

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL

**INFLUÊNCIA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA VAZÃO DA
SUB-BACIA DO ALTO VERDE GRANDE**

LORRANA CAVALCANTI ALBUQUERQUE



Lorrana Cavalcanti Albuquerque

**INFLUÊNCIA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA VAZÃO DA SUB-BACIA DO
ALTO VERDE GRANDE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial, para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrícola e Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Edson de Oliveira Vieira.

Montes Claros – MG
2017

Lorrana Cavalcanti Albuquerque. INFLUÊNCIA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA
VAZÃO DA SUB-BACIA DO ALTO VERDE GRANDE

Aprovada pela banca examinadora constituída por:

Prof^a. Flavia Mazzer Rodrigues - ICA/UFMG

Prof. Rodrigo Praes de Almeida - ICA/UFMG



Assinatura do professor orientador

Prof. Edson de Oliveira Vieira - DSc
Recursos Hídricos e Ambientais - ICA/UFMG
Matr. UFMG 143448 - SIAPE 2193004

Montes Claros, 1 de Dezembro de 2017

Dedico a todos aqueles que contribuíram de alguma forma para o realização de mais essa vitória.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Orientador Edson de Oliveira Vieira que esteve sempre disposto a me auxiliar, tendo paciência comigo até o final.

Aos meus amigos que fizeram dos meus dias de universitária mais alegres.

Aos meus pais, Yara e Suzarth que nunca mediram esforços para a conclusão dos meus sonhos.

À minha avó, Eurídice que sempre me encheu de amor e ternura.

Às minhas irmãs, Isadora, Louise e Brisa que foram compreensíveis quanto a minha falta.

E ao meu companheiro de todas as horas, Andrei que tornou essa conquista possível.

"Always keep the faith."

(JYJ)

RESUMO

A Bacia do Verde Grande é uma região com baixa disponibilidade hídrica, o que dificulta o abastecimento da população e atividades essenciais como a irrigação. É também caracterizada pela alta variabilidade climática e grande variabilidade espacial da chuva, com os maiores índices concentrados na cabeceira da bacia. A baixa disponibilidade hídrica na região da bacia hidrografia do Rio Verde Grande ocasiona em constantes conflitos pelo uso da água, a qual não é suficiente para atender todas as demandas dos usuários. Portanto, fez-se necessário uma compatibilização entre a demanda e a oferta de água, necessitando de ferramentas que possibilitem uma gestão adequada desse recurso e coerente com a realidade da região. Com isso, o objetivo desse trabalho foi avaliar a interferência da dinâmica do uso e ocupação do solo na vazão do Alto da bacia do Rio Verde Grande (AVG). A elaboração dos mapas de uso e ocupação do solo do AVG foi feita por meio do processamento digital de imagens orbitais com os softwares Spring, no qual fez-se a classificação, e QGIS, onde foi confeccionado as cartas temáticas. As imagens foram obtidas no site do *United States Geological Survey* (USGS) do satélite Landsat 8 para o ano de 2014 e Landsat 5 para os anos de 1994 e 2004. Foram elaborados três mapas, um para cada ano citado, com a finalidade de gerar a curva de evolução de uso e ocupação do solo e, assim, fazer o levantamento da evolução desse processo. A partir dos mapas elaborados, foram obtidas as quantidades de cada uso e ocupação de solo para cada um dos anos em estudo e feita uma comparação com o comportamento hidrológico de uma série de vazão correspondente ao trecho do Alto da bacia do Rio Verde Grande. Analisou-se as vazões média de longo período, vazão máxima média, vazão mínima média, Q_{90} e Q_{95} , assim como, os dados de precipitação no período estudado. Como resultado pode ser verificado pequena alteração do uso e ocupação do solo sub-bacia do Alto Verde Grande nos anos analisados, além de pouca influência do uso e ocupação do solo nessa sub-bacia no comportamento das vazões do rio em sua calha principal, estando essas intimamente relacionadas com a precipitação.

Palavras-chaves: Recursos hídricos. Classificação de imagens. Gestão de bacias hidrográficas.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 — Municípios que compõem a sub-bacia do Alto Verde Grande	17
Figura 2 – Classificação do Uso e Ocupação do Solo da Sub-bacia do Alto Verde Grande em 1994	10
Figura 3 – Classificação do Uso e Ocupação do Solo da Sub-bacia do Alto Verde Grande em 2004	11
Figura 4 – Classificação do Uso e Ocupação do Solo da Sub-bacia do Alto Verde Grande em 2014	12
Gráfico 1– Evolução de cada classe nos anos estudados	10
Gráfico 2– Comportamento das classes dentro de cada ano estudado.	11
Gráfico 3 – Vazões de permanência Q_{90} e Q_{95} e precipitação entre 1984 e 2014.....	13
Gráfico 4 – Evolução das classes de Pastagem e vegetação nativa.....	13

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características das imagens TM do satélite Landsat 5	12
Tabela 2 – Características das imagens OLI e TIRS do satélite Landsat 8.....	12
Tabela 3 – Dados climatológicos dos municípios da sub-bacia do Alto Verde Grande	18
Tabela 4 – Imagens orbitais utilizadas na composição dos anos.....	18
Tabela 5 – Classes de qualidade do índice Kappa.....	20
Tabela 6 – Identificação da estação fluviométrica de Capitão Enéas.....	20
Tabela 7 – Área ocupada pelas categorias de Uso e Ocupação do Solo na Sub-bacia AVG em 1994, 2004 e 2014	10
Tabela 8 – Índices Kappa para os anos 1994, 2004 e 2014.....	10
Tabela 9 – Vazões máximas média, média e mínimas média por período estudado	12
Tabela 10 – Correlação climatológica entre a precipitação e a vazão.....	12

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AESA-PB	— Agência Executiva de Águas do Estado da Paraíba
ANA	— Agência Nacional de Águas
APAC-PE	— Agência Pernambucana de Águas e Clima
AVG	— Alto Verde Grande
COPASA	— Companhia de Saneamento de Minas Gerais
DAEE-SP	— Departamento de Águas e Energia Elétrica de São Paulo
EMBRAPA	— Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IBGE	— Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IGAM	— Instituto Mineiro de Gestão das Águas
IGARN-RN	— Instituto de Gestão das Águas do Estado do Rio Grande do Norte
INEMA-BA	— Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Bahia
INPE	— Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPÁGUAS-PR	— Instituto das Águas do Paraná
NATURATINS-TO	— Fundação Natureza do Tocantins
OLI	— <i>Operational Land Imager</i>
PNRH	— Política Nacional dos Recursos Hídricos
Q	— Vazão
$Q_{\text{máx}}$	— Vazão máxima
$Q_{\text{méd}}$	— Vazão média
Q_{min}	— Vazão mínima
RGB	— <i>Red, Green and Blue</i>
SEMAR-PI	— Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Piauí
SEMARH-GO	— Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Goiás
SEMARH-SE	— Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos de Sergipe
SRH-CE	— Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará
TIRS	— <i>Thermal Infrared Sensor</i>
USGS	— <i>United States Geological Survey</i>
UTM	— <i>Universal Transverse Mercator</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1 Ciclo Hidrológico e Bacia Hidrográfica.....	11
2.2 Geoprocessamento.....	11
2.2.1 Imagens de satélite.....	11
2.2.2 Classificação de imagem	12
2.2.2.1 Segmentação	13
2.3 Uso e ocupação do solo	14
2.4 Gestão de Recursos Hídricos.....	15
2.5 Vazões de permanência Q_{90} e Q_{95}	16
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3.1 Área de estudo	16
3.2 Imagens de Satélite.....	18
3.3 Mapas de uso e ocupação de solo.....	19
3.4 Séries históricas de vazões	20
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
4.1 Uso e ocupação do solo	21
4.2 Relação entre as vazões, precipitação e uso e ocupação do solo.....	12
5 CONCLUSÃO	14
REFERÊNCIAS	16

1 INTRODUÇÃO

O Rio Verde Grande é um rio de gestão federal que banha o norte do Estado de Minas Gérias, onde passa por 27 municípios, e mais 8 municípios no estado da Bahia, até desaguar no Rio São Francisco. A bacia hidrográfica do rio compreende uma área de aproximadamente 31.410 km², dos quais 87% encontram-se no estado mineiro (ANA, 2013).

O uso do solo na bacia se dá principalmente com pastagens, em sua grande maioria, degradadas (ANA,2013). Isso reflete diretamente no volume de água armazenado no solo, uma vez que quanto menor a proteção do solo, maior é a taxa de escoamento superficial, consequentemente menor a infiltração da água. Nessas condições, acentua-se o problema com a erosão e conseguinte assoreamento do curso hídrico, além de maximizar o potencial das cheias e reduzir a vazão no período de estiagem.

A Bacia do Verde Grande é caracterizada pela alta variabilidade espaço-temporal da chuva, ou seja, a chuva é má distribuída ao longo do ano e com os maiores índices concentrados na cabeceira da bacia. Sendo, a sub-bacia do Alto Verde Grande (AVG), na cabeceira do rio, onde se encontra o maior conjunto populacional da bacia, o município de Montes Claros, que possui população estimada em 402 mil habitantes (IBGE, 2017). Atualmente o município se encontra em estado de calamidade hídrica e a medida corretiva adotada pela companhia de abastecimento de água do estado de Minas Gerais foi a captação de água em uma bacia vizinha, devido a incapacidade da presente bacia produzir a quantidade de água demandada (COPASA, 2017).

A presença desse município faz com que essa sub-bacia se diferencie quanto ao consumo de água em relação às demais sub bacias do rio Verde Grande, nas quais é predominante o consumo de água para irrigação, ainda que na maioria das situações seja captação em poços e não propriamente no rio. O perfil geológico da região permite o acúmulo de grandes quantidades de água sob a rocha, no entanto, é cada vez mais recorrente relatos de poços com redução de vazão, rebaixamento do nível dinâmico e inclusive secamento de poços. Tais fatos podem estar relacionados com o aumento da demanda e com o uso e ocupação do solo, que rege a capacidade de infiltração de água.

A população tende a aumentar cada vez mais e com isso a demanda pelos recursos naturais também. Além do crescimento populacional, há também crescimento das atividades, tornando a demanda por água cada vez maior. Associado a baixa disponibilidade hídrica na região, esse aumento da demanda implicará no aumento de conflitos pelo uso da água, a qual não é suficiente para atender os usuários da forma que atenda às necessidades.

Faz-se necessário uma compatibilização entre a demanda e a oferta de água, necessitando de ferramentas que possibilitem uma gestão adequada desse recurso e coerente com a realidade da região. Sendo assim, é de grande importância os estudos que analisem o aspecto da evolução do uso e ocupação do solo e sua interferência nos recursos hídricos do Norte de Minas Gerais. Nesse contexto, o objetivo desse estudo é avaliar a relação entre a evolução do uso e ocupação do solo e a oferta hídrica na bacia do rio Verde Grande, região norte de Minas Gerais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Ciclo Hidrológico e Bacia Hidrográfica

“O ciclo hidrológico é o fenômeno global de circulação de água entre a superfície terrestre e a atmosfera, impulsionado fundamentalmente pela energia solar associada à gravidade e à rotação terrestre” (SILVEIRA, 2002).

A energia solar é o *start* do ciclo hidrológico, é ela a responsável pela evaporação da água, a qual se mantém na atmosfera até se condensar e precipitar sobre os mares e superfície terrestre. Ao atingir o solo, a água tende a infiltrar ou escoar superficialmente, dependendo das características do solo, umidade inicial do solo e tipo de vegetação existente (TUCCI; CLARKE, 1997).

Segundo os autores, a capacidade de infiltração depende do tipo e uso do solo. Além disso, as alterações na superfície da bacia, como o tipo de uso e manejo do solo, influenciam diretamente o escoamento da água.

2.2 Geoprocessamento

2.2.1 Imagens de satélite

Satélites imageam constantemente a superfície terrestre em diferentes resoluções temporais, espaciais, espectrais e radiométricas para as mais diversas finalidades. Dentre todos, o mais utilizado na condução de pesquisas sobre o uso e ocupação do solo em análise temporal no Brasil é a série Landsat, que está em órbita desde 1972 e com 8 satélites lançados (EMBRAPA, 2017). As Tabelas 1 e 2 a seguir especificam as características dos satélites Landsat 5 e Landsat 8, respectivamente.

Tabela 1 – Características das imagens TM do satélite Landsat 5

Banda	Sensor	Faixa Espectral (nm)	Descrição	Resolução Espacial (mxm)
1	TM	450-520	Azul	30
2		520-600	Verde	30
3		630-690	Vermelho	30
4		760-900	Infravermelho Próximo	30
5		1550-1750	Infravermelho Próximo	30
6		10400-12500	Termal	120
7		2080-2350	Infravermelho médio	30

Fonte: Adaptada de USGS, 2017.

Segundo a USGS (2017), o Landsat 8 possui dois instrumentos imageadores (*Operational Land Imager (OLI)* e *Thermal Infrared Sensor (TIRS)*) que totalizam 11 bandas, das quais as 2, 3 e 4 são utilizadas para composição RGB, necessária ao estudo de classificação de imagens. Com resolução temporal de 16 dias e cobrindo diferentes comprimentos de onda do espectro, esse satélite pode ser aplicado em acompanhamento do uso agrícola da terra, desmatamentos, cartografia, monitoramento da cobertura vegetal, queimadas, dinâmica de urbanização entre outras funcionalidades. A tabela 2 demonstra as especificações técnicas do satélite.

Tabela 2 – Características das imagens OLI e TIRS do satélite Landsat 8

Banda	Sensor	Faixa Espectral (nm)	Descrição	Resolução Espacial (mxm)
1	OLI	430-450	Aerossol costeira	30
2		450-510	Azul	30
3		530-590	Verde	30
4		640-690	Vermelho	30
5		850-880	Infravermelho Próximo	30
6		1570-1650	SWIR 1	30
7		2110-2290	SWIR 2	30
8		500-680	Pancromático	15
9		1360-1380	Cirrus	30
10	TIRS	10600-11190	TIRS 1	100
11		11500-12510	TIRS 2	100

Fonte: Adaptada de USGS, 2017.

2.2.2 Classificação de imagem

A classificação de uma imagem faz parte do conjunto de técnicas que integram o geoprocessamento, destacando-se por gerar atributos do processo que permite a quantificação

e interpretação adequada de uma imagem representativa de uma região conforme os temas pré-determinados (SANTOS; PELUZIO; SAITO, 2010). O autor ainda explica que o método subdivide-se em classificação supervisionada e não-supervisionada e podendo também ser classificado quanto ao tipo, se por pixel a pixel ou por região, e quanto ao algoritmo classificador (QUADRO 1).

Dainese (2001), não encontrou resultados satisfatórios em estudo temporal de utilização da terra, utilizando a classificação não supervisionada. O autor citado anteriormente propôs a correção da classificação por meio da função “edição matricial” disponibilizada no software Spring. Em estudo comparativo entre a classificação supervisionada utilizando o classificador Maxver e não-supervisionada utilizando o Cluster, Rodrigues *et al.*, (2014), concluiu que o primeiro apresentou melhores resultados quando comparado com o segundo.

Silva e Araki (2015), afirmam que a classificação realizada com base no pixel, ou seja, que avalia valores digitais individuais, “pode ser muito difícil de distinguir algumas feições”, sendo a classificação a partir de imagem segmentada uma forma de superar essa limitação, por agrupar o pixels em regiões considerando também características de forma e de textura. Oliveira e Mataveli (2013) encontrou ótimos resultados em seus estudos utilizando a classificação supervisionada por região com o algoritmo classificador Bhattacharya, assim como com o Isoseg.

Quadro 1 – Algoritmos classificadores mais comuns

Classificação	Tipo	Algoritmo
Supervisionada	Pixel a pixel	Paralelepípedo
		Distância mínima
Não supervisionada	Por região	Máxima verossimilhança
		Bhattacharya
		Mahalonobis (Isoseg)

Fonte: SANTOS *et al.*, 2010.

2.2.2.1 Segmentação

A segmentação é um processo que permite facilitar e aprimorar a classificação, por não considerar apenas a resposta espectral de cada pixel, mas por formar objetos a partir da similaridade entre pixel contíguos (INPE, 2017). Em manual técnico, o Instituto ainda afirma que pode-se segmentar uma imagem, subdividindo-a em diferentes quantidades de regiões, dependendo da área do pixel e da similaridade desejada.

Tedesco e Oliani (2014), utilizou a segmentação de imagem como ferramenta auxiliar na classificação de voçorocas na região de Uberlândia a partir de imagens IKONOS, onde obteve resultados positivos utilizando a técnica. Gonçalves e Mitishita (2016) utilizaram um aprimoramento da técnica de segmentação para identificação de áreas urbanas, usando a Distância de Hausdorff como medida de similaridade, uma vez que segundo o autor, a dificuldade em diferenciar um conjunto do outro, ainda faz com que não se tenha total confiabilidade no resultado da classificação, mesmo quando utiliza-se a segmentação.

2.3 Uso e ocupação do solo

O uso e ocupação do solo interfere significativamente na infiltração de água no solo e no escoamento superficial e, conseqüentemente, no carreamento de sedimentos para os mananciais alterando, assim, a qualidade e a quantidade desse recurso. (VANZELA; HERNANDEZ; FRANCO, 2010).

Em um trabalho realizado pelos autores no município de Marinópolis, SP, concluiu-se que em áreas onde há predominância de matas e pastagens (com menor intensidade) propiciaram a disponibilidade e qualidade da água do córrego em estudo. Em contrapartida, áreas habitadas, agricultadas e degradadas desfavoreceram tanto a disponibilidade quanto a qualidade de água na sub-bacia.

Collischonn, Tucci e Clarke (2001), ressalva que tanto em lavouras quanto pastagens e até mesmo reflorestamento, quando mal manejados, podem diminuir a capacidade de infiltração de água no solo, reduzindo o armazenamento da mesma para o escoamento subterrâneo. Ainda segundo o autor, as vazões média dos cursos hídricos tendem a aumentar quando remove-se a mata nativa, em função do aumento do escoamento superficial e conseqüente aumento das vazão máximas. Afirma também, que bacias com pouco vegetação nativa tendem a ter maior variação entre as vazão máximas e mínimas, sendo que essas últimas frequentemente são zeradas em pequenos ribeirões.

Tucci (2002), explica que as vazões mínimas podem aumentar ou diminuir após o desmatamento, em decorrência da manutenção da capacidade de infiltração de água no solo. Ainda segundo o autor, a vazão mínima aumenta após o desmatamento quando o solo tem sua taxa de infiltração mantida e isso soma-se a redução da interceptação e da evapotranspiração ocasionadas pela vegetação antes existente. Por sua vez, a redução da vazão mínima ocorre quando, reduz-se seu potencial de infiltração, aumentando o escoamento superficial e conseqüentemente as vazões máximas.

2.4 Gestão de Recursos Hídricos

A Lei Federal nº 9.433/97 (BRASIL, 1997) institui a Política Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH). Essa política baseia-se no princípio de que "a água é um bem público", sendo um "recurso natural limitado, dotado de valor econômico", de forma que a gestão desse recurso propicie o seu uso múltiplo. O abastecimento humano e dessedentação de animais são prioridades e "a bacia hidrográfica é a unidade territorial para aplicação da política", que deve possuir uma gestão descentralizada e participativa. Para alcançar os princípios propostos, a política utiliza-se de instrumentos discriminados no artigo 5º, que são:

I - os Planos de Recursos Hídricos; II - o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água; III - a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos; IV - a cobrança pelo uso de recursos hídricos; V - a compensação a municípios; VI - o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos (BRASIL, 1997).

A outorga dos direitos de uso de recursos hídricos é um dos principais instrumentos de gestão estabelecidos na PNRH, a qual tem por objetivo garantir a qualidade e quantidade do recurso, regularizando seu uso e propiciando aos usuários o direito de acesso à água (ANA, 2011). Ainda de acordo como órgão, para determinação da vazão mínima necessária para fins de outorga podem ser utilizados as vazões de permanência $Q_{7,10}$, $Q_{90\%}$ ou $Q_{95\%}$, dependendo do tipo de bacia hidrográfica (federal ou estadual), órgão gestor, Estado ou condições locais (QUADRO 2).

Quadro 2 – Critérios adotados para outorga de captação de águas superficiais

(Continua)

Órgão Gestor	Vazão máxima outorgável	Legislação referente à vazão máxima outorgável
ANA	70% da Q_{95} podendo variar em função das peculiaridades de cada região. Até 20% para cada usuário	Não existe, em função das peculiaridades do país, podendo variar o critério
INEMA-BA	80% da Q_{90} . Até 20% para cada usuário	Decreto Estadual nº 6.296/1997
SRH-CE	90% da Q_{90reg}	Decreto Estadual nº 23.067/1994
SEMARH-GO	70% da Q_{95}	Não possui legislação específica
IGAM-MG	30% da $Q_{7,10}$ para captações a fio d'água e em reservatórios, podem ser liberadas vazões superiores, mantendo o mínimo residual de 70% da $Q_{7,10}$ durante todo o tempo	Portarias do IGAM nº 010/1998 e 007/1999

Quadro 2 – Critérios adotados para outorga de captação de águas superficiais

(Conclusão)		
AESA-PB	90% da Q_{90reg}. Em lagos territoriais, o limite outorgável é reduzido em 1/3	Decreto Estadual nº 19.260/1997
IPÁGUAS-PR	50% da Q_{95}	Decreto Estadual nº 4.646/2001
APAC-PE	Depende do risco que o requerente pode assumir	Não existe legislação específica
SEMAR-PI	80% da Q_{95} (rios) e 80% da Q_{90reg} (açudes)	Não existe legislação específica
IGARN-RN	90% da Q_{90reg}	Decreto Estadual nº 13.283/1997
DAEE-SP	50% da $Q_{7,10}$ por bacia. Até 20% da $Q_{7,10}$ para cada usuário	Não existe legislação específica
SEMARH-SE	100% da Q_{90} . Até 30% da Q_{90} para cada usuário	Não existe legislação específica
NATURATINS-TO	75% Q_{90} por bacia. Até 25% da Q_{90} para cada usuário. Para barragens de regularização, 75% da vazão de referência adotada	Decreto estadual aprovado pela Câmara de outorga do Conselho Estadual de Recursos Hídricos

Fonte: Adaptada de ANA, 2007, 2011.

2.5 Vazões de permanência Q_{90} e Q_{95}

A Q_{90} e a Q_{95} são métodos baseados em análise de frequência das vazões mínimas, garantindo a permanência da vazão calculada em 90 ou 95% dos dias do ano. A partir da série histórica de determinada época obtém-se, a frequência em que a vazão será maior ou igual ao valor determinado (ANA, 2011).

De acordo com Cardoso e Monteiro (2004), na metodologia de cálculo da vazão de permanência deve-se utilizar as vazões mínimas, a fim de garantir o abastecimento dos usuários nos períodos críticos do ano, assim como assegurar a vitalidade do curso hídrico.

3 MATERIAL E MÉTODOS

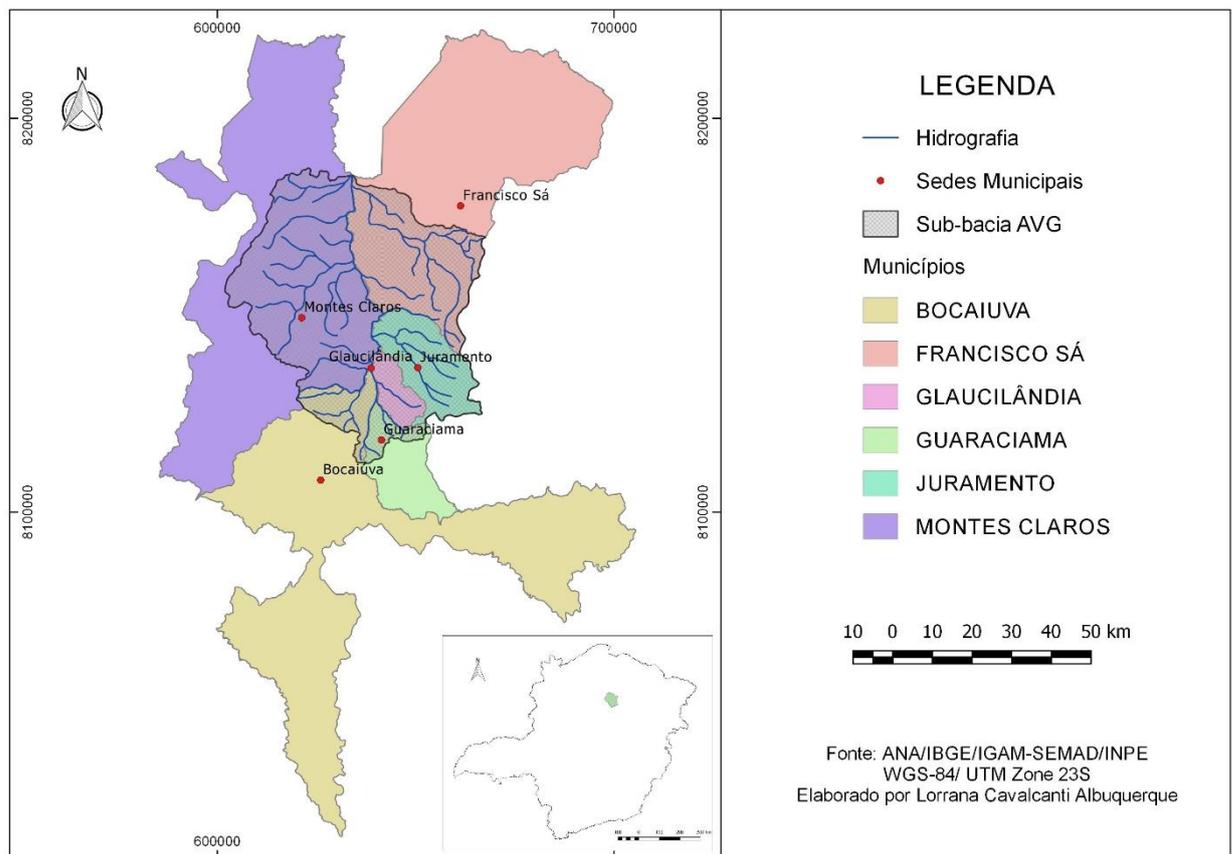
3.1 Área de estudo

A Bacia do Rio Verde Grande possui uma área de 31.410 km² que abrange, total ou parcialmente, 8 municípios na Bahia e 27 municípios em Minas Gerais. A população é de aproximadamente 800 mil habitantes, que corresponde a cerca de 5% da população total da Bacia do Rio São Francisco (ANA, 2013).

De acordo a classificação de Köppen e Geiger o clima é Aw (clima tropical com estação seca de inverno), com precipitação média anual na bacia é de 866 mm, porém há uma imensa variabilidade espacial da chuva nessa região, sendo que os maiores índices pluviométricos ocorrem na cabeceira da bacia, onde está localizado a sub-bacia do Alto Verde Grande (AVG), e vão diminuindo gradualmente em direção ao centro e nordeste da bacia (ANA, 2013).

Essa sub-bacia está localizada entre os municípios de Montes Claros, Francisco Sá, Bocaiuva, Guaraciama, Glaucilândia e Juramento (FIGURA 1), totalizando uma área de drenagem de 3.101 km². Os dados de precipitação e temperatura médias desse municípios estão dispostos no Tabela 3, sendo que os valores não são uniformemente distribuídos ao longo do ano (INMET, 2017).

Figura 1 — Municípios que compõem a sub-bacia do Alto Verde Grande



Fonte: Da autora, 2017.

Tabela 3 – Dados climatológicos dos municípios da sub-bacia do Alto Verde Grande

Municípios	Temperatura média (°C)	Precipitação (mm)		
		Média Anual	Mínima média	Máxima média
Bocaiuva	22,3	1058	4 (Jun)	231 (Dez)
Francisco Sá	22,3	981	3 (Jul)	232 (Dez)
Glaucilândia	22,6	1040	4 (Jul)	243 (Dez)
Guaraciama	21,9	1086	4 (Jun)	244 (Dez)
Juramento	22,2	1002	3 (Jun)	240 (Dez)
Montes Claros	22,7	1029	2 (Jul)	247 (Dez)

Fonte: INMET, 2017.

3.2 Imagens de Satélite

As imagens foram obtidas no site do USGS. Foram utilizadas três imagens de satélite com intervalo de 10 anos entre cada uma e resolução espacial de 30 metros, sendo duas imagens do satélite Landsat 5, sensor TM, datadas dos anos de 1994 e 2004, e uma imagem do satélite Landsat 8, sensor OLI, para o ano de 2014. Para compreender a área da bacia de estudo, foram necessários dois conjuntos de imagens para compor o mosaico referente a cada um dos anos, conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 – Imagens orbitais utilizadas na composição dos anos

Ano	Satélite	Sensor	Órbita/Ponto	Data
1994	Landsat 5	TM	218/71	18/06/1994
			218/72	
2004	Landsat 5	TM	218/71	13/06/2004
			218/72	
2014	Landsat 8	OLI	218/71	28/08/2014
			218/72	

Fonte: Da autora, 2017.

O fato da resolução temporal do satélite Landsat ser de 16 dias, associado ao fato das imagens nem sempre apresentarem-se úteis para aquisição de informações da superfície terrestre devido a presença de ruídos (nuvens), as imagens para este estudo não puderam ser coletadas no mesmo dia, conforme observado na tabela anterior. Entretanto, buscou-se imagens em um mesmo período do ano que correspondessem à estação seca, na qual se tem maior facilidade e confiabilidade no processo de classificação.

Após obtenção das imagens elaborou-se os mosaicos com a composição RGB (bandas 5, 4 e 3, para imagens do Landsat 5, e bandas 4, 5 e 6, para as cenas do Landsat 8) para cada ano. Para o enquadramento da área de estudo foram necessárias duas cenas Landsat (órbita/ponto 218/71 e 218/72), resultando em dois mosaicos RGB por ano, que posteriormente foram unificados em uma única imagem abrangendo toda a área da bacia hidrográfica.

Em seguida, foram feitos os registros das imagens do satélite Landsat 5, com as composições coloridas RGB, no software ENVI. O registro refere-se ao georreferenciamento de uma imagem utilizando outra imagem base. Esta etapa consistiu na inserção de pontos de controle com o intuito de remover as distorções geométricas encontradas nas imagens. Foram utilizadas como base para o registro as imagens do Landsat 8, do ano de 2014, cujo sistema de projeção é o de coordenadas planas UTM (Universal Transverse Mercator) e de referencial geodésico WGS-84, referentes às mesmas órbita-ponto das imagens de 1994 e 2004.

Após o registro, foi feito o recorte das cenas para a área da bacia de estudo, utilizando-se como camada máscara o limite da bacia disponibilizado, em formato Shapefile, pela Agência Nacional de Águas (ANA). Dessa forma, selecionando-se apenas a área de interesse, o tamanho do arquivo foi reduzido e, conseqüentemente, o tempo de processamento.

3.3 Mapas de uso e ocupação de solo

A classificação das imagens de satélite quanto ao uso e ocupação do solo da sub-bacia do Alto Verde Grande foi feito por meio do processamento digital de imagens orbitais pelo software Spring 5.5.0.

A partir dos mosaicos gerados fez-se a segmentação dessas imagens buscando obter regiões segmentadas espacialmente semelhantes, sendo esse ajuste realizado no mesmo grau de similaridade. Para facilitar a identificação das feições, também foi realizado o ajuste no contraste das imagens.

No processo de classificação propriamente dito, foram definidas as seguintes classes: água, pastagem, vegetação nativa, eucalipto, área urbana, agricultura irrigada e solo exposto. Para cada classe coletou-se amostra de regiões previamente segmentadas de acordo com a interpretação visual do autor e com o auxílio de imagens da plataforma Google Earth Pro, na qual pode-se observar a área em estudo nos diferentes anos com uma resolução melhor na maioria dos pontos.

No processo de amostragem procurou-se selecionar as amostras com base na textura, cor, forma e na posição espacial. Por exemplo, nas áreas de eucalipto, nas quais

observou-se textura homogênea, coloração verde intensa (resposta espectral), formas regulares e normalmente localizadas nos extremos da sub-bacia, onde se encontram áreas de tabuleiros ou chapadas.

Para realizar a classificação utilizou-se o classificador Bhattacharya comumente recomendado para classificações supervisionadas por regiões. Oliveira e Mataveli (2013) também utilizaram esse classificador em seu estudos, inclusive encontrando resultados positivos com o método.

Quando algum aglomerado de pixel não foi categorizado corretamente dentro de uma região segmentada, fez-se necessário realizar edições de modo manual utilizando-se a função de edição vetorial de classes. Após o término das edições, foi obtido o mapeamento das classes e suas respectivas porcentagens para os anos de 1994, 2004 e 2014.

Para avaliação estatística das amostras de treinamento utilizou-se o índice Kappa e matriz de confusão gerada pelo próprio software de processamento. Esse índice, que mede a confiabilidade da amostragem, é classificado de acordo a Tabela 5. Já a elaboração dos mapas temáticos foi realizada no software QGIS 2.14.18.

Tabela 5 – Classes de qualidade do índice Kappa

Kappa	Qualidade
<0,0	Péssima
0,0 – 0,2	Ruim
0,2 – 0,4	Razoável
0,4 – 0,6	Boa
0,6 – 0,8	Muito boa
0,8 – 1,0	Excelente

Fonte: LANDIS E KOCH, 1977.

3.4 Séries históricas de vazões

A série histórica de vazões mínimas, máximas e médias mensais foram coletados pelo sistema HidroWeb da Agência Nacional das Águas (ANA). Sendo escolhida a estação fluviométrica Capitão Enéas (TABELA 6) por ser a mais próxima do exultório da bacia AVG.

Tabela 6 – Identificação da estação fluviométrica de Capitão Enéas

Código	Estação	Latitude	Longitude	Área (km ²)
44630000	Capitão Enéas	-16,3406	-43,7831	3.570

Fonte: ANA, 2017. Por meio do software Microsoft Excel foi realizado os cálculos da vazão do inventário da sub-bacia correspondente a região considerada. Foram importados

dados mensais de séries de vazões máxima, mínima e média. A partir dessas, gerou-se também um valor para cada década de estudo, referente as vazões com permanência de 90 e 95% no tempo, Q_{90} e Q_{95} , respectivamente. Nesse mesmo software, organizou-se os dados anuais de precipitação, obtidos em estação meteorológica do INMET, presente dentro da sub-bacia no município de Montes Claros.

Calculou-se também a relação entre a precipitação e vazão do rio, ou seja, o quanto de água que precipita nessa bacia sai do sistema na forma de vazão. Para tal, primeiramente, foi necessário transformar ambos em lâmina de água a partir da área de influência. Assim pôde-se calcular o coeficiente de deságue, que é estabelecido pela relação entre o volume escoado na seção de deságue e o volume total precipitado. (MOLINA *et al.*, 2014) conforme a Equação 1. A partir desse valor pôde-se interpretar o grau de influência das condições climatológicas nessa vazão, além de identificar a contribuição potencial dessa bacia para o rio Verde Grande.

$$Cd = \frac{LEseção}{LPbacia} * 100 \quad \text{Equação 1}$$

Cd = Coeficiente de deságue, %;

$LEseção$ = lâmina escoada na seção de deságue, mm.ano^{-1} ;

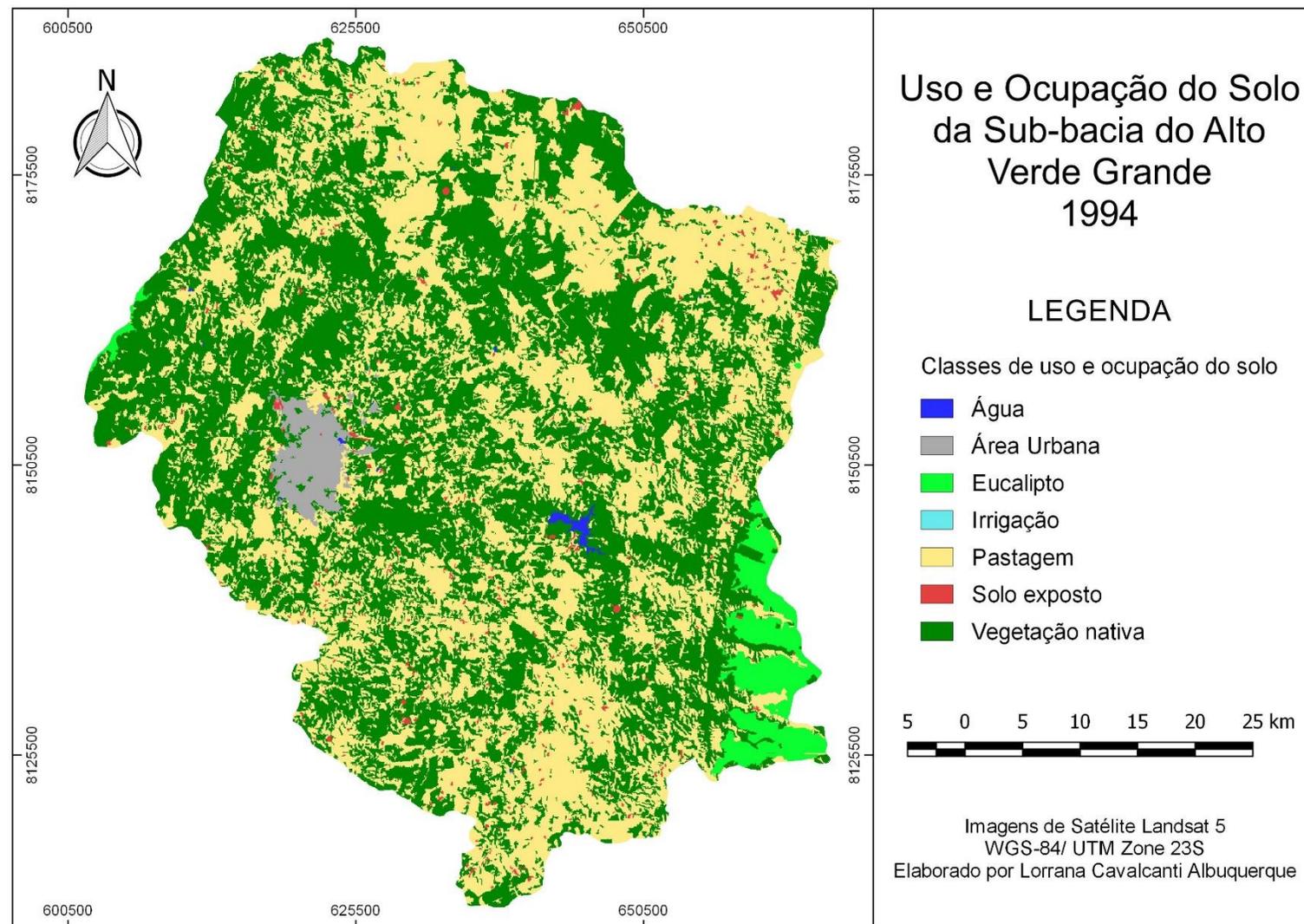
$LPbacia$ = lâmina total precipitada na bacia, mm.ano^{-1}

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Uso e ocupação do solo

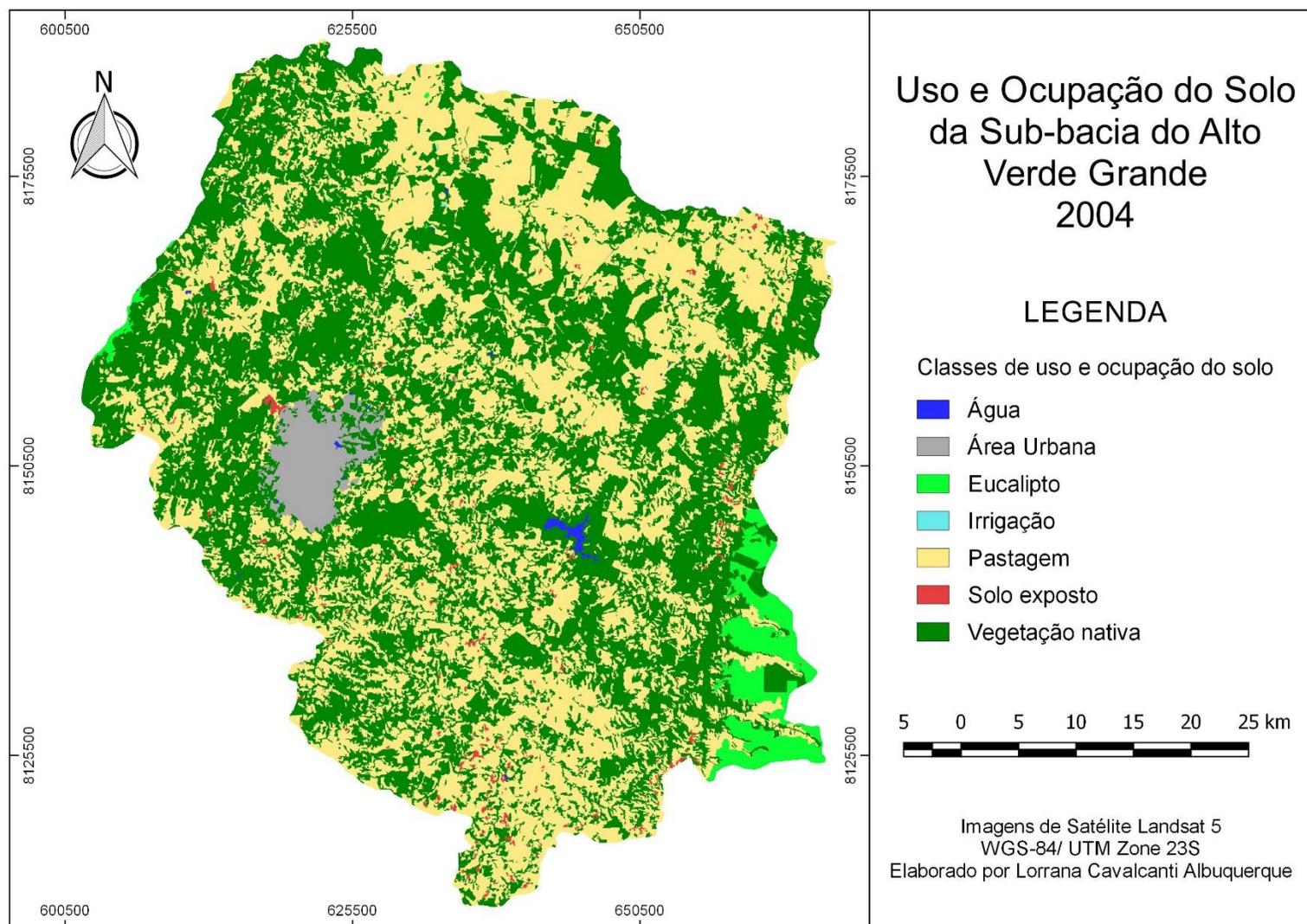
Apresentam-se, nas Figuras 2, 3 e 4, os mapas de Uso e Ocupação do Solo da Sub-bacia do Alto Verde Grande dos anos de 1994, 2004 e 2014, respectivamente.

Figura 2 – Classificação do Uso e Ocupação do Solo da Sub-bacia do Alto Verde Grande em 1994



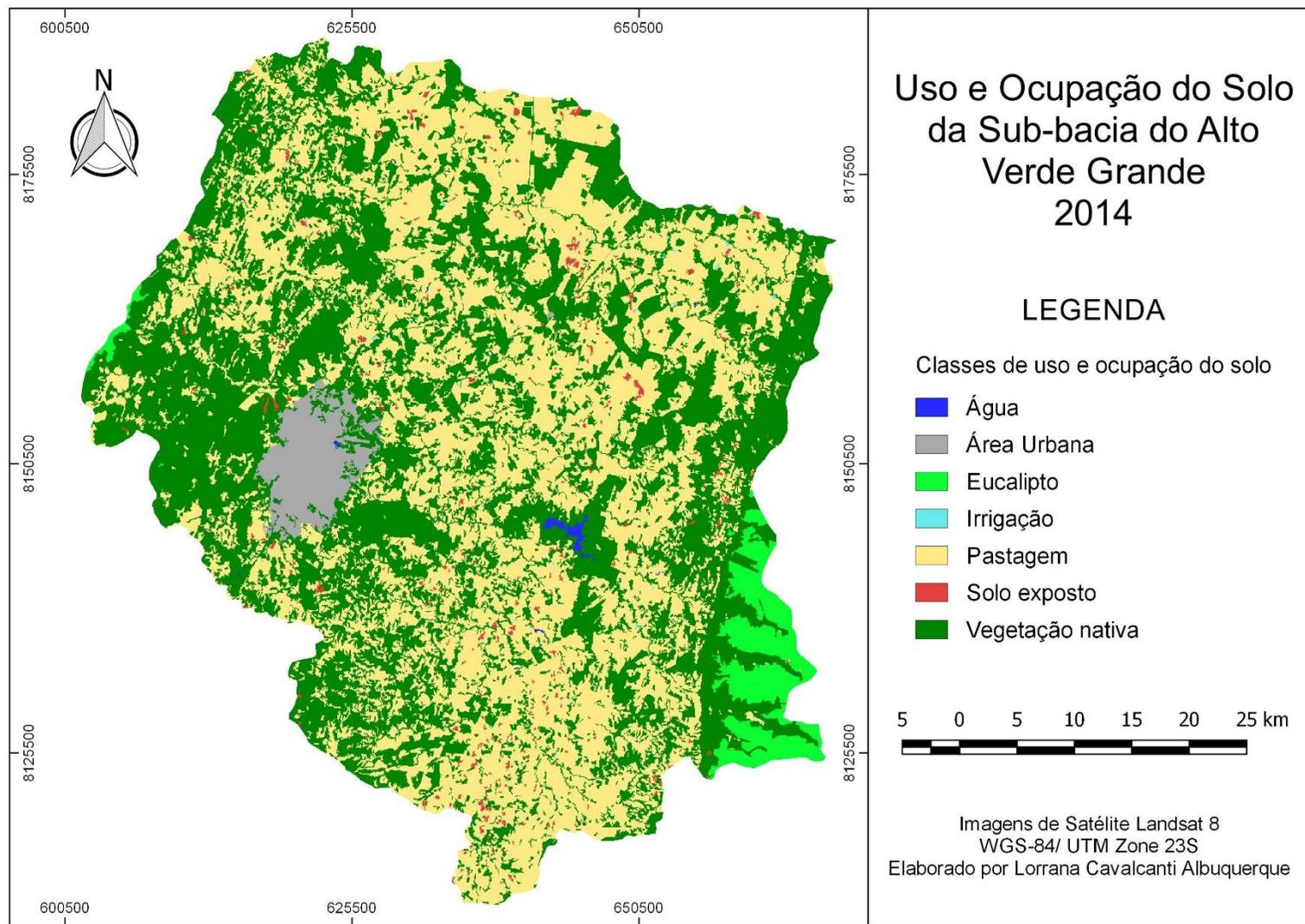
Fonte: Da autora, 2017.

Figura 3 – Classificação do Uso e Ocupação do Solo da Sub-bacia do Alto Verde Grande em 2004



Fonte: Da autora, 2017.

Figura 4 – Classificação do Uso e Ocupação do Solo da Sub-bacia do Alto Verde Grande em 2014



Fonte: Da autora, 2017.

Finalizada as etapas de classificação e correção obteve-se os percentuais de cada classe e os índices Kappa dispostos nas Tabelas 7 e 8, respectivamente. De acordo Landis e Koch (1977), o índice Kappa encontrado nesse trabalho se enquadrou na classe excelente.

Tabela 7 – Área ocupada pelas categorias de Uso e Ocupação do Solo na Sub-bacia AVG em 1994, 2004 e 2014

	1994		2004		2014	
	ha	%	ha	%	ha	%
Água	516,1	0,17	549,2	0,18	466,9	0,15
Área Urbana	5.193,8	1,67	6.772,8	2,19	7.970,0	2,57
Eucalipto	8.812,6	2,84	8.056,4	2,60	8.998,0	2,90
Irrigação	9,5	0,00	30,3	0,01	152,0	0,05
Pastagem	135.032,5	43,52	134.209,3	43,30	144.901,3	46,70
Solo Exposto	2.408,4	0,78	2.107,5	0,68	2.362,7	0,76
Vegetação	158.304,7	51,02	158.195,3	51,04	145.420,8	46,87
Total	310.277,6	100,00	309.920,9	100,00	310.271,7	100,00

Fonte: Da autora, 2017

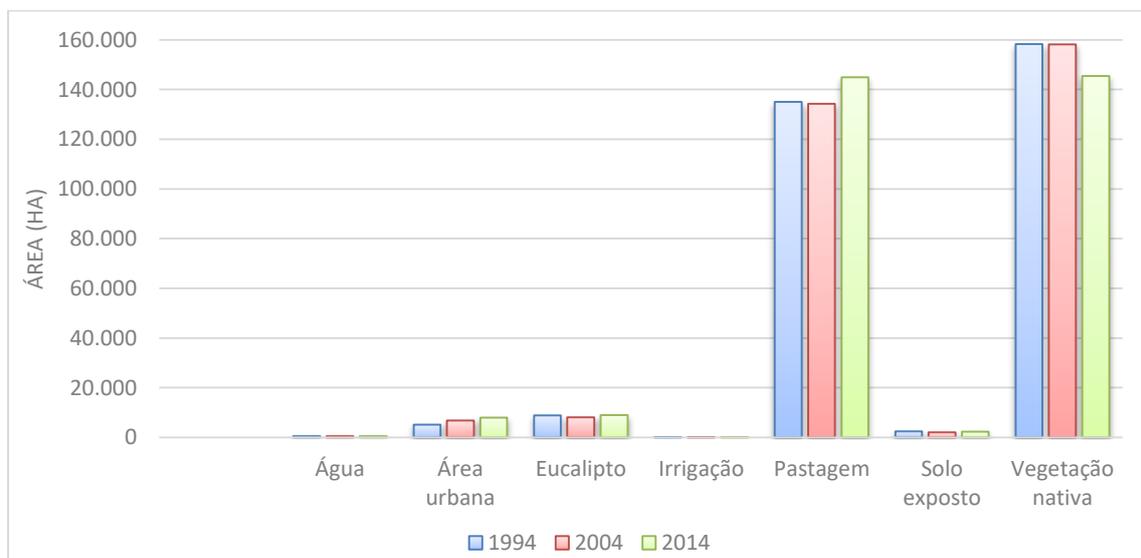
Tabela 8 – Índices Kappa para os anos 1994, 2004 e 2014.

	1994	2004	2014
Kappa	99.96 %	99.86 %	99.87 %

Fonte: Da autora, 2017

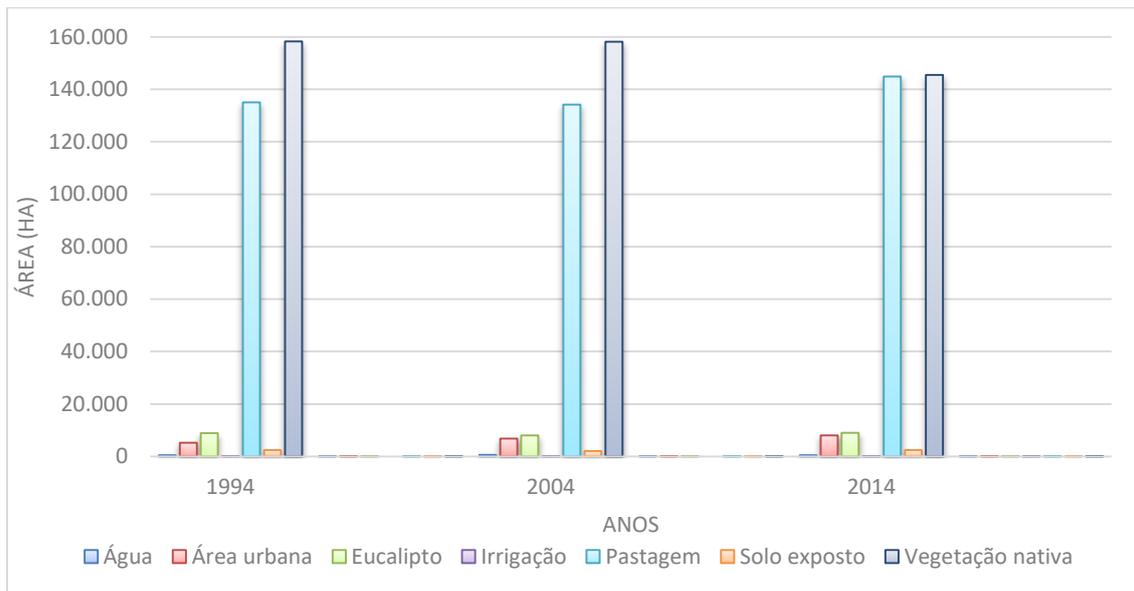
A partir da Tabela 7, elaborou-se o Gráfico 1, que enfoca a evolução de cada classe no tempo, e o Gráfico 2, que demonstra as diferenças entre as classes para cada ano estudado.

Gráfico 1– Evolução de cada classe nos anos estudados



Fonte: Da autora, 2017.

Gráfico 2– Comportamento das classes em cada ano estudado.



Fonte: Da autora, 2017.

Ao observar-se as figuras 2, 3 e 4 juntamente com a tabela 7, percebe-se que a predominância na sub-bacia é de vegetação nativa e pastagem, sendo que essas se comportam de forma diferentes dentro da bacia. Em algumas regiões tem-se o aumento da área de pastagem e em outras o aumento da área de vegetação, como na área ocupada pelo Parque Estadual Lapa Grande criado em 2006 (BRASIL, 2006), por exemplo, onde percebe-se um adensamento da vegetação com evolução dos anos. Moreira *et al.*, (2014) estudando a bacia do rio Vieira, sub-bacia do AVG, na qual está inserida o parque, também encontrou aumento da área de vegetação entre os anos de 2009 e 2012. Os valores de vegetação encontrados, 51, 51 e 47% para os anos de 1994, 2004 e 2014, respectivamente, foram próximos do valor de 40% informado no plano de bacia para o ano de 2008 (ANA, 2016). Essa diferença está possivelmente associada à metodologia utilizada no cômputo da área. Por outro lado, as demais regiões do AVG apresentaram característica de supressão de mata nativa, sendo substituída por área de pastagem, principalmente entre os anos de 2004 e 2014. Assim como a mata nativa, os valores de pastagem encontrados se aproximam do valor do plano, 48%.

Pôde-se perceber a expansão da área urbana que saltou de 5,19 mil ha em 1994 para 7,97 mil ha em 2014, em decorrência do crescimento da cidade de Montes Claros presente na sub-bacia. A área irrigada também aumentou, entretanto tem pouca representatividade dentro da sub-bacia, da ordem de 0,05% do total do solo em 2014. Essas afirmações corroboram com o plano de bacias do Rio Verde Grande.

A área de eucalipto manteve-se quase inalterável concentrando-se nas bordas da bacia, representando 2,84, 2,60 e 2,90% da ocupação solo nos respectivos anos. Em números gerais percebe-se um aumento no desmatamento entre 2004 e 2014 (vegetação diminuiu 4,17% e pastagem aumentou 3,40%). O período entre os anos de 1994 e 2004 apresentou poucas alterações tanto em pastagem quanto em vegetação, da ordem de 0,2%.

4.2 Relação entre as vazões, precipitação e uso e ocupação do solo

A partir dos dados obtidos na ANA (2017) acerca das vazões mensais mínimas, máximas e médias, elaborou-se a Tabela 9, expressa também em milímetros por ano, considerando a área de contribuição de 3.570 km². Encontrou-se um coeficiente de deságue entre a quantidade de água precipitada por ano em milímetros e vazão do rio Verde Grande também em milímetros por ano, conforme demonstra a Tabela 10.

Tabela 9 – Vazões máximas média, média e mínimas média por período estudado

Período	QMin Méd		QMéd		QMáx Méd	
	(m ³ /s)	(mm/ano)	(m ³ /s)	(mm/ano)	(m ³ /s)	(mm/ano)
1985-1994	3,03	26,730	11,49	101,518	34,26	302,658
1995-2004	1,61	14,234	6,32	55,796	14,95	132,062
2005-2014	2,80	24,691	7,83	69,209	20,60	182,013

Fonte: Da autora, 2017.

Tabela 10 – Correlação climatológica entre a precipitação e a vazão

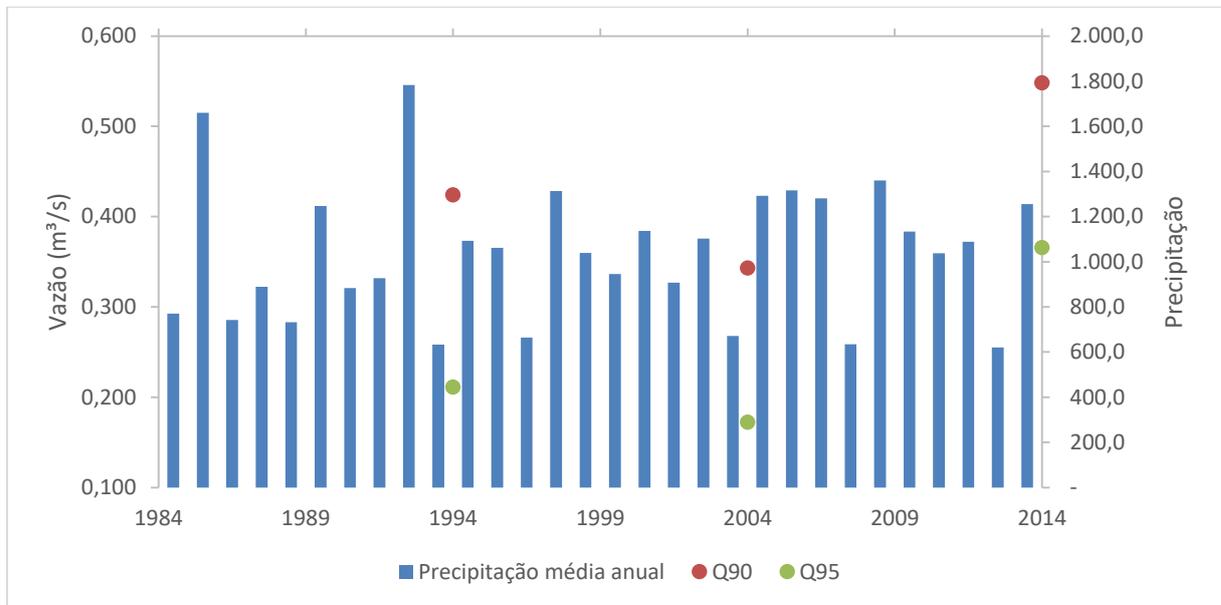
Período	Q Méd		Precipitação Média (mm)	Coeficiente de deságue (%)
	(m ³ /s)	(mm/ano)		
1985-1994	11,49	101,518	1026,73	9,9%
1995-2004	6,32	55,796	993,53	5,6%
2005-2014	7,83	69,209	1102,19	6,3%

Fonte: Da autora, 2017.

Na Tabela 10 percebe-se que existe um decréscimo da média de vazões por período estudado em função do decréscimo da precipitação e vice-versa. Pode-se perceber por meio do coeficiente de deságue que a quantidade de água que saiu do sistema na forma de vazão apresentou um percentual entre 5,6 e 9,9%, em relação a que entrou na forma de precipitação. Pereira *et al.*, (2007) avaliando o comportamento hidrológico do rio São Francisco e seus afluentes entres os anos de 1979 e 2000, identificaram que dentre os principais afluentes, o rio Verde Grande é o que apresenta menor coeficiente de deságue, sendo que apenas 5% do volume precipitado atingiu a foz do rio, corroborando com os resultados encontrados nesse trabalho.

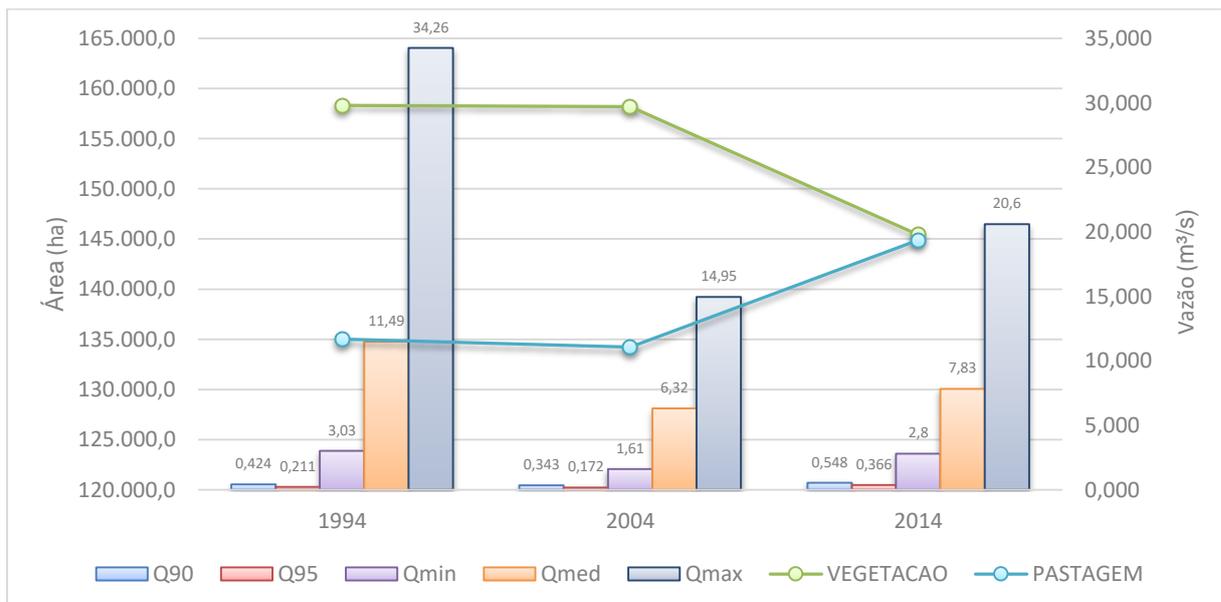
Construiu-se também o Gráficos 3, que representa o comportamento das vazões de permanência (Q_{90} e Q_{95}) frente a precipitação, e o Gráfico 4, que apresenta o comportamento de todas as vazões estudadas frente a evolução das classes de pastagem e vegetação nativa, predominantes na região.

Gráfico 3 – Vazões de permanência Q_{90} e Q_{95} e precipitação entre 1984 e 2014.



Fonte: Da autora, 2017.

Gráfico 4 – Evolução das classes de pastagem e vegetação nativa



Fonte: Da autora, 2017.

Collischonn *et al.*, (2001) afirma que existe a tendência de aumento da vazão média de um curso hídrico com o aumento do desmatamento. Segundo o autor a vazão mínima tende a diminuir enquanto que a vazão máxima tende a aumentar em proporções maiores em decorrência da redução na taxa de infiltração.

Entretanto, ao analisar-se os gráficos 3 e 4 em conjunto com o coeficiente de deságue, percebe-se que a vazão nesse trecho do rio Verde Grande está intimamente relacionada à precipitação, demonstrando pouca influência do uso e ocupação do solo nesse valor para o período analisado. O coeficiente de deságue demonstra que houve maior diferenciação no destino da água precipitada na bacia entre os períodos de 1984-1994 e 1995-2004, quando os valores percentuais médios de precipitação convertida em vazão foram de 9,9 e 5,6%, respectivamente. Enquanto isso, como já mencionado, esses dois períodos foram os que mais se assemelharam quanto ao uso e ocupação do solo.

Ainda de acordo com Collischonn *et al.*, (2001), essa variabilidade da vazão é acentuada quando existe a substituição de mata nativa para implantação de culturas anuais, enquanto que, quando são implantados culturas perenes ou pastagens essas alterações são minimizadas. De acordo Tucci (2002) essas vazões podem diminuir ou aumentar após o desmatamento dependendo da preservação da capacidade de infiltração da água no solo. No caso da sub-bacia AVG, como discutido anteriormente, a alteração predominante foi a substituição de vegetação nativa por pastagem, além do crescimento da área urbanizada, sendo a agricultura pouco presente nessa sub-bacia.

Outros fatores que explicam a baixa influência do uso e ocupação do solo na vazão do rio Verde Grande é a baixa amplitude na variação das classes (no máximo 4%) e a presença de um grande centro urbano na área, que consome mais de 15 milhões de m³/ano (SNIS, 2015). Santos *et al.*, (2010b) fazendo análise similar para a bacia do ribeirão João Leite no estado de Goiás, na qual a área da vegetação nativa reduziu 18% e a agricultura aumentou 15% em um período de 26 anos analisados (1979-2005), concluiu que a variabilidade climática explica parcialmente a variação na vazão do ribeirão, entretanto o consumo da água em grandes centros urbano (porções de Goiânia e Anápolis) presentes na área prejudicou a associação dessa vazão com o uso e ocupação do solo.

5 CONCLUSÃO

Durante os anos analisados nesse trabalho houve alterações de no máximo 4% no uso e ocupação do solo na sub-bacia do Alto Verde Grande.

A sub-bacia do AVG apresenta grande parte da sua área ocupada por vegetação nativa e possui tendência de aumentar a área de pastagem em supressão dessa.

A vazão do rio Verde Grande está intimamente relacionada com as precipitações, demonstrando pouca influência do uso e ocupação do solo sobre vazão do rio Verde Grande.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). Sistema de Informações Hidrológicas – HIDROWEB. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br>>. Acesso em: setembro de 2017.

ANA. Diagnóstico da outorga de direito de uso de recursos hídricos no Brasil. **Caderno de Recursos Hídricos**. Volume 4. Agência Nacional de Águas. Disponível em: <www.ana.gov.br>. Brasília. 2007. 168 p.

ANA. Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos. **Caderno de Capacitação em Recursos Hídricos**. Volume 6. Agência Nacional de Águas. Disponível em: <www.ana.gov.br>. Brasília. 2011. 50 p.

ANA. **Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande**. Agência Nacional de Águas. Disponível em: <www.ana.gov.br>. Brasília. 2013. 124p.

BRASIL. **Decreto nº 44.204**, de 10 de janeiro de 2006. Cria o Parque Estadual da Lapa Grande, no Município de Montes Claros. Diário Oficial da União, Brasília, DF, jan. 2006. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=5310>>. Acesso em set. 2017.

BRASIL. **Lei nº 9.433**, de 8 de janeiro de 1977. Institui a política nacional de recursos hídricos, cria o sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Diário Oficial da União, Brasília, DF, jan 1997. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/>>. Acesso em: set. 2017.

BARREIRAS, N.; NASCIMENTO J.; MIGUÉNS F.; BUXO A.; RIBEIRO L. Formulação de sistemas de suporte à decisão (SSD) para a gestão dos recursos hídricos subterrâneos em zonas áridas. In: SEMINÁRIO SOBRE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 10., 2015, Évora. **Anais...** Évora: Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos, 2015.

CARDOSO DA SILVA, L. M.; MONTEIRO, R. A. Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos: uma das possíveis abordagens. Gestão de Águas Doces/Carlos José Saldanha Machado (Organizador). Capítulo V, p. 135-178. Rio de Janeiro, 2004.

COLLISCHONN, W. (2001). Simulação hidrológica em grandes bacias, **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Porto Alegre. v. 6, n.1, p. 95–118, Jan/Mar. 2001.

COLLISCHONN, W.; TUCCI, C. E. M.; CLARKE, R. T. Further evidence of changes in the hydrological regime of the River Paraguay: Part of a wider phenomenon of climate change? *Journal of Hydrology*, v. 245, n. 1–4, p. 218–238, 2001

COPASA. Companhia de Saneamento de Minas Gerais. Disponível em: <<http://www.copasa.com.br/wps/portal/internet/imprensa/noticias/releases/2017rel/setembro17rel/nota-esclarecimento-montesclaros>>. Acesso em: Outubro de 2017.

DAINESE, R, N. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicado ao estudo temporal**

do uso da terra e na comparação entre classificação não supervisionada e análise visual. 2001. 186 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, São Paulo, 2001.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de pesquisa agropecuária. LANDSAT - Land Remote Sensing Satellite. Disponível em: <https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/sat/conteudo/missao_landsat.html >. Acesso em: Novembro de 2017.

GONÇALVES, G. A.; MITISHITA, E. A. O Uso da Distância de Hausdorff como Medida de Similaridade em Sistemas Automáticos de Atualização Cartográfica. p. 719–735, 2016.

HERRERA, D. J. M. **Integração de modelos de quantidade e qualidade da água para avaliação de cargas contaminantes em afluentes de mananciais de abastecimento.** 2013. 120 f., Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em: Agosto de 2017.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Manuais, Tutorial de Geoprocessamento, Classificação de Imagens Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/classific.html> >. Acesso em: Junho de 2017.

LANDIS, J.R. e KOCH, G.G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v.33, n.1, p. 159-174, 1977.

LIMA, W. P. Importância das florestas para produção de água. In: SIMPÓSIO SOBRE RECUPERAÇÃO DA COBERTURA FLORESTAL DA BACIA DO RIO CORUMBATAÍ, 3., 2000, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: IPEF/ESALQ, 2000.

MACHADO, R. E.; VETORAZZI, C. A.; XAVIER, A. C. Simulação de cenários alternativos de uso da terra em uma microbacia utilizando técnicas de modelagem e geoprocessamento. **Revista Brasileira de Ciência Do Solo**. Viçosa-MG. v. 27, n. 4, p. 727–733, 2003.

MOLINA, S. K. M. et al. Caracterização de disponibilidade hídrica e comparação de metodologias de regionalização de vazões., **Geociências**, São Paulo, v. 33, n. 3, p.506-515, October, 2014.

OLIVEIRA, B. S.; MATAVELI, G. A. V. Avaliação do desempenho dos classificadores Iseog e Bhattacharya para o mapeamento de áreas de cana-de-açúcar no município de Barretos-SP. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE, n. 1986, p. 6917–6922, 2013.

RODRIGUES, M. T. et al. Sensoriamento remoto e geoprocessamento classificadores a partir do índice Kappa. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, v. 23, p. 60–70, 2014.

SANTOS, A. R. DOS; PELUZIO, T. M. DE O.; SAITO, N. S. SPRING 5.1.2: Passo a Passo: Aplicações práticas. Alegre - ES: p. 153, 2010.

SILVA, F. M. M. DA; ARAKI, H. Data integration of high resolution orbital image and airborne LiDAR system for semi-automatic buildings detection in urban areas. Bol. Ciênc. Geod., v. 21, p. 15, jul. 2015.

SILVEIRA A. L. L. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: TUCCI C. E. M. (Org.) **Hidrologia: Ciência e aplicação**. 3. ed. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 2002. p. 35-40.

SNIS. Sistema Nacional de Informação Sobre Saneamento. Disponível em:< <http://app.cidades.gov.br/serieHistorica>>. Acesso em Novembro de 2017.

TEDESCO, A.; OLIANI, A. F. B. A. L. O. DETECÇÃO DE FORMAÇÃO EROSIVA (VOÇOROCA) POR MEIO DE CLASSIFICAÇÃO HIERÁRQUICA E POR ÁRVORE DE DECISÃO. p. 1005–1026, 2014.

TUCCI, C. E. M.; CLARKE, R. T., (1997). Impacto das mudanças da cobertura vegetal no escoamento: revisão. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 2. n. 1. p. 135-152, Jan-Jun. 1997.

TUCCI, C. E. Impactos da variabilidade climática e do uso do solo nos recursos hídricos. Câmara Temática sobre Recursos Hídricos, Brasília-DF, p. 150, maio 2002.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY - USGS. Landsat 8 (L8), Level 1 (L1) Data Format Control Book (DFCB). LSDS-809 Version 11.0. Sioux Falls: EROS, 2017. p. 26. Disponível em:< <http://earthexplorer.usgs.gov>>. Acesso em maio de 2017.

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 e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 1, p. 55–64, jan. 2010.