

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GEOGRAFIA
ENGENHARIA DE AGRIMENSURA E CARTOGRÁFICA

RAPHAEL GONÇALVES FRANCO DE CARVALHO

GEOPROCESSAMENTO APLICADO À GESTÃO DOS RECURSOS NATURAIS
DA BACIA HIDROGRÁFICA DO BAIXO RIO GRANDE - GD 8, NO CERRADO
MINEIRO

MONTE CARMELO

2021

RAPHAEL GONÇALVES FRANCO DE CARVALHO

GEOPROCESSAMENTO APLICADO À GESTÃO DOS RECURSOS NATURAIS
DA BACIA HIDROGRÁFICA DO BAIXO RIO GRANDE - GD 8, NO CERRADO
MINEIRO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado para obtenção do título de Engenheiro Agrimensor e Cartógrafo, pelo Instituto de Geografia, da Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Luziane Ribeiro Indjai

MONTE CARMELO

2021

Ficha Catalográfica

RAPHAEL GONÇALVES FRANCO DE CARVALHO

GEOPROCESSAMENTO APLICADO À GESTÃO DOS RECURSOS NATURAIS
DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GRANDE – GD8, NO CERRADO MINEIRO

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado para obtenção do título de
Engenheiro Agrimensor e Cartógrafo, pelo
Instituto de Geografia, da Universidade Federal
de Uberlândia, Campus Monte Carmelo.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Luziane Ribeiro Indjai

Monte Carmelo, 15 de junho de 2021.

Banca Examinadora:

Prof^ª Dra Luziane Ribeiro Indjai – Orientadora (UFU)

Prof^º Dr. Pedro Eduardo Ribeiro de Toledo – Examinador (UFU)

Me. Samuel Lacerda de Andrade – Examinador (UFU)

Dedico este trabalho aos meus pais, que sempre priorizaram e proveram meus estudos.

RESUMO

A ação antrópica muitas vezes é responsável pela degradação dos recursos naturais, pondo em xeque a cobertura vegetal, rios e suas nascentes, e áreas fundamentais para a *bio*. Atualmente, diversos recursos do geoprocessamento podem ser utilizados em prol da preservação e planejamento de áreas naturais. Biomas e bacias hidrográficas se encontram no rol de áreas de estudo onde essas ferramentas podem realizar um grande impacto positivo. Portanto, esse trabalho almejou elaborar e fornecer mapas que visassem colaborar para o entendimento de como estão distribuídos e como podem ser geridos os recursos naturais na região da bacia hidrográfica do Rio Grande, em Minas Gerais, na área que está presente no Cerrado. Para a confecção dos mapas utilizaram-se imagens, sensores remotos, e demais dados de interesse ambiental (qualidade da água, cursos d'água, bacias hidrográficas, altimetria, etc.) disponíveis no site da ANA (Agência Nacional das Águas), IGAM (Instituto Mineiro de Gestão das Águas), INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) e recursos de *softwares* como ArcGIS. Foram aplicadas as tecnologias para obtenção, armazenamento, processamento e apresentação dos dados georreferenciados, referentes à hipsometria, declividade do terreno, cobertura vegetal e uso do solo, qualidade da água, entre outros. Os resultados mostram que os produtos cartográficos gerados estão aptos a atender a proposta especificada neste trabalho. Além disso, poderá ser utilizado para uma visão mais aprofundada dos efeitos das ações antrópicas que têm trazido ao ambiente natural, bem como subsidiar o planejamento ambiental na região estudada.

Palavras-chave: Bacia Hidrográfica, Geoprocessamento, Cartografia, Rio Grande, Hipsometria, Declividade, Uso do Solo, Qualidade da Água, Análise.

ABSTRACT

Anthropic action is often responsible for the degradation of natural resources, causing damages to plant cover, rivers and their springs, as well as key areas for biodiversity. Nowadays, many Geoprocessing resources can be used for the preservation and planning of natural areas. Biomes and hydrographic basin are on the list of study areas where these tools can have a great positive impact. Therefore, the aim of this study was to develop and provide maps that can contribute for the understanding of how they are distributed and how the natural resources can be managed in the region of the Rio Grande hydrographic basin, in Minas Gerais, which is in the Cerrado area. For the production of maps, images, remote sensors, other environmental data of interest (water quality, water courses, hydrographic basins, altimetry, etc) available on the ANA (National Water Agency), IGAM (Institute for Water Management of Minas Gerais), INPE (National Institute for Space Research) website and software features (*e.g.* ArcGIS) was used. The technologies for obtaining, storing, processing and presenting georeferenced data, refer to hypsometry, land slope, vegetation cover and land use, water quality, among others, was applied. The results show that the generated cartographic products are able to fulfill the specified proposal of this work. Also, that can be used to a more depth view of human actions effects that have brought to the natural environment, as well as subsidize environmental planning in the studied region.

Keywords: Hydrographic Basin, Geoprocessing, Cartography, Rio Grande, Hypsometry, Declivity, Land Use, Water Quality, Analysis.

LISTA DE ILUSTRÇÕES

Figura 1 - Composição de uma bacia hidrográfica.....	17
Figura 2 - Regiões Hidrográficas Brasileiras	19
Figura 3 – Localização da Bacia Hidrográfica do Baixo Rio Grande	29
Figura 5 - Mapa 1 – Hipsometria para a Bacia Hidrográfica do Baixo Rio Grande	34
Figura 6 - Mapa 2 – Declividade para a Bacia Hidrográfica do Baixo Rio Grande.....	35
Figura 7 - Mapa 3 – Cobertura Vegetal para a Bacia Hidrográfica do Baixo Rio Grande.....	36
Figura 8 - Mapa 4 – Índice de Qualidade da Água para a Bacia Hidrográfica do Baixo Rio Grande	37
Figura 9 - Mapa 5 – Correlação entre o Índice de Qualidade da Água e a Cobertura Vegetal para a Bacia Hidrográfica do Baixo Rio Grande	39

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Exemplo de matriz lógica referente à problemática de uma bacia hidrográfica. ...20

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

GD8	Bacia Hidrográfica do Baixo Rio Grande
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
SIG's	Sistemas de Informações Geográficas
IQA	Índices de Qualidade da Água
pH	Potencial Hidrogeniônico
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
OD	Oxigênio Dissolvido
BHRG	Bacia Hidrográfica do Rio Grande
UGHs	Unidades de Gestão Hídrica
SRTM	<i>Shuttle Radar Topography Mission</i>
IDE-SISEMA	Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	OBJETIVOS.....	14
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
3.1	Geotecnologias usadas na Análise Cartográfica	15
3.2	Unidade de estudo – as Bacias Hidrográficas.....	15
3.3	Sensoriamento Remoto	21
3.4	Sistemas de Informações Geográficas (SIG's).....	22
3.5	Qualidade da Água.....	25
4	MATERIAL E MÉTODO	28
4.1	Localização e Caracterização da Bacia Hidrográfica do Baixo Rio Grande (GD8).....	28
4.2	Material.....	29
4.3	Método	30
4.4	Mapa de Hipsometria.....	30
4.5	Mapa de Declividade	30
4.6	Mapa de Cobertura Vegetal	30
4.7	Mapa de Qualidade da Água.....	31
5	RESULTADOS	32
6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	40
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41

1 INTRODUÇÃO

A apropriação do espaço pelo homem, a saída do homem do campo para a cidade e a urbanização acarretaram no crescimento da exploração dos recursos naturais. A compreensão do espaço geográfico é importante para o ordenamento das atividades antrópicas (ZAMPIERI, 2000). Nesse sentido, como resultado da ação antrópica, diversas transformações ambientais e sociais podem ser descritas.

Nas bacias hidrográficas, essas transformações interferem tanto na quantidade quanto na qualidade da água, além de interferirem na fauna e na flora existentes, as quais são dependentes dos recursos hídricos destas unidades. O manejo inadequado do solo, corroborado pela falta de ações de conservação do mesmo, pode resultar em perdas significativas, dentre as quais: solo; matéria orgânica; nutrientes; biodiversidade; água; e aumento do lixiviamento.

As geotecnologias, tais como o sensoriamento remoto e o geoprocessamento são técnicas fundamentais para a manutenção de registros do uso das bacias hidrográficas em relação ao tempo (TUCCI, 1993). As imagens de satélite, em forma digital ou papel, são de extrema importância ao permitirem avaliar as mudanças ocorridas na paisagem de uma região e num dado período, registrando o uso da terra em cada momento.

O uso de geotecnologias para mapeamento do uso e cobertura da terra pode ser utilizado como parte de um diagnóstico ambiental, assim permitindo o planejamento conservacionista (VALLE, 2016). A análise de mapas temáticos é uma forma para estudar as alterações que ocorrem na composição da paisagem. Os mapas podem ser utilizados como um suporte indispensável para o planejamento, ordenamento e uso eficaz dos recursos da terra para diferentes unidades territoriais (ECKHARDT, 2008).

Deste modo, podem ser representados em mapas, por exemplo: a demarcação de áreas de preservação de mananciais; as reservas florestais; as áreas agrícolas; os distritos industriais e as áreas de expansão urbana. O uso do espaço geográfico em um determinado período pode ser visualizado graficamente em mapas por meio de análises acerca das variáveis do solo, tais como a cobertura vegetal, a topografia, a drenagem, o tipo de solo, etc. (ECKHARDT, 2008).

Sabendo da grande importância do gerenciamento hídrico e planejamento ambiental, o presente trabalho confeccionou produtos cartográficos na busca da compreensão e análise da atuação antrópica sobre uma bacia hidrográfica, principalmente em relação a qualidade da água, pois essa é afetada diretamente pelo mau uso do seu entorno.

Para tanto, selecionou-se a microbacia do GD8, afluentes do Baixo Grande, Minas Gerais, Brasil. A Bacia Hidrográfica do Rio Grande é uma das mais importantes do país, abrangendo 879.860 km² e 393 municípios nos estados de São Paulo e Minas Gerais (CEMIG, 2019). Essa bacia foi escolhida para estudos devido à sua representatividade no sudeste brasileiro. Acredita-se que a ação antrópica presente na microbacia do GD8 pode ser descrita e avaliada baseada na literatura e nas técnicas em Cartografia e Sensoriamento Remoto.

2 OBJETIVOS

O objetivo dessa pesquisa é mostrar por meio do geoprocessamento a relação das ações antrópicas no índice de qualidade da água para a Bacia Hidrográfica do Baixo Rio Grande (GD8). Dentre os objetivos específicos, destacam-se:

- Revisão bibliográfica e cartográfica da área de estudo;
- Confecção de mapas temáticos de hipsometria, declividade, cobertura vegetal, índice de qualidade da água;
- Análise da cobertura vegetal com o índice de qualidade da água para a GD8.
- Análise da ação antrópica no índice de qualidade da água para a GD8.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Geotecnologias usadas na Análise Cartográfica

Os mapas temáticos são responsáveis por representar qualquer tema além da representação do terreno. O desenvolvimento de uma cartografia elaborada permite a integração de vários tipos de informação num único sistema, estabelecendo-se inúmeras relações entre a informação de cada mapa. Atualmente, a cartografia vem ganhando mais com a inserção das novas geotecnologias na coleta e armazenamento de dados geográficos, bem como no processamento e análise desses, até a produção e sua aplicação.

A degradação do meio ambiente, o uso não sustentável dos recursos naturais e as mudanças climáticas têm sido algumas das preocupações recorrentes de vários pensadores no mundo inteiro (IPCC, 2007). Em relação a essa preocupação, Colavite (2008) mencionou:

Como ferramenta de análise da paisagem e conseqüentemente de gestão e planejamento territorial as técnicas cartográficas são de fundamental importância, pois são aplicadas a qualquer estudo que envolva a necessidade de compreensão do espaço e das interações existentes, desde o princípio os estudos referentes à paisagem costumam basear-se em coletâneas de mapas que quando sobrepostos permitem visão integrada do sistema (COLAVITE, 2008.)

Em referência aos recursos hídricos, as geotecnologias já possibilitam o mapeamento do estado de conservação da qualidade da água e dos processos hidrológicos envolvidos, tais como o percurso da água subterrânea e superficial, processos erosivos, além de estimativas de inundação das bacias hidrográficas (LIU, 2006).

No que concerne à vegetação, o uso de índices de vegetação permite monitorar e quantificar as suas condições biofísicas e distribuição espacial. Ultimamente, a técnica é aplicada, em diversas escalas de análise, para o acompanhamento da cultura agrícola, umidade do solo, ocorrências de estiagens, etc.

Para que ocorra esta análise é necessário definir uma unidade de estudo bem detalhada e apropriada para tal análise, que é descrita por diversos autores, a bacia hidrográfica, que é o próximo tópico descrito.

3.2 Unidade de estudo – as Bacias Hidrográficas

A Lei 9.433/97 estabelece que a bacia hidrográfica é a unidade territorial para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997). A bacia hidrográfica pode ser definida como uma área definida topograficamente, drenada por um curso d'água ou um sistema conectado de cursos d'água tal que toda vazão efluente seja descarregada através de uma simples saída (VILLELA; MATTOS, 1975).

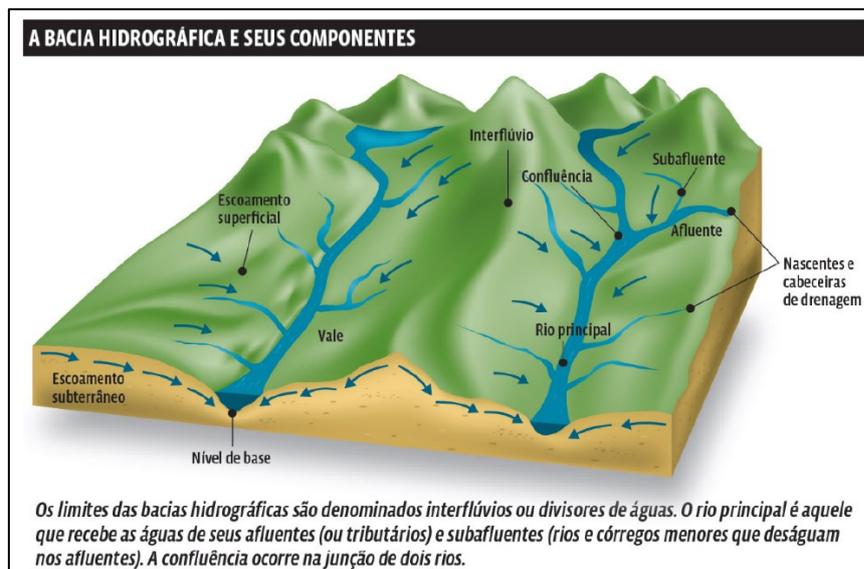
A bacia hidrográfica é uma área de captação natural da água da precipitação que faz convergir o escoamento para um único ponto de saída (TUCCI, 1997). De acordo com Lima (1986) “a bacia hidrográfica pode ser considerada um sistema geomorfológico aberto, e como tal ela se encontra, mesmo quando não perturbada, em contínua flutuação, num estado de equilíbrio transacional ou dinâmico.”

Ou ainda como cita Carvalho (2018):

[...] as bacias hidrográficas são sistemas abertos, que recebem energia através de agentes climáticos e perdem energia através do deflúvio e evapotranspiração. Desta forma, mesmo quando perturbadas por ações antrópicas, encontram-se em equilíbrio dinâmico. Desta maneira, qualquer modificação no recebimento ou na liberação de energia, ou modificação na forma do sistema, acarretará em uma mudança compensatória que tende a minimizar o efeito da modificação e promover o estado de equilíbrio dinâmico (CARVALHO, 2018, p. 39).

A bacia hidrográfica é composta por um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar em um leito único no seu exutório (SOUZA, 2000), como pode ser visto na **Figura 1** abaixo:

Figura 1 - Composição de uma bacia hidrográfica



Fonte: Guia do Estudante (2021)

Os principais componentes das bacias hidrográficas são: solo; água; vegetação; e fauna. Esses componentes coexistem em permanente e dinâmica interação, respondendo às interferências naturais (intemperismo e modelagem da paisagem) e aquelas de natureza antrópica (uso e ocupação da paisagem), afetando os ecossistemas como um todo. Assim, a adição de energia e a perda de energia do próprio ecossistema encontram-se sempre em delicado balanço.

A área da bacia hidrográfica tem influência sobre a quantidade de água produzida como deflúvio, já a forma e o relevo, atuam sobre a taxa ou sobre o regime dessa produção de água, assim como a taxa de sedimentação. O caráter e a extensão dos canais (padrão de drenagem) afetam a disponibilidade de sedimentos, bem como a taxa de formação do deflúvio (LIMA, 1986).

No mapeamento das bacias hidrográficas é possível evidenciar a morfologia do relevo, índices biológicos e antrópicos, além de precaver futuros eventos bem como elas atingem a população, sendo assim um mecanismo essencial para difundir informações referentes à dinâmica da superfície terrestre (ARAÚJO, 2017).

Os leitos hídricos são sistemas complexos caracterizados como escoadouros naturais das áreas de drenagens adjacentes, que formam as bacias hídricas (ZONTA; BRAUN; REIS, 2009). O complexo destes sistemas deve-se ao uso da terra, geologia, tamanho e formas das

bacias de drenagem, além das condições climáticas locais. Nas bacias hidrográficas, os recursos hídricos têm sido utilizados como receptores dos resíduos e são indicadores dos efeitos do desequilíbrio das interações dos seus componentes.

Por esse motivo, as bacias e sub-bacias hidrográficas tem se tornado compartimentos geográficos coerentes para o planejamento integrado do uso e ocupação dos espaços rurais e urbanos, cujo objetivo é o desenvolvimento sustentado, em que as atividades econômicas são compatíveis com a qualidade ambiental (SOUZA, 2000).

Já Nascimento e Fernandes (2017) destacam que as bacias hidrográficas é uma unidade fundamental para o gerenciamento hídrico e para o planejamento ambiental na conservação dos recursos naturais como pode ser visto no trecho destacado abaixo:

As bacias hidrográficas são unidades fundamentais para o gerenciamento dos recursos hídricos e para o planejamento ambiental, sendo identificadas como unidades de planejamento administrativo para fins de conservação dos recursos naturais (PEGADO, 2010; VITTALA; GOVINDAIAH; GOWDA, 2008). Os componentes das bacias hidrográficas coexistem em permanente e dinâmica interação, respondendo às interferências naturais e àquelas de natureza antrópica, o que afeta os ecossistemas como um todo (NASCIMENTO; FERNANDES, 2017, p.171).

Com o objetivo de respeitar as diversidades sociais, econômicas e ambientais do País, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH aprovou em 15 de outubro de 2003, a Resolução nº32 que instituiu a Divisão Hidrográfica Nacional. O território brasileiro foi dividido, num primeiro nível, em macro divisão hidrográfica, as chamadas Regiões Hidrográficas Brasileiras.

A Resolução n.32 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos define a divisão hidrográfica nacional em regiões hidrográficas (**Figura 2**). Essas regiões têm sua divisão justificada pelas diferenças existentes no país, tanto no que se refere aos ecossistemas como também diferenças de caráter econômico, social e cultural CNRH (2003).

Figura 2 - Regiões Hidrográficas Brasileiras



Fonte: CNRH (2003).

Moncada (2018) indica que no estudo dos parâmetros para diagnóstico do meio físico, com fins conservacionistas, elegem-se indicadores (parâmetros) potenciais de proteção ou degradação dos recursos naturais renováveis da bacia hidrográfica (**Quadro 1**).

Considerando tais indicadores pode-se adotar, por exemplo, características de relevo, como a declividade, as características pedológicas e de uso dos solos como relevantes para definir outros aspectos que compõem a fórmula que descreve o estado físico conservacionista da bacia (GHEZZI; FERRETTI, 2000). Dessa forma, os parâmetros levantados serão selecionados conforme seu potencial, buscando com isto identificar o grau de fragilidade ambiental em que se encontre a bacia hidrográfica.

Quadro 1 - Exemplo de matriz lógica referente à problemática de uma bacia hidrográfica.

PROBLEMAS	CAUSAS	CONSEQÜÊNCIAS	SOLUÇÕES
Desmatamento acelerado.	Pressão sobre novas áreas. Exploração de madeira. Falta de fiscalização.	Degradação do solo. Inundação de locais mais baixos. Descrédito institucional.	Reflorestamento. Plano de manejo florestal. Gestão de políticas.
Perda de solo	Erosão. Práticas inadequadas de cultivo.	Baixa produtividade dos cultivos. Assoreamento de rios. Diminuição do valor da terra.	Práticas de conservação de solo.
Má qualidade da água para consumo Humano	Contaminação por agrotóxico. Liberação para os rios de águas servidas e residuais sem tratamento. Falta de fiscalização sanitária.	Doenças. Aumento do custo de tratamento das águas. Racionamento de água.	Uso racional de agrotóxicos. Tratamento das águas servidas e residuais. Aplicação das leis.
Baixa Produtividade Agrícola	Falta de conhecimento. Conflitos no uso e manejo da terra. Falta de recursos para produção.	Diminuição da oferta de Produtos. Importação de produtos. Aumento do preço dos produtos.	Tecnificação agropecuária Incentivos para a produção. Planejamento do uso da terra.

Fonte: Adaptado de FAUSTINO (1996).

Após essa descrição de como funciona uma bacia hidrográfica é preciso fazer uma análise de todos seus componentes. Para isso é necessário a utilização de ferramentas para analisar esses componentes da bacia, o que torna a utilização das geotecnologias de fundamental importância nessa análise, por agrupar os mais diversos tipos de dados em um único produto.

É por meio de dados advindos de Sensoriamento Remoto e manipulados em ambientes SIG's que é possível analisar esses componentes. É o que será descrito nos dois tópicos abaixo, **3.2** que fala de Sensoriamento Remoto e o **3.3** sobre os SIG's.

3.3 Sensoriamento Remoto

Sensoriamento remoto é a tecnologia que permite obter imagens e outros tipos de dados, da superfície terrestre, através da captação e do registro da energia refletida ou emitida pela superfície (FLORENZANO, 2002). De forma sucinta, Sensoriamento Remoto é definido por Tavares (2018) como ciência que visa o desenvolvimento da obtenção de imagens da superfície terrestre, por meio da detecção e medição quantitativa das respostas das interações da radiação eletromagnética com os materiais terrestres.

Continuando com a descrição de Sensoriamento Remoto, este pode ser descrito de acordo com Rocha (2007, p. 115), como sendo a “[...] aplicação de dispositivos que, se colocados em aeronaves ou satélites, nos permitem obter informações sobre objetos ou fenômenos na superfície da Terra, sem contato físico com eles”. No geral, Sensoriamento Remoto pode ser entendido como a obtenção de dados coletados por instrumentos, denominados sensores, sem que haja contato direto com o alvo de investigação.

Os sensores remotos captam a radiação eletromagnética refletida ou emitida pelo objeto convertendo-a em sinal elétrico passível de registro e posterior interpretação (ANA, 2012). A maior parte dos sensores tem a capacidade de filtrar o espectro eletromagnético da luz visível e o infravermelho.

Com a utilização de plataformas e sensores para aquisição de informações espaciais, essas são utilizadas na atualização das bases de dados cartográficos, ocasionando em um importante avanço nas técnicas de processamento digital, sendo utilizados nas mais diversas áreas do conhecimento (SILVA; ROCHA; AQUINO, 2016).

É o que Rocha (2007) diz no trecho abaixo, onde esses modernos sensores são capazes de transmitir, receber e armazenar informações para serem utilizados nas mais variadas áreas de estudo.

Modernos sensores a bordo de aeronaves ou satélites, equipamentos para transmissão, recepção, armazenamento e processamento de dados, com o objetivo de estudar o ambiente terrestre nos domínios espacial, temporal e físico, através do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias componentes do planeta Terra (ROCHA, 2007, p. 116).

A quantidade de energia refletida ou emitida varia de acordo com a natureza dos objetos e se dá em diversos comprimentos de onda, e em cada comprimento de onda será captado em áreas distintas do sensor, que são chamadas bandas, ou seja, cada elemento da superfície terrestre deve ser mais, ou menos nítido na imagem, possibilitando a interpretação de cada objeto na superfície (MATHEUS, 2013).

O avanço tecnológico das últimas décadas favoreceu o desenvolvimento de vários satélites de monitoramento terrestre-ambiental (NOVO, 2010). Para tanto, possibilitou a coleta de dados (quantitativos e qualitativos) sobre o grau de degradação ao meio ambiente em escala global, regional ou local.

As análises de características, como cobertura vegetal, topografia, drenagem e tipo de solo, permitem chegar ao uso racional e adequado de um determinado espaço geográfico. Dessa maneira, determinam-se áreas de preservação de mananciais, reservas florestais, áreas agrícolas, distritos industriais e áreas de expansão urbana, para que o uso do solo obedeça às características naturais da bacia, e o planejamento considere o desenvolvimento sustentado (TUCCI, 1993).

Câmara, Davis e Monteiro (1998) afirmam que o Geoprocessamento influencia em diversas áreas do conhecimento por meio dos Sistemas de Informações Geográficas:

Vem influenciando de maneira crescente as áreas de Cartografia, recursos naturais, transportes, comunicações, energia e planejamento urbano e regional, principalmente através dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) que permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados georreferenciados (CÂMARA; DAVIS; MONTEIRO, 1998, p.).

A partir da utilização dos dados de Sensoriamento Remoto manipulados por meio do Geoprocessamento é possível utilizar esses dados nas mais variadas ciências, para isso é feito uma classificação dessas imagens por meio do SIG que é descrito no próximo item.

3.4 Sistemas de Informações Geográficas (SIG's)

O processamento digital de imagens de Sensoriamento Remoto tem como objetivo fornecer ferramentas para facilitar a identificação e a extração de informações contidas nas imagens, para posterior interpretação (ALVES; MELO, 2009). O resultado desse processo é a produção de outras imagens, contendo informações específicas, extraídas e realçadas a partir

das imagens brutas. Nesta situação, os sistemas dedicados de computação são utilizados para atividades interativas de análise e manipulação das imagens brutas.

A utilização de softwares de Geoprocessamento tem permitido condições para extração de informações georreferenciadas de parcelas do espaço geográfico a partir do cruzamento e análise de vários mapas temáticos. Este material é divulgado em mapas, nos fornecendo uma visão sobre os diversos componentes do ambiente (solos, geologia, geomorfologia, uso e cobertura vegetal, declividade, dentre outros).

Já para Grigio (2003) o SIG é uma ferramenta que auxilia muito em levantamentos de campo, pois, muitos dados obtidos de outras formas demorariam muito para ser conseguidos e por meio dos SIG's essa obtenção de dados é mais rápida, onde nesse tipo de análise ambiental a utilização do geoprocessamento é um facilitador para poder estabelecer comparações em uma mesma área em dois períodos distintos de tempo.

Então o Geoprocessamento

[...] é uma metodologia que permite a criação destas ambicionadas ilações, onde o uso do SIG propicia uma visão da situação ambiental como um todo – a decantada perspectiva holística – agora operacionalizada. Torna-se, deste modo, possível identificar as relações entre as diversas entidades localizadas no mundo real a partir de suas relações de contingência, conexão, proximidade e funcionalidade entre as partes componentes da situação ambiental, onde o próprio esforço de sua classificação pode perder seu caráter estanque (GRIGIO, 2003, p.81).

O uso do Sistema Geográfico de Informação (SIG's) permite ganhar conhecimento sobre as relações entre fenômenos ambientais, estimando áreas de risco, potenciais ambientais e definindo zoneamentos (FARIA; SILVA; GOES, 2003). Por essas razões, os SIG's são empregados na criação do banco de dados para esses modelos. São destinados à aquisição e ao tratamento de dados georreferenciados, permitindo a manipulação de dados de diversas fontes, recuperando e combinando informações e efetuando vários tipos de análises (ALVES; MELLO, 2009).

Outros autores como Rosa e Brito (1996, p.8) também descrevem os SIG's como sendo “[...] sistemas destinados a aquisição, armazenamento, manipulação, análise e apresentação de dados referenciados espacialmente”.

Já os autores Souza, Costa e Carvalho (2011, p.78) descrevem que “[...] um SIG pode ser utilizado para a produção de mapas gerando um banco de dados geográficos, que dará

suporte para as análises espaciais de diversas ordens. Sendo assim, pode-se perceber que tal arte traz possibilidades grandiosas de conhecimentos e análises”.

A utilização dos SIG's permite obter mapas com rapidez e precisão a partir da atualização dos bancos de dados, sendo uma ferramenta importante no estudo de potencialidades do ambiente, e, no caso da avaliação de áreas com susceptibilidade à erosão constitui-se etapa importante para a definição de práticas adequadas de manejo e conservação do solo e recursos hídricos.

Praticamente, todos os softwares qualificados em processamento de imagens de Sensoriamento Remoto permitem a aplicação de técnicas de classificação. Este procedimento é dividido em duas categorias, podendo ser supervisionada (com a atuação do usuário/operador) ou não-supervisionada (através de processo automático, sem participação do usuário/operador) (TOLENTINO; RAMOS; SILVA, 2014).

Para Assad e Sano (1998), a classificação de imagens se baseia na demonstração de um método de decisão, no qual uma porção de pixels é definida como pertencente a uma determinada classe do espaço físico terrestre. Neste sentido, os sistemas de computadores ajudam o usuário na interpretação das imagens de satélites. A classificação supervisionada exige um processo de treinamento onde o usuário utiliza informações que permitem o reconhecimento de suas classes de interesse (CORREIA *et al.*, 2007). Por outro lado, a não-supervisionada utiliza algoritmos de agrupamentos baseando-se exclusivamente dos dados.

Já para Oliveira (2014) a classificação supervisionada é quando:

[...] o usuário define em primeiro lugar as assinaturas espectrais das categorias classificadas, como urbano, florestal ou recurso hídrico. Em segundo lugar, o processamento digital de imagem, associa-se a cada pixel a assinatura espectral mais similar. Portanto, a classificação supervisionada compreende em definir os tipos de cobertura, amostrar e criar assinaturas dos pixels considerados da mesma classe, para assim, aplicar o método de classificação de probabilidade máxima e, por fim realizar a filtragem e refinamento dos agrupamentos (OLIVEIRA, 2014, p.928).

Para que tudo isso seja efetivado é necessário a definição de uma unidade de estudo para que essas técnicas de Sensoriamento Remoto e SIG's sejam utilizadas. Para isso a unidade de estudo mais utilizada para a realização de análises ambientais a partir de dados de Sensoriamento Remoto e SIG's é a Bacia Hidrográfica, e dentro de todos os componentes de uma bacia hidrográfica, um dos principais componentes é a água, por isso é feito uma análise em relação a qualidade da água, que será descrita no próximo tópico.

3.5 Qualidade da Água

Os índices e indicadores ambientais surgiram como resultado da crescente preocupação social com os aspectos ambientais, processo que requer um número elevado de informações em graus de complexidade. Por outro lado, os indicadores tornaram-se fundamentais no processo crucial das políticas públicas e no acompanhamento de seus efeitos (CETESB, 2012). A ideia básica dos índices de qualidade ambientais é agrupar uma série de variáveis numa escala comum, combinando-a em um único número (ALMEIDA; SCHWARZBOLD, 2003).

Segundo Toledo e Nicolelia (2002), o uso de indicadores de qualidade de água consiste no emprego de variáveis que se correlacionam com as alterações ocorridas na microbacia, sejam estas de origens antrópicas ou naturais. A qualidade da água não se limita na determinação da pureza, mas sim em todas as características físicas, químicas e biológicas da mesma, as quais podem ser distintas de acordo com os seus diversos usos (GLORIA; HORN; HILGEMANN, 2017).

Em muitas das situações, essa alteração é causada pela poluição, que pode ter diversas origens. A alteração do sistema aquático danifica as relações econômicas de uma região, que vão desde a redução da pesca até o aumento do custo de aquisição e seu tratamento.

A necessidade de um maior conhecimento e controle da variabilidade temporal e espacial foram desenvolvidos os Índices de Qualidade das Águas (IQA). O IQA é o principal indicador qualitativo usado no país, o qual foi desenvolvido para avaliar a qualidade da água para o abastecimento público, após o tratamento convencional (ANA, 2015).

O IQA é composto por nove variáveis (coliformes fecais, potencial hidrogeniônico (pH), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), nitrogênio total, fósforo total, turbidez, sólidos totais, Oxigênio Dissolvido (OD) e temperatura), com seus respectivos pesos, fixado em função da sua importância para a determinação da qualidade da água.

O pH é utilizado para definir a intensidade da condição ácida ou básica de uma determinada solução e também uma forma de quantificar a concentração do íon hidrogênio, influenciando no grau de solubilidade de substâncias, ocasionando mudanças na cor, na toxicidade dessas substâncias, entre outras. Ele influencia a quantidade de matéria orgânica a ser decomposta, ou seja, quanto mais matéria orgânica, menor será o pH (MELO; NEPOMUCENO, 2017).

A turbidez é em relação a penetração da luz solar nas partículas em suspensão provocando sua difusão ou a sua absorção. Quando há um aumento na turbidez significa uma

redução na zona de luz onde a fotossíntese iria ocorrer. Já o oxigênio dissolvido é a quantidade de oxigênio dissolvido presente no meio, podendo haver variações diárias e sazonais devido a temperatura, da fotossíntese, da turbulência das águas e da vazão.

A DBO é a quantidade necessária de oxigênio molecular para estabilizar a matéria orgânica que foi decomposta biologicamente. Ele expressa a presença de matéria orgânica na água. Os sólidos totais são todas as impurezas presente na água, fora os gases dissolvidos. Se um rio possui grande quantidade de sedimentos é chamado de rio barrento, trazendo problemas para a captação e tratamento da água.

O nitrogênio total quando se encontra em grandes quantidades ocasiona um processo chamado eutrofização. Essa determinação de quanto nitrogênio está presente na água fornece informações sobre a poluição se é recente ou não. O fosforo total é fundamental para o controle das taxas de crescimento de algas, cianobactérias, que são essenciais para o crescimento dos seres vivos. De acordo com Melo e Nepomuceno (2017) os compostos de fosforo podem:

[...] estar nas águas sob as formas de ortofosfatos, polifosfatos e fósforo orgânico. Os ortofosfatos têm como origem os fertilizantes fosfatados utilizados na agricultura, os polifosfatos são provenientes de despejos de esgotos domésticos e de alguns despejos industriais que utilizam detergentes sintéticos à base de polifosfatos. O fósforo total, o ortofosfato e a amônia formam o principal grupo de nutrientes com relação direta com o processo de eutrofização de um corpo d'água (MELO; NEPOMUCENO, 2017, p.5).

Tem se a temperatura, onde esta varia nos diversos corpos de água, devido a flutuação sazonal, sendo influenciada também pela altitude, latitude, época do ano, pela hora do dia e pela profundidade do corpo de água. Os coliformes termotolerantes ou coliformes fecais, nessa análise é feita a diferenciação de origem fecal ou não fecal.

O cálculo é realizado a partir do produtório ponderado das qualidades de água correspondentes às variáveis que integram o índice (CETESB, 2009). Os resultados obtidos variam em uma escala de 0 a 100, de acordo com o estado de qualidade da água do corpo hídrico em questão.

A classificação é feita dessa forma: Muito Ruim ($0 \leq IQA \leq 25$), Ruim ($25 < IQA \leq 50$), Médio ($50 < IQA \leq 70$), Bom ($70 < IQA \leq 90$) e Excelente ($90 < IQA \leq 100$). Onde esses índices permite a inferência sobre alguns aspectos específicos do curso de água, podendo ser sobre a biodiversidade e a toxicidade (COSTA; FERREIRA, 2015).

Onde para o cálculo desse índice cada parâmetro possui um peso diferente no cálculo. O oxigênio dissolvido: 0,17. Coliformes fecais: 0,15. O pH: 0,12. O DBO, Nitrogênio total, Fosforo total e Temperatura: 0,10 cada um. E a Turbidez e os Sólidos totais: 0,08 cada (COSTA; FERREIRA, 2015).

4 MATERIAL E MÉTODO

4.1 Localização e Caracterização da Bacia Hidrográfica do Baixo Rio Grande (GD8)

A Bacia Hidrográfica do Rio Grande (BHRG) ocupa uma área de 143,4 mil km² na divisa entre os Estados de Minas Gerais e São Paulo. Cerca de 60% da área da bacia encontra-se em Minas Gerais (CNRH,2013). A BHRG está dividida em 14 Unidades de Gestão Hídrica (UGHs), seis em São Paulo e oito em Minas Gerais.

As UGHs representam divisões hidrográficas correspondentes aos territórios de atuação dos comitês estaduais dos rios afluentes. O Rio Grande nasce na Serra da Mantiqueira, em Minas Gerais, e percorre cerca de 1290 km, até receber as águas do rio Paranaíba, na divisa entre São Paulo e Mato Grosso do Sul, formando o rio Paraná.

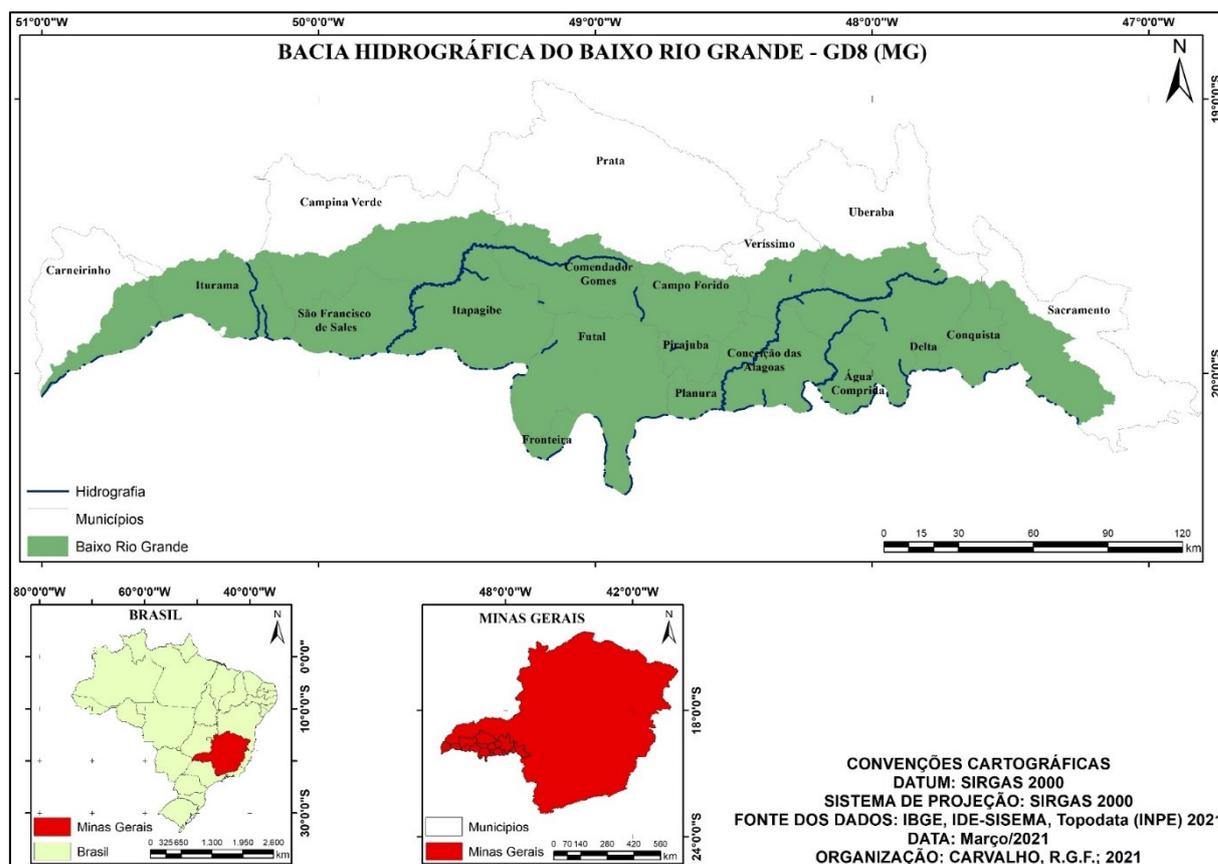
Dentre essas 14 unidades de gestão hídrica tem-se a Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros do Baixo Rio Grande (GD8). Segundo o Comitê que foi criado pelo Decreto nº 42.960 de 2002, ela abrange 22 municípios, sendo eles: Água Comprida, Campina Verde, Campo Florido, Carneirinho, Comendador Gomes, Conceição das Alagoas, Conquista, Delta, Fronteira, Frutal, Itapagipe, Iturama, Prata, Pirajuba, Planura, Sacramento, São Francisco de Sales, Uberaba, União de Minas e Veríssimo, com uma área total de 18.726 km² (IGAM, 2021).

A população humana da bacia de acordo com o Censo Demográfico de 2010 é de 525.693 mil habitantes, sendo que 491.815 mil é residente na área urbana e 33.878 mil na área rural.

A GD8 está inserida em uma região de predominância dos biomas Cerrado e Mata Atlântica (ANA, 2015). A região é grande produtora de grãos, fato este que se deve a utilização da irrigação (EUCLYDES; FERREIRA; FARIA FILHO, 2004). O aspecto relevante para desenvolvimento da irrigação é o equacionamento da disponibilidade de água. Na margem do Rio Grande, onde a água é abundante, as captações são complexas, especialmente devido à operação dos reservatórios para fins de produção de energia elétrica (ANA, 2015).

A localização da bacia pode ser vista na **Figura 3** abaixo, que mostra sua localização.

Figura 3 – Localização da Bacia Hidrográfica do Baixo Rio Grande



Organização: CARVALHO, R.G.F. (2021)

4.2 Material

O presente estudo foi dividido em 3 etapas. A primeira etapa foi um levantamento bibliográfico e cartográfico sobre a área de estudo para a confecção da parte teórica. A segunda etapa foi a manipulação dos dados para a confecção dos mapas temáticos e a terceira etapa foi a análise dos mapeamentos para a escrita dos resultados.

Os materiais utilizados para a realização da segunda etapa foram as Imagens SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), folhas 19S48-ZN, 19S51-ZN, 19S495-ZN, 20S48-ZN, 20S51-ZN, 20S495-ZN, 20S525-ZN, com resolução de 30 metros, imagens obtidas no *site* TOPODATA – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, para a obtenção dos mapas de declividade e hipsometria.

Para os mapas de Cobertura Vegetal e Índice de Qualidade da Água, os dados foram obtidos no *site* IDE-SISEMA (Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos) do Estado de Minas Gerais. Para que essa etapa fosse realizada

foi utilizado o *software ArcMap*, versão 10.5, de uso acadêmico para o tratamento dos dados. Em seguida foi feita a análise dos dados.

4.3 Método

Inicialmente, para a parte teórica foi feito um levantamento de vários textos, artigos, dissertações e outros para a sua confecção. Foi utilizado textos que falavam da GD8, textos que descreviam a utilização do geoprocessamento nesse tipo de mapeamento, descrição e dimensionamento do que é o IQA, entre outros assuntos correlacionados ao tema principal desse estudo.

Para a parte de manipulação dos dados foi utilizado o *software Arcmap*, versão 10.5 para o mapeamento temático. Dois dos mapas foram feitos a partir dos dados do Modelo Digital de Elevação, as imagens SRTM obtidas no site *TOPODATA* do INPE.

Primeiramente foi feito um mosaico de imagens utilizando a ferramenta *Mosaic To New Raster*, que se encontra no menu: - *Data Management Tools – Raster – Raster Dataset*. Pois para recobrir toda a área da bacia foram necessárias sete imagens.

Para os outros dois mapas foram utilizados dados compilados do site IDE-SISEMA e recortados para a área da GD8. Após a confecção desses mapas foi feita a análise de cada um e também a correlação entre eles que é demonstrado nos resultados.

4.4 Mapa de Hipsometria

Para o mapa hipsométrico, após a manipulação da imagem SRTM para a área da GD8, foi feito somente uma readequação na quantidade de classes para 7 classes, e alterado também a paleta de cores.

4.5 Mapa de Declividade

Já o mapa de declividade foi feito por meio da ferramenta *Slope*, que se encontra no menu: *Spatial Analyst Tools – Surface*. Foi gerado um mapa com 8 classes de declividade para a GD8.

4.6 Mapa de Cobertura Vegetal

Para o mapa de cobertura vegetal foi feito somente a readequação por meio da ferramenta *Extract by Mask* que se encontra no Menu: *Spatial Analyst Tools - Extraction* para a área da GD8 dos dados compilados do IDE-SISEMA, sendo definidas 10 classes: área artificial, área agrícola, pastagem plantada, mosaico de agropecuária, silvicultura, vegetação campestre, pastagem natural, mosaico de vegetação, água e área descoberta.

4.7 Mapa de Qualidade da Água

Em relação ao mapa de índice de qualidade da água foram utilizados os dados dos dois últimos anos de monitoramento disponíveis, que foram 2018 e 2019. As estações monitoradas presentes na área de estudo são localizadas nos seguintes rios ou córregos: córrego Gameleiras (Uberaba), rio Uberaba (Uberaba e Conceição das Alagoas), rio Grande (Divisa de Minas Gerais com São Paulo e Fronteira), córrego Santa Rosa (Iturama), ribeirão Tranqueira (Iturama), rio Verde ou Feio (Campina Verde e São Francisco de Sales) e ribeirão Buriti (Água Comprida).

Para a realização desse mapa foi utilizado a seguinte classificação para o IQA: valores entre 25 e 50, índice ruim, cor laranja. Valores de 50 a 70, índice médio, cor amarelo, e valores entre 70 e 90, índice bom, cor verde, somente alterado a paleta de cores.

5 RESULTADOS

Por meio de ferramentas de Geoprocessamento foi possível fazer esse mapeamento e analisar os resultados. Foram obtidos quatro mapas que são mostrados e analisados na sequência deste capítulo e então feita a correlação entre eles.

O primeiro mapa desenvolvido foi o de **Hipsometria**, que mostra as classes de altitude presentes na bacia, sendo possível obter uma compreensão de como o relevo se comporta. A Hipsometria variou de 447 m nas áreas às margens do rio Grande, principalmente na foz do rio, até 968 m nas áreas essas localizadas nos municípios de Uberaba e Sacramento, como pode ser notado no **Mapa 1**. A amplitude altimétrica é de 521 m, o que imprime ao relevo os compartimentos geomorfológicos vistos na figura XX,

O segundo mapa foi o de Declividade. Ela demonstra a influência sobre a velocidade da água. A variação da declividade determina o relevo, as atividades agrícolas entre outras atividades.

É o que se nota no trecho extraído de Flauzino *et al* (2010, p.83) abaixo:

Áreas de superfícies tabulares e com baixa declividade são típicas da região do Cerrado. Nestas áreas nota-se que o escoamento superficial é lento e a declividade do terreno permite a utilização de maquinário agrícola para as atividades agrônômicas. O estudo dos dados de hipsometria juntamente com o estudo da declividade do terreno, permite identificar áreas com potencial à formação de processos erosivos (FLAUZINO *et al*; 2010, p.83).

A declividade variou de valores menores que 2,74% a valores maiores que 38,04%, que é visto no **Mapa 2**. Os maiores valores se encontram nas direções norte, nos municípios de Prata e Campina Verde, e os valores menores distribuídos por toda área da bacia, principalmente as margens do rio Grande.

O **Mapa 3** mostra o mapeamento de cobertura vegetal para a GD8. Foram mapeadas 10 classes que são: classe de Água, representada principalmente pelo rio Grande, classe chamada de Área Artificial que é representada pelas manchas urbanas. Classe denominada Área Agrícola, situada principalmente nos municípios de Prata, Pirajuba, Planura, Conceição das Alagoas, Água Comprida, Delta, sul do município de Uberaba, sempre as margens do rio Grande, devido a utilização de suas águas para irrigação.

Classe de Pastagens Plantadas e Pastagem Natural distribuídas ao longo da bacia. A classe de Mosaico de Agropecuária localizada no município de Fronteira, na divisa com o Estado de São Paulo. Silvicultura localizado no município de Sacramento. Vegetação Campestre e Mosaico de Vegetação distribuídos por toda a bacia. E por fim a classe de Área Descoberta.

Nota se que na GD8 houve uma modificação na cobertura vegetal natural, foram inseridas outras classes de fundo antrópico, como a área agrícola, área artificial, as pastagens plantadas, silvicultura, todas essas classes possuem a ação do homem na sua formação. Isso acaba por consumir toda a vegetação remanescente, ocasionando também a contaminação dos cursos de água, seja pelo uso de agrotóxicos nas lavouras, seja pelo lançamento de esgotos, por exemplo, causando um desequilíbrio em toda bacia.

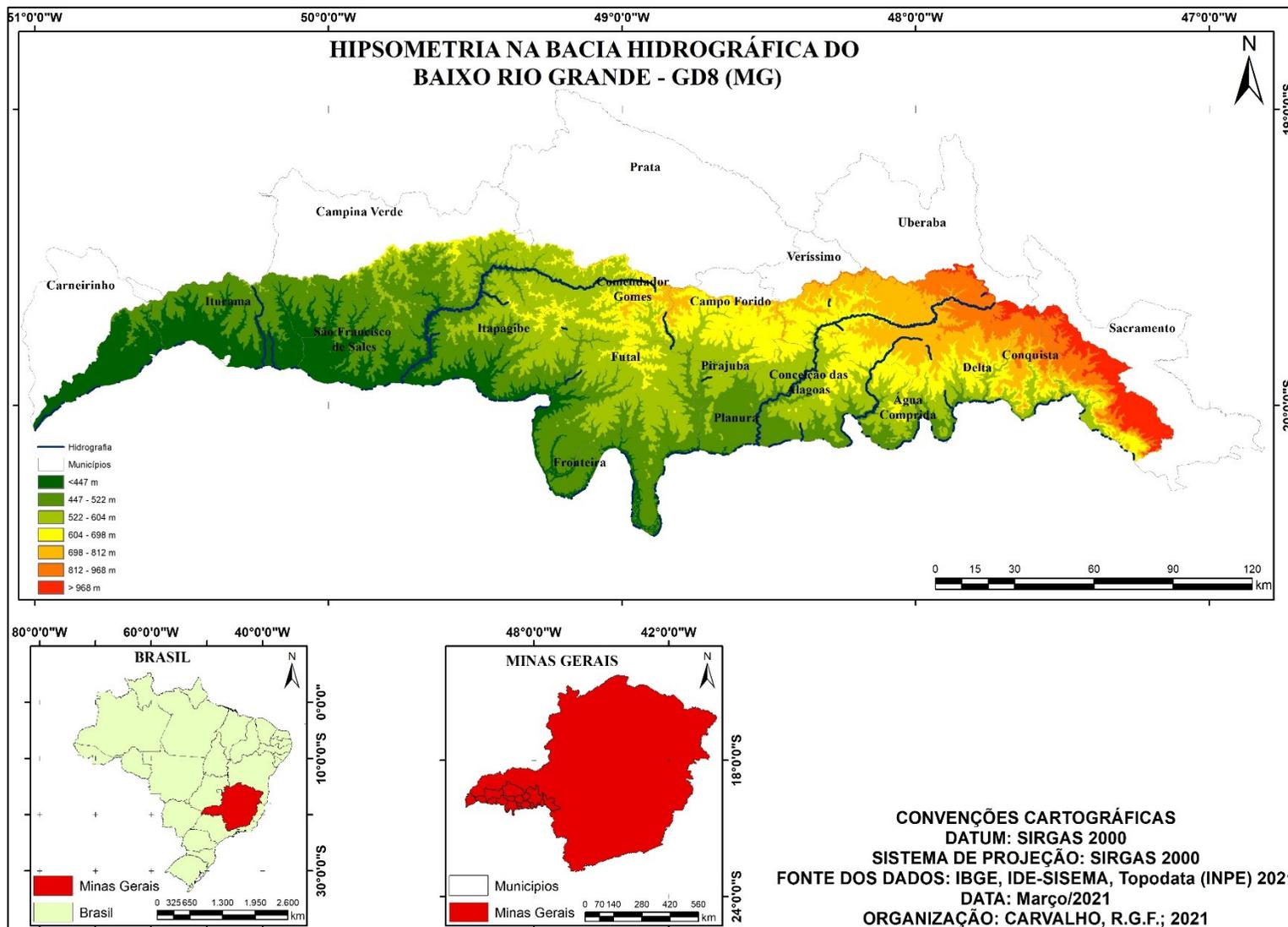
Tal fato pode ser visto no trecho transcrito de Flauzino *et al* (2010, p.85): “O assoreamento dos rios, processos de erosão intensos, aumento do escoamento superficial, rebaixamento do lençol freático, poluição dos mananciais, contaminação do solo, entre outros, são apenas alguns dos diversos impactos decorrentes da ação antrópica desmedida e desprovida de cuidados”.

E por fim foi feito o mapeamento do Índice de Qualidade da Água (**Mapa 4**), que mostra a qualidade da água de alguns afluentes e do próprio rio Grande dentro da GD8. Esse índice mostra as informações em relação aos 9 parâmetros físico-químicos auxiliando na gestão dos recursos hídricos.

Esses parâmetros permite o monitoramento da qualidade da água, sofrendo influência da atividade antrópica, sendo de fundamental importância, pois na GD8 teve uma grande modificação em relação a cobertura vegetal natural, alterando assim o equilíbrio e as características naturais da bacia.

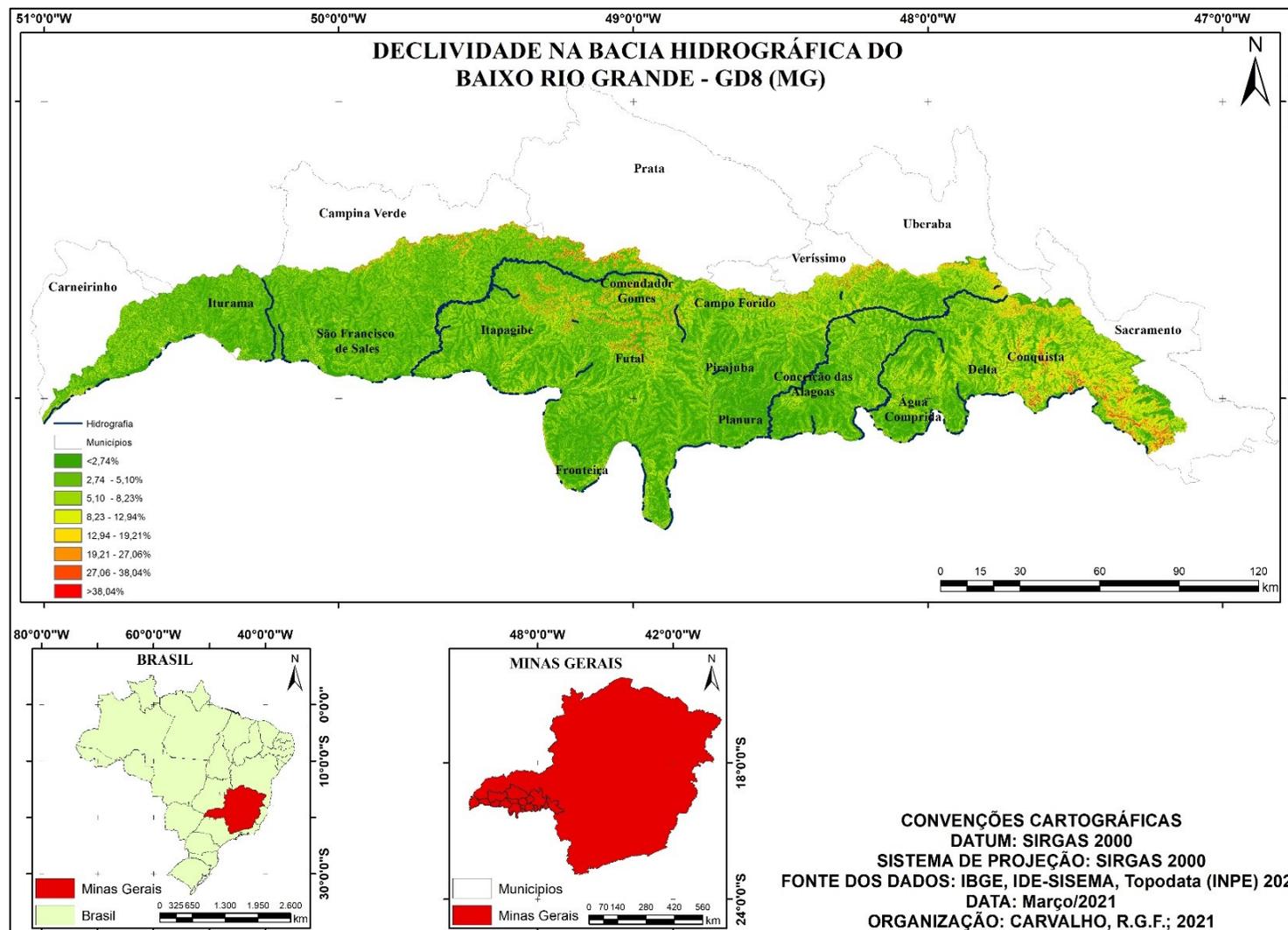
Essa variação é mostrada através dos índices Ruim (cor Laranja), Médio (cor Amarelo) e Bom (cor Verde). No mapa é mostrado pelos cursos d'água: Buriti (Amarelo), Gameleira (Laranja), Grande (Verde), Santa Rosa (Laranja), Tronqueira (Amarelo), Uberaba (Amarelo), Verde ou Feio (Amarelo).

Figura 4 - Mapa 1 – Hipsometria para a Bacia Hidrográfica do Baixo Rio Grande



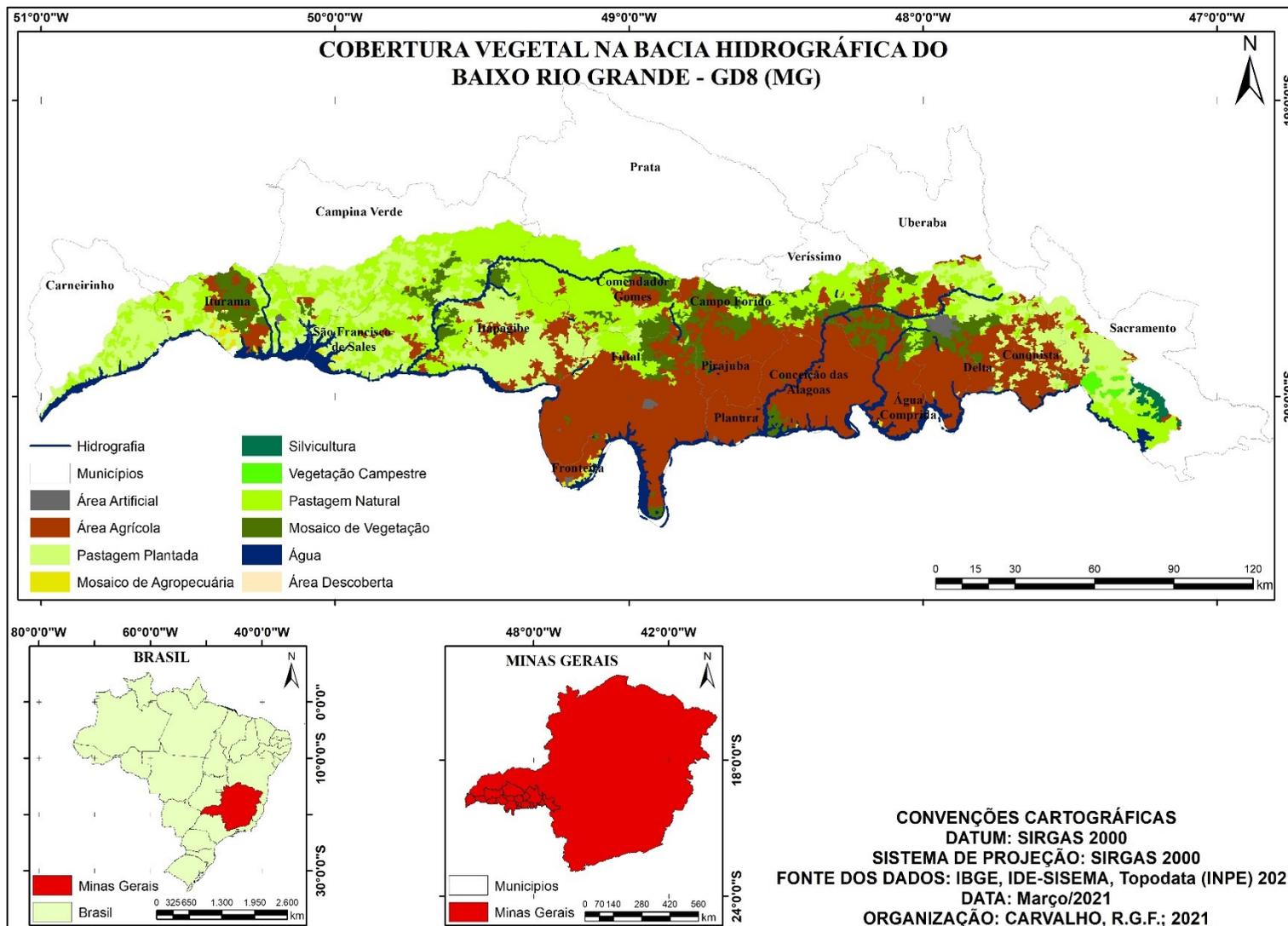
Organização: CARVALHO, R.G.F. (2021)

Figura 5 - Mapa 2 – Declividade para a Bacia Hidrográfica do Baixo Rio Grande



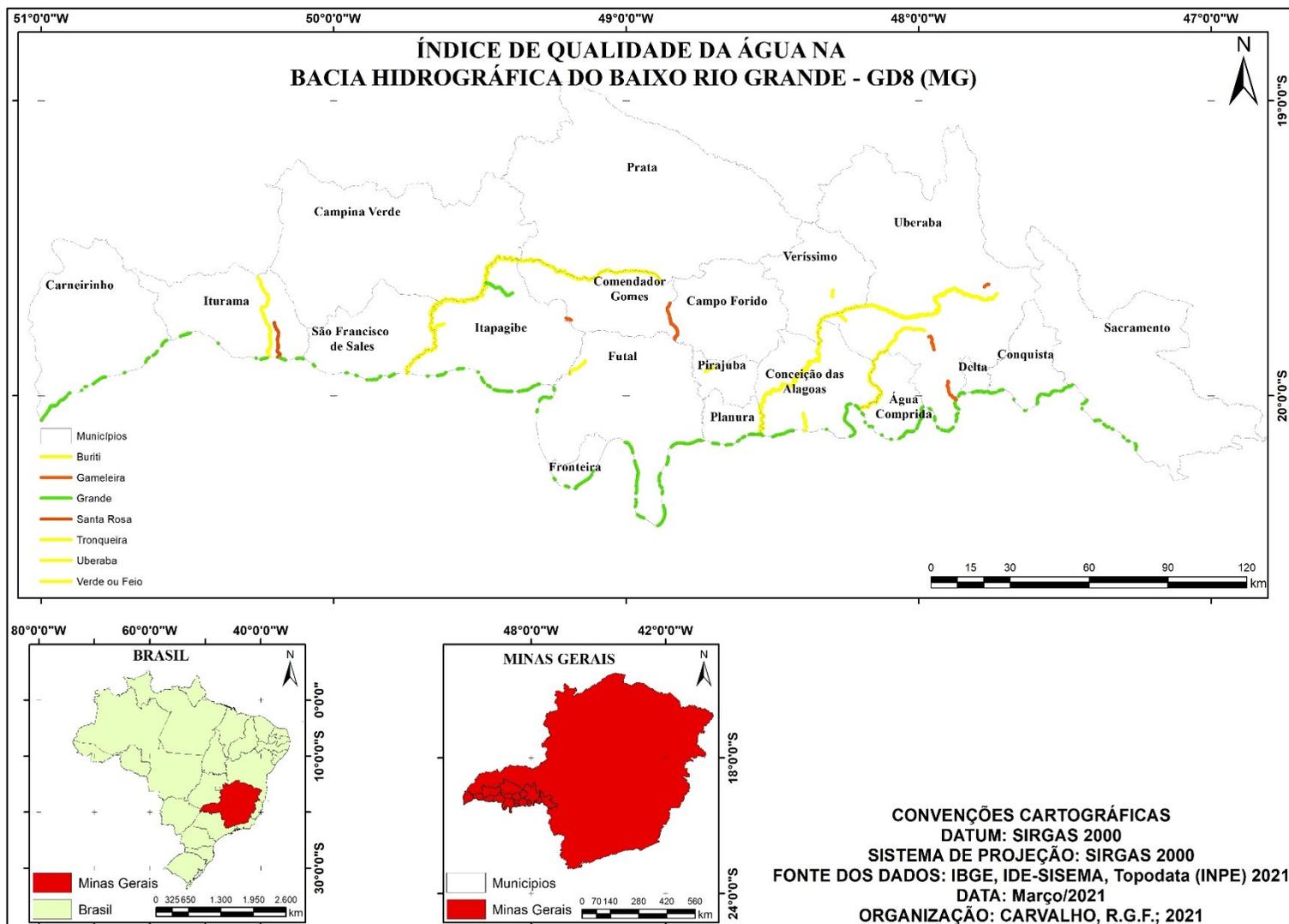
Organização: CARVALHO, R.G.F. (2021)

Figura 6 - Mapa 3 – Cobertura Vegetal para a Bacia Hidrográfica do Baixo Rio Grande



Organização: CARVALHO, R.G.F. (2021)

Figura 7 - **Mapa 4** – Índice de Qualidade da Água para a Bacia Hidrográfica do Baixo Rio Grande



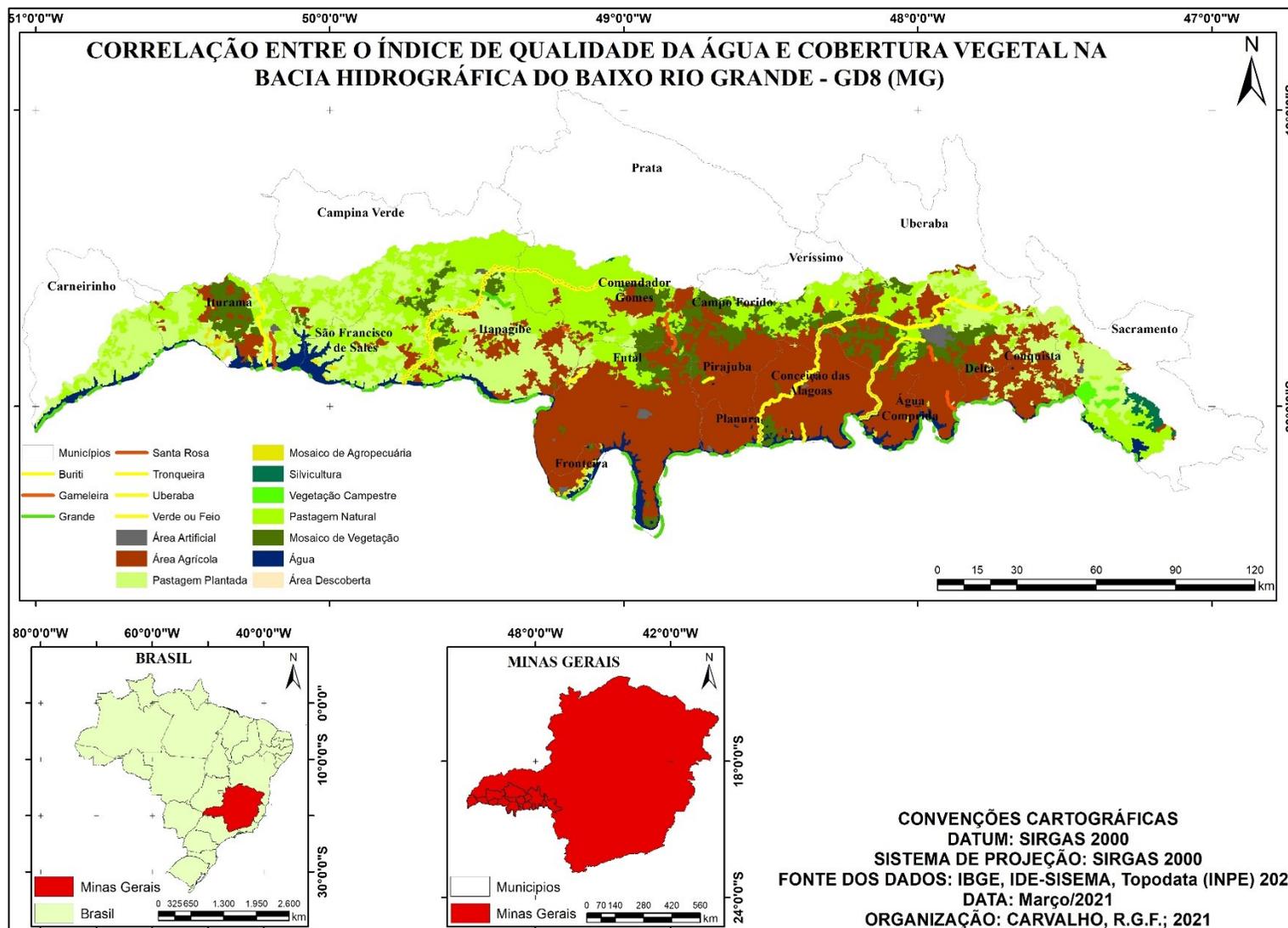
Organização: CARVALHO, R.G.F. (2021)

Analisando agora o Índice de Qualidade da Água com a cobertura vegetal (**Mapa 5**) é possível notar que os rios que possuem qualidade média cortam áreas agrícolas, áreas de pastagens tanto a plantada quanto a natural, podendo assim inferir que o tipo de cobertura afeta nesse índice, pois rios que cortam áreas agrícolas sofrem com a contaminação por meio dos agrotóxicos utilizados nas lavouras.

O que afeta também é que esses rios têm seu curso próximo as sedes de alguns municípios, fato este que interfere na qualidade de suas águas, devido a uma série de fatores, como por exemplo se há lançamento de esgoto nas suas águas.

Os dois rios que possuem qualidade de suas águas classificadas como: Ruins são o Gameleira e o Santa Rosa, esses rios cortam áreas diferentes de cobertura vegetal e também áreas artificiais potencializando ainda mais a contaminação dos mesmos. E o único rio com águas classificados como Boa é o rio Grande. Esse rio corre na divisa dos estados de Minas Gerais e São Paulo, possuem um fluxo maior de água. Sua localização longe de áreas urbanas o caracteriza com um índice de qualidade bom de suas águas.

Figura 8 - **Mapa 5** – Correlação entre o Índice de Qualidade da Água e a Cobertura Vegetal para a Bacia Hidrográfica do Baixo Rio Grande



Organização: CARVALHO, R.G.F. (2021)

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com o avanço do crescimento das cidades, este tipo de mapeamento de recursos naturais se torna imprescindível, principalmente devido ao aumento da substituição da cobertura natural pelas atividades antrópicas. Quando se tem um conhecimento dos atributos físicos de uma área, esse fato se torna importante para o planejamento das ações por meio dos órgãos públicos para tentar ao menos amenizar essa degradação que acontece pela substituição desses recursos naturais.

Os mapeamentos mostraram que houve uma grande substituição dos recursos naturais pela atividade agrícola, agropecuária e pelo crescimento das cidades, evidenciando ainda mais os impactos que tal prática acarreta, sobretudo na qualidade da água.

Os mapas de hipsometria e declividade mostrou que a GD8 possui grande parte de sua área com relevo plano e de baixa declividade, o que facilita muito a prática da agricultura, por meio de grandes lavouras de grãos. Em relação ao mapa de cobertura vegetal, este mostrou que na bacia aconteceu um grande avanço da agricultura, ainda mais com um grande potencial de irrigação que ocorre na região.

Já o mapeamento do índice de qualidade da água e também o da correlação entre esse índice com o de cobertura vegetal mostraram que a maior parte dos afluentes do rio Grande possui qualidade média, sendo somente o rio Grande com qualidade dita boa. Isso evidencia que os tipos de atividades praticadas próximas a esses rios influenciam na qualidade de suas águas.

Portanto a partir desse mapeamento foi possível verificar que quando há uma utilização sem controle dos recursos naturais, esse uso compromete a biodiversidade e também os rios que ali se encontram. Por meio da utilização das geotecnologias para mapear e analisar esses recursos, essas ferramentas se tornam de grande valia pois facilita na obtenção dos dados e também na capacidade de manipular grandes quantidades de informações em um curto espaço de tempo, sendo de fundamental importância para os gestores públicos tomarem suas decisões acerca do que se pode fazer por aquela área de forma sustentável.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Geoprocessamento e sensoriamento remoto aplicado a recursos hídricos**. Brasília: Apostila, 2012. Color. Disponível em: <<https://capacitacao.ead.unesp.br/dspace/handle/ana/99>>. Acesso em: 12 maio 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Bacia hidrográfica do Rio Grande - diagnóstico preliminar**. Brasília: Ana, 2015. Disponível em: <http://pirhgrande.ana.gov.br/Arquivos/2.Diagnostico_Preliminar/NT_Qualidade%20da%20Agua%20-%20Revisada.pdf>. Acesso em: 01 maio. 2019.

ALMEIDA, M. A. B.; SCHWARZBOLD, A. Avaliação sazonal da qualidade das águas do Arroio da Cria Montenegro, RS com aplicação de um índice de qualidade de água (IQA). **RBRH– Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 8, n. 1, p. 81-97, jan./mar. 2003.

ALMEIDA, F. C; FERREIRA, D. A. C. **Geoprocessamento e sensoriamento remoto aplicado a recursos hídricos**. Brasília: Apostila, 2015.

ALVES, C. M. D; MELO, L. F. S. Processamento digital de imagens de satélite aplicado à identificação de focos de degradação. **MundoGEO**, São Paulo, v. 2009, n. 1, p.1-12, jan. 2009. Disponível em: <<https://mundogeo.com/blog/2009/01/01/processamento-digital-de-imagens-de-satelite-aplicado-a-identificacao-de-focos-de-degradacao/>>. Acesso em: 27 maio 2019.

ARAÚJO, J. N. A. **Avaliação do risco de inundação no município de Monte Carmelo - MG**. 2017. 38 f. Monografia - Curso de Engenharia de Agrimensura e Cartografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.

ASSAD, E.D.; SANO, E.E. **Sistemas de Informações Geográficas - Aplicações na Agricultura**. Brasília, **EMBRAPA**, 1998.

BRASIL. **Lei no. 9.433 de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, Brasília, DF.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. Geoprocessamento para Projetos Ambientais. **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**. Capítulo 10. 2001.

CÂMARA, G; DAVIS, C; MONTEIRO, A. M. V. Introdução a Ciência da Geoinformação. **DPI-INPE**. Disponível em<<http://www.dpi.inpe.br>>, São José dos Campos, 1998. Acesso em: 15 abr. 2019.

CARLSON, T. N.; RIPLEY, D. A. On the relation between NDVI, fractional vegetation cover, and leaf area index. **Remote sensing of Environment**, v. 62, n. 3, p. 241-252, 1997.

CARREIRAS, J. M. B.; PEREIRA, J. M. C.; CAMPAGNOLO, M. L.; SHIMABUKURO, Y. E. Assessing the extent of agriculture/ pasture and secondary succession forest in the Brazilian Legal Amazon using Spot Vegetation data. **Remote Sensing of Environment**, v.101, p.283-298, 2006.

CARVALHO, F. Mapeamento de área de preservação permanente da bacia do rio Inferninho– Santa Catarina. 2018. 60 f. Monografia (Especialização) - Curso de Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS (CEMIG). **Bacia do Rio Grande**. 2019. Disponível em: <http://www.cemig.com.br/pt-br/A_Cemig_e_o_Futuro/sustentabilidade/nossos_programas/ambientais/peixe_vivo/Paginas/rio_grande.aspx>. Acesso em: 27 maio 2019.

CNRH. **Resolução n. 32, de 15 de outubro de 2003**. Anexo I. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2003.

COELHO NETTO, A. L. **Hidrologia de Encostas na Interface com a Geomorfologia**. In: GUERRA, A. J. T; CUNHA, S. B.: “Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos”. Editora: Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 6 ed., 2005.

COLAVITE, A.P. **Cartografia aplicada à análise ambiental da bacia hidrográfica do Rio do Campo – PR**. 2008. 52f. Monografia (Especialização em Georreferenciamento de Imóveis Urbanos e Rurais) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2008.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Índices de qualidade das águas**. São Paulo: CETESB, 2012. Disponível em:

<[Http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/%C3%A1guas-superficiais/108-%C3%ADndices-de-qualidade-das-%C3%A1gua](http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/%C3%A1guas-superficiais/108-%C3%ADndices-de-qualidade-das-%C3%A1gua)>. Acesso em: 15 de abr. 2019.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Variáveis de qualidade de água. São Paulo, 2009**. Disponível em:

<<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis.asp#transparencia>>. Acesso em: 15 abr. 2019.

CORREIA, V. R. M; *et. al.* Uma aplicação do sensoriamento remoto para a investigação de endemias urbanas. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, p.1015-1017, 23 maio 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/csp/v23n5/04.pdf>>. Acesso em: 01 maio 2019.

COSTA, F.B.; FERREIRA, V.O. ANÁLISE DE PARÂMETROS QUE COMPÕEM O ÍNDICE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS (IQA) NA PORÇÃO MINEIRA DA BACIA DO RIO PARANAÍBA. **Observatorium**, Uberlândia, v. 7, n. 18, p. 22-47, set. 2015.

ECKHARDT, R. R. Proposta de zoneamento ambiental para a região político-econômica do Vale do Taquari (RS). **Climatologia e Estudos da Paisagem**, Rio Claro, v. 3, n. 2, p.5-37, 2008.

ECKHARDT, R. R; SILVA, J. F; LINN, R. M. As geotecnologias no contexto do planejamento ambiental municipal - estudo de caso para o município de Três Coroas – RS - Brasil. **Geografia**, Londrina, v. 19, n. 1, p.23-47, jan. 2010.

ESTUDANTE, Guia do. **Hidrosfera: Bacias hidrográficas do Brasil Leia mais em: <https://guiadoestudante.abril.com.br/curso-enem-play/bacias-hidrograficas-do-brasil-as-fontes-de-agua-de-nosso-territorio/>**. Disponível em: <https://guiadoestudante.abril.com.br/curso-enem-play/bacias-hidrograficas-do-brasil-as-fontes-de-agua-de-nosso-territorio/>. Acesso em: 29 de março 2021.

EUCLYDES, H. P; FERREIRA, P. A; FARIA FILHO, R. F. Atualização dos estudos hidrológicos nas bacias hidrográficas dos rios Grande e Piracicaba/Jaguari em Minas Gerais. In: VIII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 13, 2004, São Luis. **Anais[...]** São Luis: Srhn, 2004.

FARIA, A.L. L; SILVA, J.X; GOES, M. H.B. Análise ambiental por geoprocessamento e maré as com susceptibilidade à erosão do solo na bacia hidrográfica do Ribeirão do Espírito Santo, Juiz de Fora (MG). **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 9, n. 4, p.50-65, jun. 2003.

FAUSTINO, J. Planificacionmy Gestion de Manejo de Cuencas. Turrialba: CATIE, 1996. 90p. Disponível em:<www.cpafro.embrapa.br>. Acesso em: maio 2019.

FLAUZINO, F.S; *et al.* Geotecnologias aplicadas à gestão dos recursos naturais da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba no Cerrado Mineiro. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 22, n. 1, p.75-91, abr. 2010.

FLORENZANO, T. G. **Imagem de satélite para estudos ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

GHEZZI, A. O; FERRETTI, E. R. Diagnóstico Ambiental da Bacia do Rio Xaxim Antonino – Paraná – Brasil. In: **I Seminario Latino americano de Geografía Física. Programa y Resúmenes**. La Habana, Cuba, 2000.

GRIGIO, A.M. **Aplicação de sensoriamento remoto e sistema de informação geográfica na determinação da vulnerabilidade natural e ambiental do município de Guamaré (RN): simulação de risco às atividades da indústria petrolífera**. 2003. 253 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Geodinâmica e Geofísica, Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2003.

GLORIA, L. P; HORN, B. C; HILGEMANN, M. Avaliação da qualidade da água de bacias hidrográficas através da ferramenta do Índice de Qualidade da Água - IQA. **Revista Caderno Pedagógico**, Lajeado, v. 14, n. 1, p.103-119, 2017.

GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. **Digital Image Processing**. 2. ed. New Jersey: Prentice Hall, 2002.

GUSTAFSON, J. E. **Quantifying landscape spatial pattern: what is the state of the art?** Ecosystems, New York, v. 1, p. 143-156, 1998.

IDE-SISEMA. **Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - Minas Gerais**. Disponível em: <http://idesisema.meioambiente.mg.gov.br>. Acesso em: 18 de março 2021.

IGAM. **Portal dos Comitês - Instituto Mineiro de Gestão das Águas**. Disponível em: <http://comites.igam.mg.gov.br/comites-estaduais-mg/gd8-cbh-do-baixo-rio-grande>. Acesso em: 18 de março. 2021.

INPE. **Topodata - Banco de dados geomorfométricos do Brasil**. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/>. Acesso em: 18 de março 2021.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (IPT). **Diagnóstico da situação dos recursos hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Grande (BHRG) – SP/MG** (Relatório Síntese – R3). Relatório 96581205. ed. São Paulo: Ipt, 2008.

IPCC. **Mudança do clima 2007: a base das ciências físicas; contribuição do Grupo de Trabalho I ao Quarto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima; Sumário para os Formuladores de Políticas**. Paris: IPCC, 2007. 25p. Disponível em: http://www.mct.gov.br/upd_blob/0015/15130.pdf. Acesso em: 25 de maio 2019.

JOHNSON, B. A., TATEISHI, R.; HOAN, N. T., **Satellite Image Pan sharpening Using a Hybrid Approach for Object-Based Image Analysis**. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v. 1, pag. 228, 2012. Disponível em: <http://www.mdpi.com/2220-9964/1/3/228>. Acesso em: 07 maio 2019.

LIMA, W.P. **Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas**. São Paulo: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1986.

LIU, W.T.H. **Aplicações de sensoriamento remoto**. Campo Grande: UNIDERP, 2006.

LOPES, F. B.; *et. al.* Mapa da qualidade das águas do rio Acaraú, pelo emprego do IQA e geoprocessamento. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 3, p. 392-402, 2008.

MACHADO, P.J, TORRES, F.T.P. Introdução à Hidrografia. **Cengage Learning Edições**, Publicado em 12 de março de 2012.

MATHEUS, R. B. **Como funciona e para quê serve o sensoriamento remoto?** São Paulo: Slides, 2013. Color. Disponível em: <<http://parquedaciencia.blogspot.com/2013/07/como-funciona-e-para-que-serve-o.html>>. Acesso em: 01 de maio. 2019.

MELO, F. A.O.; NEPOMUCENO, A.L.T. DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO PIRANGA- MG. In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, 14., 2017, Resende (RJ). **Anais [...]** .Seget, 2017. p. 1-12.

MENEGUETTE, A. A. C. **Atlas interativo do Pontal do Paranapanema: uma contribuição à educação ambiental**. Presidente Prudente: Unesp, 2000. (Tese de Livre-Docência).

MONCADA, M. **Conservação de solos e Recuperação de áreas degradadas**. Rio de Janeiro: Slides, 2018. Color.

MOTÉ, F. O. Classificação de Unidades de Paisagem na bacia do rio Macaé (RJ) como proposta metodológica ao planejamento ambiental. (Dissertação de mestrado em Geografia). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2008.

NASCIMENTO, T.V.; FERNANDES, L.L. Mapeamento de uso e ocupação do solo em uma pequena bacia hidrográfica da Amazônia. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 39, n. 1, p.170-178, Jan-Abr. 2017.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. Ed. São Paulo: Blucher, 2010.

OLIVEIRA, G.C. et al. Classificação supervisionada como ferramenta para avaliação da dinâmica do uso e cobertura do solo. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 10, n. 18, p.924-935. 2014.

OLIVEIRA, K. **Mapeamento das áreas de risco à inundação no município de Rio Grande da Serra - SP**. 2017. 48 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Cartográfica e Agrimensura, Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2017.

RIBEIRO, R.J.C.; BAPTISTA, G.M.M.; BIAS, E.S. Comparação dos métodos de classificação supervisionada de imagem Máxima Verossimilhança e Redes Neurais em ambiente urbano. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais**. Florianópolis: Inpe, 2007. p. 5471 - 5478.

ROCHA, C. H. B. Geoprocessamento – Tecnologia Transdisciplinar. Juiz de Fora, MG: 3Ed., rev. e atual., 2007. 220p.

ROSA, R. **Introdução ao sensoriamento remoto**. 6. ed. Uberlândia: EDUFU, 2007.

ROSA, R.; BRITO, J. L. S. Introdução ao geoprocessamento: Sistema de Informações Geográficas. Uberlândia: EDUFU, 1996. 104 p.

ROCHA, J.S.M. **Manual de interpretação de aerofotogramas**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1986.

ROCHA, J.S.M. da. **Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1991.

SABINO JUNIOR, F.F. **Remote Sensing Principles and Interpretation**. W.H. Freeman, San Francisco, 1978. 426

SANTOS, G. S. T. **Mapeamento de risco de incêndio no município de Monte Carmelo – MG**. 2017. 45 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Cartográfica e Agrimensura, Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2017.

SILVA, M.K.A. **Análise geoambiental das bacias hidrográficas federais do cerrado mineiro**. 2009. 200 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2009.

SILVA, F. J. L. T.; ROCHA, D.F.; AQUINO, C.M.S. GEOGRAFIA, GEOTECNOLOGIAS E AS NOVAS TENDÊNCIAS DA GEOINFORMAÇÃO: indicação de estudos realizados na região Nordeste. *Interespaço*, Grajaú (MA), v. 2, n. 6, p.176-197, ago. 2016.

SILVA, S. L. **Uso de imagens landsat para avaliação das alterações ambientais causadas pela usina hidrelétrica de Nova Ponte/MG**. 2017. 45 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Cartográfica e Agrimensura, Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2017.

SOUZA, M. M.; COSTA, L.H.; CARVALHO, D.A.S. Utilização de ferramentas de geoprocessamento para mapear as fragilidades ambientais na área de influência direta da UHE de Belo Monte, no Estado do Pará. *Espaço Plural*, Cascavel (PR), v. 12, n. 25, p.73-85, dez. 2011.

SOUZA, E. R.; FERNANDES, M. R. Sub-bacias hidrográficas: unidades básicas para o planejamento e a gestão sustentável das atividades rurais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, V.21, n 207, p 15-20, novembro/dezembro. 2000.

TAVARES, V. C; ARRUDA, Í. R P; SILVA, D. G. Uso de geotecnologias na análise da cobertura vegetal: um estudo de caso no Município de Exu – Pernambuco. In: Congresso Internacional Da Diversidade Do Semiárido, 2, 2018, Campina Grande. **Anais[...]** Campina Grande: Realize, 2018. p. 1 - 9. Disponível em: <http://www.editorarealize.com.br/revistas/conidis/trabalhos/TRABALHO_EV074_MD1_SA2_ID580_02102017230521.pdf>. Acesso em: 25 maio 2019.

TOLEDO, L. G; NICOLELLA, G. Índice de qualidade de água em microbacias sob uso agrícola e urbano. **Scientia Agricola**, São Paulo, v. 59, n. 1, p.181-186, jan. 2002.

TOLENTINO, F. M.; RAMOS, R.R.S; SILVA, C. R. Análise da Cobertura Vegetal na Bacia do Rio Jordão - MG. In: Encontro Internacional de Vulnerabilidades e Riscos Socioambientais,

2014, Rio Claro - SP. **Anais[...]** 2014. Disponível em: <[s://drive.google.com/file/d/0By5EpAtoDIP0YWJqekx1cnhKMTg/view](https://drive.google.com/file/d/0By5EpAtoDIP0YWJqekx1cnhKMTg/view)> Acesso em: 01 maio 2019.

TORRES, F. T. P.; MACHADO, P. J. O. **Introdução a climatologia**. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Editora da Universidade/ABRH, 1993.

TUCCI, C. E. M. 1997. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2.ed. Porto Alegre: ABRH/Editora da UFRGS, 1997. (Col. ABRH de Recursos Hídricos, v.4).

VALENTE, O.F.; CASTRO, P.S. A bacia hidrográfica e a produção de água. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.9, p.54-6, 1983.

VALLE, I. C; FRANCELINO, M. R; PINHEIRO, H. S. K. Mapeamento da Fragilidade Ambiental na Bacia do Rio Aldeia Velha, RJ. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 23, n. 2, p.295-308, jun. 2016.

VALERIANO, M. M. Modelo Digital de Elevação com dados SRTM disponíveis para a América do Sul. **INPE**, São José dos Campos, 2004.

VILLELA, S. M.; MATTOS, **A Hidrologia Aplicada**. São Paulo: Mc GrawHill, 1975.245p

XAVIER DA SILVA, J. **Geoprocessamento para Análise Ambiental**. Rio de Janeiro: [s.n.], 2001.

ZAMPIERI, S. L.; *et al.* Mapas Sugeridos para Implementar Cadastros Técnicos Multifinalitários para o Meio Rural em Apoio aos Sistemas Integrados de Gestão Ambiental. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO, 4, Florianópolis, 2000. **Anais[...]** Florianópolis: UFSC, 2000.

ZONTA, J. H; BRAUN, H; REIS, E. F. Monitoramento da qualidade das águas da Bacia do Rio Alegre – ES nas diferentes épocas do ano, no período 2003/2004. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 9., 2009, Campos do Jordão. **Anais[...]** Campos do Jordão: Univap, 2009. p. 541 - 542. Disponível em: <<http://biblioteca.univap.br/dados/INIC/cd/inic/IC5%20anais/IC5-10.PDF>>. Acesso em: 24 maio 2019.