da variação do uso da terra e cobertura vegetal nativa no regime hidrológico da bacia hidrográfica em estudo, no decorrer dos anos em análise.

Para atender o objetivo principal, foram elaborados mapas de uso da terra e cobertura vegetal nativa. Este mapeamento permitiu observar como a atividade antrópica tem influência sobre a localidade de estudo. Foi observado que, em sua maioria, a BHRP possui em predominância áreas dedicadas a pastagem e agricultura. Sendo que, no ano de 2015 esta classe chegou a representar 72,6 % da área da BHRP. Deve ser ressaltado também que, em 2007, foi identificada a ocorrência de desmatamento, afinal, houve uma redução de 5,57% nas áreas de cobertura vegetal nativa. No entanto, em 2015 foi observado o início da recuperação da CN, com um acréscimo de 0,06% em sua área em relação ao valor obtido no ano de 2007.

O mapeamento dos dados hidrológicos, por intermédio de interpolação de dados, possibilitou observar o comportamento instável, com muita variabilidade da vazão média e da precipitação durante os anos em estudo. Quanto aos dados pluviométricos a média dos dados interpolados de precipitação apresentou seu maior valor em 1997, correspondendo a 1498,88mm. No entanto esta variável, no ano de 2007, obteve um declínio de 286,71mm, porém, em 2015, a precipitação apresentou um crescimento, passando a representar um valor de 1359,27mm.

Em relação aos dados fluviométricos interpolados, foi observado que em 1997, a média da vazão média da BHRP apresentou um valor de 110,89m<sup>3</sup>/s, em 2007 houve um aumento no

volume de vazão passando a ser 139,89 m<sup>3</sup>/s. No entanto, em 2015, a quantidade de vazão diminuiu, passando assim a representar apenas 78,66 m<sup>3</sup>/s.

Este trabalho permitiu ainda observar a influência das variações em cobertura vegetal nativa nas variáveis hidrológicas. No entanto, somente houve uma correlação considerável com variável de precipitação, no qual o coeficiente de correlação apresentou o valor de 0,863113, indicando alta correlação entre as variáveis. A falta de correlação com a resposta hidrológica se deve ao fato de a mesma sofrer uma maior influência de outros fatores. Já a não correlação com a vazão média, se deve ao fato de a retirada de cobertura vegetal ter sido em uma quantidade inferior para efetuar resultados sobre o regime desta variável.

As técnicas de Sensoriamento Remoto e Processamento Digital de Imagens permitiram trabalhar com as imagens de satélite, possibilitando realizar processos essenciais para a elaboração do mapeamento das classes de uso da terra e cobertura vegetal nativa da área de estudo. Este mapeamento foi satisfatório, pois possibilitou observar as diversas modificações ocorridas durante os anos em análise.

A técnica de interpolação utilizada para os dados pluviométricos e fluviométricos também foi satisfatória, afinal, permitiu a estipulação de dados em locais em que não havia nenhuma observação real. Por meio desta ferramenta, que se tornou possível obter valores médios dos dados pluviométricos e fluviométricos e o cálculo da resposta hidrológica a fim de observar a variabilidade destas variáveis, em toda a bacia hidrográfica estudada.

Quanto ao cálculo do coeficiente de correlação, embora a quantidade de amostras tenha sido em quantidade reduzida, este coeficiente conseguiu ainda demonstrar a relação de influência da cobertura vegetal nativa na variável de precipitação.

Recomenda-se para estudos futuros, que sejam realizadas análises com mais amostras para que se possa monitorar e avaliar os avanços das atividades antrópicas e sua influência nas condições hidrológicas da bacia hidrográfica estudada, contribuindo para uma gestão integrada dos recursos naturais presentes na mesma.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. Q. **INFLUÊNCIA DO DESMATAMENTO NA DISPONIBILIDADE HÍDRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO DO GALO, DOMINGOS MARTINS, ES.** 2007. 92 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) -

Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2007. Disponível em: <http://repositorio.ufes.br/handle/10/3870> Acesso em: 05 jun.2019.

ALMEIDA, A. Q.; RIBEIRO, A.; PAIVA, Y. G.; SOUZA, C. A. M. Relação entre cobertura florestal e resposta hidrológica de uma bacia hidrográfica. *In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, XVI, Anais[...]* Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 2507-2513. Disponível em:

<http://martel.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.18.00.25.38/doc/2507-2513.pdf>  
Acesso em: 23 mar. 2018.

ANA. **Agência Nacional das Águas.** Disponível em: <http://www3.ana.gov.br/> Acesso em 16 abr. 2018.

BRASIL. **Lei nº 9.984 - 17 de julho de 2000.** Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=371>  
Acesso em: 16 abr. 2018.

CARDOSO, H. M. **ANÁLISE TEMPORAL DOS IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELA MUDANÇA DE USO E OCUPAÇÃO DA TERRA NO ENTORNO DA ÁREA URBANA DE MONTE CARMELO – MG.** 2017. 37 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica, Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/19825>  
Acesso em: 04 jun. 2018.

CPTEC/INPE. **El Niño e La Niña.** Disponível em: <http://enos.cptec.inpe.br/> Acessado em 27 jun. 2019.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em Sensoriamento Remoto.** 3. ed. ampl. e atual. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 128p.

IBGE. **Bases Cartográficas.** Disponível em: [ftp://geoftp.ibge.gov.br/cartas\\_e\\_mapas/bases\\_cartograficas\\_continuas/bc250/versao2017/shapefile](ftp://geoftp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/bases_cartograficas_continuas/bc250/versao2017/shapefile) Acesso em: 02 maio 2018.

GARCEZ, L. N.; ALVAREZ, G. A. **Hidrologia.** 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1988. 291 p.

GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. C. **Processamento digital de imagens.** Tradução: Cristina Yamagami e Leonardo Piamonte. Revisão Técnica: Marcelo Andrade da Costa Vieira e Mauricio Cunha Escapirnatí. 3 ed., São Paulo: Pearson, 2010. 624p.

IBGE. **Bases Cartográficas**. Disponível em: [ftp://geoftp.ibge.gov.br/cartas\\_e\\_mapas/bases\\_cartograficas\\_continuas/bc250/versao2017/shapefile](ftp://geoftp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/bases_cartograficas_continuas/bc250/versao2017/shapefile) Acesso em: 02 maio 2018.

INPE. **Catálogo de Imagens**. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/> Acesso em: 02 dez. 2018.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. **INTRODUÇÃO AO PROCESSAMENTO DE IMAGENS DE SENSORIAMENTO REMOTO**. BRASÍLIA: CNPQ, 2012. Disponível em: <http://migre.me/tIIsb> Acesso em: 03 abr. 2018.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 4 ed., Viçosa, MG: UFV, 2012. 422p.

NOVAIS, G. T. **Caracterização climática da mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba e do entorno da Serra da Canastra (MG)**. 2011. 124 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2011.

RANZINI, M. **Modelagem hidrológica de uma microbacia florestada da Serra do Mar, SP, com o modelo TOPMODEL: simulação do comportamento hidrológico em função do corte raso**. 2002. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002.

ROSA, R. **Introdução ao sensoriamento remoto**. 7 ed., Uberlândia: EDUFU, 2009. 262 p.

SILVA, M. M.; FERREIRA, V. O.; BRITO, J. L. S. RECONHECIMENTO DE POSSÍVEIS INFLUÊNCIAS DOS EVENTOS EL NIÑO E LA NIÑA NO REGIME PLUVIOMÉTRICO DA BACIA DO RIO ARAGUARI, MINAS GERAIS. **Revista Geonorte**, Edição Especial 2, V.1, N.5, p.754 – 765, 2012. Disponível em : <http://www.periodicos.ufam.edu.br/revista-geonorte/article/view/2410/0> Acesso em: 27 jun. 2019.

SILVA, M. K. A. **Modelagem hidrológica aplicada ao estudo da vazão da bacia hidrográfica do rio Araguari - MG, a partir das mudanças do uso da terra e cobertura vegetal nativa**. 2014. 196 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2014.

SILVEIRA, A. L. L. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. *In*: Tucci, C. E. M. **Hidrologia – Ciência e aplicação**. Organizado por Carlos E. M. Tucci. 4 ed., Porto Alegre: Ed. Da Universidade: ABRH: EDUSP, 2013. 943 p.

SOARES, F. S.; FRANCISCO, C. N.; SENNA, M. C. A. Distribuição espaço-temporal da precipitação na Região Hidrográfica da Baía da Ilha Grande-RJ. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 29, nº 1, março de 2014, p. 125–38. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbmet/v29n1/a12v29n1.pdf> Acesso em: 24 maio 2018.

TUCCI, C. E. M; CLARKE, R. T. Impacto das mudanças da cobertura vegetal no escoamento: revisão. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 2, n. 1, p. 135-152, jan/jun 1997. Disponível em: <http://rhama.com.br/blog/wp-content/uploads/2016/12/impacto-das-mudan%C3%83%C2%A7as-cobertura-vegetal-no-escoamento.pdf> Acesso em: 07 jun. 2019.

VANZELA, L. S.; HERNANDEZ, F. B. T.; FRANCO, R. A. M. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis. **Revista brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 1, p. 55-64, jan. 2010. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-43662010000100008&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662010000100008&lng=pt&nrm=iso) Acesso em: 05 jun. 2019.