



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL REI**

## **TRABALHO DE CONCLUSÃO DO CURSO**

# **ESTUDO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CARANDAÍ – BAIRRO COLONIA DO MARÇAL E COLONIA DO GIAROLA- SÃO JOÃO DEL REI - MINAS GERAIS**

**Autores: FELIPE RODRIGUES SANTOS**

**GUILHERME MIGUEL DA SILVA**

**Orientador: PROFESSOR DOUTOR ANDRE BATISTA DE NEGREIROS**

**SÃO JOÃO DEL REI**

**Junho de 2017**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL REI**

## **TRABALHO DE CONCLUSÃO DO CURSO**

# **ESTUDO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CARANDAÍ – BAIRRO COLONIA DO MARÇAL E COLONIA DO GIAROLA- SÃO JOÃO DEL REI - MINAS GERAIS**

**Monografia no Curso de Geografia da  
Universidade Federal de São João del-  
Rei, para obtenção do grau de Bacharel  
em Geografia.**

**Autores: Felipe Rodrigues Santos e  
Guilherme Miguel da Silva**

**Orientador: Professor Dr. André Batista  
de Negreiros**

**SÃO JOÃO DEL REI**

**Junho 2017**

## **AGRADECIMENTOS**

Ao professor Andre Batista de Negreiros por nos acompanhar na qualidade de orientador e amigo ao longo do tempo em que fizemos essa monografia, que pacientemente nos mostrou a importância do estudo nas área de Hidrologia, Geologia e Geomorfologia no cotidiano de um profissional em Geografia. Assim como, agradecemos aos nosso pais e amigos que nos apoiaram e incentivaram a permanecermos firmes em busca do nosso sonho de nos tornamos geógrafos profissionais e que nos motivaram nos momentos de fraqueza. Muito obrigado.

Agradecimento especial a todos os professores do departamento de Geografia da Faculdade Federal de São João Del Rei, que nos ensinaram ao longo da caminhada do curso, compartilhando seus conhecimentos em sala de aula e em pesquisas de campo, aperfeiçoando ainda mais nossos saberes, em especial, os professores: Leonardo Cristian Rocha, Lígia Maria, Tatiane Godoi, Ivair Gomes, Carla Jucelia e Thiago Araújo. Como destaque, citaremos o Professor Dr. Márcio Toledo, que nos apoiou muito como coordenador do Curso de Geografia, motivando e nos ensinando com humildade, profissionalismo, qualidade e respeito. Fica aqui dedicado os nosso sinceros agradecimentos.

Também agradecemos a banca examinadora: Professores André Batista Negreiros e Múcio Figueiredo, que cederam uma parte de seu tempo precioso para poder contribuir com nosso trabalho.

Aos nossos amigos do curso de Geografia Bacharelado, primeira turma da UFSJ 2012, que na caminhada destes anos fizemos coisas inesquecíveis, são pessoas que vamos levar para vida inteira no coração. Sendo assim, ficarão as boas lembranças, a saudades das brincadeiras e as novas amizades.

## RESUMO

Este trabalho tem como objetivo na Bacia Hidrográfica do rio Carandaí, na bacia que contempla o bairro da Colônia do Marçal, localizado no município de São João del Rei – MG. A base de dados cartográfica é composta por mapas temáticos da área de estudo representando a Topografia, Geologia, Pedologia, Geomorfologia, aplicação das leis nacionais de preservação ambiental, uso da terra, tornando possível a delimitação de áreas suscetíveis a enchentes, inundações, erosões, possibilitando definir as áreas inadequadas para a exploração urbana e rural do bairro da Colônia do Marçal.

Dessa forma o presente estudo buscou a identificação das formas de relevo da planície de inundação do Rio Carandaí nas proximidades de São João del Rei, na unidade de estudo localizada nos bairros da Colônia do Marçal e Colônia do Giarola, por meio de modelos topográficos obtidos a partir de geoprocessamento. A associação dos dados com as observações realizadas em campo permitiu identificar formas distintas (baixios e alagadiços) e posteriormente localizá-las na Carta. As cartas permitiram ainda que fossem feitas considerações a respeito do comportamento da planície frente aos pulsos de inundação. Observando que a pesquisa relatada neste trabalho pode contribuir como apoio a gestores e planejadores municipais para traçar medidas mitigadoras de proteção e/ou recuperação da Bacia e suas áreas de risco.

Palavras Chave; Mapeamentos, Topografia, Geoprocessamento, Sistema de Informação Geográfica.

## SUMÁRIO

1.	INTRIDUÇÃO.....	08
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	10
2.1	Geomorfologia Fluvial.....	10
2.2	Bacia Hidrográfica e sua importância de estudo.....	11
2.3	Legislação sobre Bacias Hidrográficas no Brasil.....	12
2.4	Aplicação de técnicas de sensoriamento remoto em estudos ambientais.....	17
2.5	Mapas temáticos multicritério.....	19
3.	ÁREA DE ESTUDO.....	20
4.	OBJETIVOS.....	26
5.	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	26
6.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	29
7.	CONCLUSÃO.....	36
8.	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS.....	38

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Mapa de Minas Gerais mostrando as divisões das Unidades de planejamento e Gestão de Recursos Hídricos.....	16
Figura 02: Mapa da bacia Hidrográfica do Rio das Mortes e a localização do município de São João del Rei dentro da Bacia.....	22
Figura 03: Mapa com a carta topográfica e delimitações das drenagens do Rio Carandaí que nascem na serra de São José.....	23
Figura 04: Gráfico climático de São João del Rei durante os doze meses do ano.....	24
Figura 05: Foto do satélite IKONOS do Rio Carandaí com ênfase na ocupação urbana no município de São João del Rei.....	28
Figura 06: PCH Fluminense no Rio Carandaí Coordenadas da PCH; -21.054679/ -44.203662.....	29
Figura 07: Imagem de Satélite mostrando o uso do solo agrícola na margem direita do Rio Carandaí na Colônia do Giarola.....	30
Figura 08: Fotos da planície de inundação do Rio Carandaí durante os períodos da cheia e da seca no ano de 2012.....	31
Figura 09 Na figura mostra conglomerados urbanos, bem como a linha azul que define o ponto máximo de alagamento da planície, segundo levantamento de campo. Ponto marcados em amarelo coletados pelo GPS.....	32
Figura 10: Foto do satélite IKONOS delimitando a área do Bairro Colônia do Marçal em São João del Rei.....	33
Figura 11: Tabela mostrando o crescimento populacional do Bairro da Colônia do Marçal dos anos de 1990 até 2013.....	34
Figura 12: : Foto do satélite IKONOS delimitando a área do Bairro Colônia do Marçal em São João del Rei dando ênfase nas áreas de risco, novos loteamentos e áreas irregulares.....	35

## LISTA DE SIGLAS

ANA – Agência Nacional de Águas.

APP - Áreas de Preservação Permanente.

CBH – Comitês de Bacia Hidrográfica.

CERH – Conselho de Recursos Hídricos Estadual e do Distrito Federal.

CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos.

CONPDEC - Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil.

MMA – Ministério do Meio Ambiente.

PNMH – Programa Nacional de Micro Bacia Hidrográfica.

PNPDEC - Política Nacional de Proteção e Defesa Civil.

PNRH - Política Nacional de Recursos Hídricos.

SEGRH-MG - Sistema Estadual de Gerenciamento de recursos Hídricos.

SINGREH - Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

SINPDEC - Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil.

SIG - Sistema de Informação Geográfica.

TGS - Teoria Geral dos Sistemas.

UFSJ – Universidade Federal de São João Del Rei.

## 1. INTRODUÇÃO

Os estudos de natureza geomorfológica tem reconhecida importância por gerar informações relevantes ao planejamento territorial. Essa importância refere-se não somente ao homem e sua apropriação do território, mas também aos fatores naturais, à vida das espécies vegetais e animais, à evolução da paisagem. Dentre os ramos da Geomorfologia, a Geomorfologia Fluvial, ocupa um local de destaque pelo seu caráter condicionante da própria vida humana. A ação fluvial, alterando a dinâmica dos rios e modelando as formas do relevo determinou, por exemplo, os locais de ocupação das civilizações antigas. (Cunha, 1995).

Contudo, conforme já verificado por Comunello (2001), a dinâmica da água na planície não é uniforme quando da ocorrência de um pulso de inundação, e tais eventos não estão relacionados apenas alguns rios. Além disso, os fluxos de água sofrem um forte controle das formas topográficas da planície, o que torna difícil a análise de seu funcionamento hidrodinâmico sem um referencial preciso.

No Brasil a Bacia Hidrográfica é por Lei considerada como uma unidade ambiental que possibilita analisar os componentes da dinâmica das inter-relações necessárias aos planejamentos e gestões ambientais e urbanas, fatos que ocasionou a elaboração do Projeto de Lei 2.249 que originou a Lei 9.433\97 de 08 de janeiro de 1997, conhecida como “Lei das Águas”. Esta lei regulariza a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e legitima a água como um bem de domínio público, no qual é agregado valor econômico e considerado como usos prioritários o abastecimento humano e a dessedentação de animais. Além disso, determina a bacia hidrográfica como unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos(SINGREH).

Além disso, por causa dos constantes desastres ocorridos devido à expansão urbana em áreas de riscos a enchentes e movimentação de massa (desmoronamentos de encostas), foi sancionada, em 10 de abril de 2012, a Lei 12.608 que em seu Art. 1º instituiu a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC, dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e



o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil – CONPDEC e autorizou a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres. No Art. 4o da referida Lei, dentre as diretrizes da PNPDEC está o inciso IV que torna legítimo a adoção da bacia hidrográfica como unidade de análise das ações de prevenção de desastres relacionados a corpos d'água e a desmoronamentos de encostas. Em outro artigo, é destaca a importância de a gestão municipal identificar e mapear as áreas de risco de desastres. O problema é que as ações públicas municipais são regidas pela Lei Orgânica de cada Município, que na maioria das vezes, não elabora planos de gestão para toda a unidade da bacia, ou seja, os municípios acabam desenvolvendo planejamentos e gestões pontuais (BOSCARDINI, 2008).

O planejamento municipal, nos moldes convencionais, é, prioritariamente, direcionado para as áreas urbanas, onde se concentra a população, e tende, geralmente, a não levar em consideração os recursos ambientais disponíveis no território como um todo, nem suas potencialidades, levando a uma divisão das ações efetivas entre as áreas urbanas e rurais (ou agrícolas) em detrimento da qualidade de vida da população como um todo (VEIGA, XAVIER-SILVA, 2003, p. 1).

Os planejadores, geralmente, tomam decisões com base em informações incompletas ou desatualizadas, principalmente em relação aos recursos existentes. Assim o planejamento municipal não é realizado de forma integrada (McHARG, 1992, apud VEIGA, XAVIER-SILVA, 2003).

Para Veiga e Xavier-Silva (2003) a adoção de procedimentos e tecnologias do Geoprocessamento contribuem para o planejamento e a gestão integrada dos municípios, pois permite a consulta, análise, manutenção e atualização de informações espaciais, econômicas, sociais etc. Na mesma linha de pensamento, Domingues e Françoso (2008) ressaltam que muitos estudos discutem a importância dos municípios terem bases cartográficas digitais atualizadas, que contribuam para prestação de serviços de qualidade à população e para o conhecimento do espaço físico-territorial do município, visando à tomada de decisões coerentes com a realidade.

Muitos municípios brasileiros não possui uma base de dados cartográficos em meio digital. Como no caso de São João del-Rei - MG, seu crescimento urbano vem ocorrendo sem um planejamento dos impactos ambientais nas bacias, sob sua comarca. Bacias menores que formam a bacia do Rio das Mortes não são gerenciadas adequadamente pelos municípios.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA**

### **2.1. Geomorfologia Fluvial.**

Planícies de inundação são formas oriundas da referida ação fluvial e podem ter definições diferentes de acordo com o enfoque do estudo. Christofolletti (1980) traz algumas definições para planícies de inundação: Topograficamente, pode-se dizer que planície constitui-se numa superfície relativamente uniforme, próxima ao rio; hidrologicamente é definida como uma superfície sujeita a inundação periódica; geologicamente, é a área do vale fluvial recoberta com materiais depositados pelas cheias; Geomorfologicamente trata-se de uma forma de terreno composta de material inconsolidado depositado pelo rio em épocas distintas.

Nanson e Croke (1992), em sua classificação genética, acrescentam que se trata de uma forma aluvial, separada de seus canais por margens e construída por sedimentos transportados pelo rio. Para esses autores, tendo em vista a perspectiva geomórfica, as planícies de inundação são melhores categorizadas geneticamente, em função da sua inter-relação entre os processos referentes ao rio e a planície que eles constroem.

Do ponto de vista ecológico Junk et. al. (1989) definem as planícies de inundação como sendo integrantes do sistema de drenagem do rio adjacente, formando um sistema rio-planície de inundação, os autores se referem à planície como sendo uma zona de transição aquática/terrestre (aquatic/terrestrial transition zone – ATTZ).

O modelo de gestão das bacias hidrográficas adotados na legislação brasileira tem como base pressupostos do co-manejo e da descentralização das tomadas de decisões. Assim os Comitês de Bacias Hidrográficas e a Agência Nacional das Águas (ANA) representam re-arranjos institucionais com o objetivo de conciliar interesses diversos e muitas vezes antagônicos, assim como controlar conflitos e repartir responsabilidades entre os municípios (CUNHA; COELHO, 2003).

A responsabilidade dos municípios sobre o planejamento e gestão de bacias hidrográficas é atribuída pela Constituição Brasileira de 1988. O Estatuto da Cidade

(2001) vem ao encontro desta atribuição, pois no Art. 2, inciso VI, destaca que o planejamento do desenvolvimento das cidades, da distribuição espacial da população e das atividades econômicas do município e do território deve ocorrer com o mínimo de impacto ambiental possível.

## **2.2. Bacia Hidrográfica e sua importância de estudo.**

No Brasil por Lei os recursos hídricos têm sua gestão organizada por bacias hidrográficas em todo o território nacional, seja em corpos hídricos da União, dos Estados, dos Municípios, ou pelos comitês de Bacia Hidrográficas.

Portanto, partindo da caracterização física, a Bacia Hidrográfica é uma unidade territorial definida topograficamente pelo seu divisor de águas, drenada por um curso de água ou por um sistema aberto conectado de cursos de água, tal que toda a vazão seja descarregada por uma saída (CECILIO E REIS, 2006), (LIMA, 2008), (ATTANÁSIO, 2004), (SANTANA, 2004) e ao encontro das definições dos autores, Barrella (2001, p. 32) define a Bacia Hidrográfica:

Como um conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, formada nas regiões mais altas do relevo por divisores de água, onde as águas das chuvas, ou escoam superficialmente formando os riachos e rios, ou infiltram no solo para formação de nascentes e do lençol freático. As águas superficiais escoam para as partes mais baixas do terreno, formando riachos e rios, sendo que as cabeceiras são formadas por riachos que brotam em terrenos íngremes das serras e montanhas e à medida que as águas dos riachos descem, juntam-se a outros riachos, aumentando o volume e formando os primeiros rios, esses pequenos rios continuam seus trajetos recebendo água de outros tributários, formando rios maiores até desembocarem no oceano.

E para entender o mecanismo de uma bacia, torna-se necessário mostrar quantitativamente as evidências da forma (a área da bacia, sua forma geométrica etc.), seus processos (escoamento superficial, deflúvio etc.) e suas inter-relações. A Bacia Hidrográfica não deve ter somente definições físicas citadas anteriormente o importante na pesquisa não é simplificar a complexa dinâmica da bacia hidrográfica (LIMA, 2008), pois para o autor as inter-relações podem ser classificadas em:

a) área, fator de forma, compacidade, altitude, declividade, densidade de drenagem, número de canais, direção e comprimento do escoamento superficial, comprimento da bacia, hipsometria (altitude), comprimento dos canais, padrão de drenagem,

orientação da drenagem, rugosidade dos canais, dimensão e forma dos vales, índice de circularidade, dentre outros aspectos físicos.

b) tipos de rochas, tipos de solos, tipos de sedimentos fluviais etc.;

c) tipos de cobertura vegetal, espécies, densidade, índice de área foliar, biomassa etc.

Lima e Zakia (2000) salientam que as bacias hidrográficas são sistemas abertos, por meio de suas formas, desta maneira qualquer ponto da superfície terrestre faz parte de uma bacia hidrográfica e, portanto, não pode ser considerada de forma pontual, mas como parte de um todo.

A bacia hidrográfica é habitualmente considerada como a unidade fisiográfica mais usada para o planejamento dos recursos hídricos, por constituir-se em sistema aberto podendo ser avaliado através de seus atributos e suas características, que podem ser estudadas em uma escala local ou regional, facilitando as compreensões químicas, físicas e biológicas, como no caso de bacias menores, que possibilita uma maior flexibilidade e interatividade, proporcionando uma maior transparência nas decisões a serem tomadas frente a uma bacia hidrográfica de maior área. As bacias com áreas maiores são formadas por um conjunto de bacias menores e seus graus de preservação e degradação influenciam na situação ambiental das bacias maiores (LIMA, ZAKIA, 2000).

Portanto, as bacias hidrográficas, independente, do tamanho de sua área são regidas pela legislação e normas, que tem por finalidade regulamentar o uso, o controle e a proteção dos recursos hídricos.

### **2.3. Legislação sobre Bacias Hidrográficas no Brasil.**

A importância do planejamento e da gestão de bacias hidrográficas, ocasionou a elaboração do Projeto de Lei 2.249 que originou a Lei 9.433\97 de 08 de janeiro de 1997, conhecida como “Lei das Águas”. Esta lei regulariza a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e legitima a água como um bem de domínio público, no qual é agregado valor econômico e considerado como usos prioritários o abastecimento humano e a dessedentação de animais. Além disso, determina a bacia hidrográfica como unidade territorial para implementação da PNRH e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH).

No Art. 2º a PNRH tem como objetivos assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos; a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável e a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais.

No que compete aos instrumentos da PNRH o Art. 5º institui o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água; a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos; a cobrança pelo uso de recursos hídricos; a compensação a municípios; o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.

Já o Art. 31 da PNRH, implementa a Política Nacional de Recursos Hídricos, os Poderes Executivos do Distrito Federal e dos municípios que promoverão a integração das políticas locais de saneamento básico, de uso, ocupação e conservação do solo e do meio ambiente com políticas no âmbito Federal e Estadual de recursos hídricos.

Dentro desta perspectiva o Art. 32 determina o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), com os seguintes objetivos:

- coordenar a gestão integrada das águas;
- arbitrar administrativamente os conflitos relacionados com os recursos hídricos;
- implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos;
- planejar, regular e controlar o uso, a preservação e a recuperação dos recursos hídricos;
- promover a cobrança pelo uso de recursos hídricos.

Para auxiliar nos objetivos do SINGREH, através do Art. 33, foram criados o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH); os Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal (CERH); os Comitês de Bacias Hidrográficas (CBH); os órgãos de governo cujas competências se relacionem com a gestão de recursos hídricos; Agências de água (ANA).

Todos os conselhos e comitês criados desenvolveram papéis importantes no auxílio do SINGREH para alcançar seus objetivos. No entanto a ANA, normatizada pela Lei 9.984 de 17 de julho de 2000 foi criada para impulsionar a PNRH, surgindo como resposta institucional ao reconhecimento da complexidade e dificuldades

inerentes à implementação do SINGREH que, apesar do marco legal favorável, não gerou num primeiro momento a resposta esperada por parte da sociedade e atores envolvidos (MMA, 2007, p. 39). Assim, a PNRH teve como objetivo com a criação da ANA dinamizar os Comitês de Bacias Hidrográficas e apoiar a efetiva implementação do novo conjunto de instrumentos de gestão disponível a partir da nova política para os recursos hídricos. No entanto.

Esse sistema não exigiu a criação de uma estrutura administrativa eficiente, mas e continua exigindo, um esforço bastante grande de articulação entre instituições já existentes. Apenas as Agências de água seriam as novas estruturas administrativas a serem criadas. O objetivo é promover a descentralização da gestão, saindo de uma estrutura centralizada e permitindo que a decisão seja tomada na Bacia Hidrográfica (PORTO, PORTO, 2008, p. 48) .

O modelo de gestão das bacias hidrográficas adotados na Legislação Brasileira tem como base pressupostos do co-manejo e da descentralização das tomadas de decisões, assim os Comitês de Bacias Hidrográficas e a ANA representam rearranjos institucionais com o objetivo de conciliar interesses diversos e muitas vezes antagônicos, assim como controlar conflitos e repartir responsabilidades entre os municípios (CUNHA, COELHO, 2003).

A Lei Nacional nº. 9.433/97 e complementada pela Lei nº. 9984/00, que cria a ANA, em conjunto com o PNRH, reúnem as bases legais para permitir que a longo prazo haja uma gestão sustentável dos recursos hídricos. Mas conforme relatório de recursos hídricos do Ministério do Meio Ambiente (2007) para que isso ocorra é necessário que a PNRH cumpra com as leis considerando as particularidades regionais, o que implica superar com êxito a necessidade de articulação institucional entre as várias instâncias (Municipais, Estaduais e Federal) e assegurar fontes de financiamento viáveis para impulsionar o processo.

Mas esse gerenciamento das bacias hidrográficas dependendo da extensão da rede hidrográfica sobrepõe as divisões político-administrativas dos municípios, estados, e até de países. E as leis e normas que regem essas bacias podem entrar em conflito entre os gestores administrativos. A bacia hidrográfica, como já citado, se torna a unidade fundamental para gerenciamento de recursos hídricos.

A institucionalidade e a descentralização proposta na PNRH compõem a criação de instâncias colegiadas formadas por comitês e conselhos, onde o poder de decisão é dividido em três setores: o poder público, os usuários da água e a

sociedade civil. Os graus de decisões atribuídos ao poder público, ao usuário e a sociedade civil, são extremamente variados e objeto de regulamentação por parte de alguns governos estaduais (CARDOSO, 2003).

No Estado de Minas Gerais a regulamentação é determinada pelo Decreto nº 41.758 de 08 de março de 2001, cujo capítulo I determina:

Art. 1º - As bacias hidrográficas integram unidades físico-territoriais de planejamento e gestão no que se refere à formulação e implementação da Política Estadual de Recursos Hídricos, a cargo do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos - SEGRH-MG, na forma do disposto no inciso I e § 1º do artigo 250 da Constituição do Estado e no artigo 32 da Lei nº 13.199, de 29 de janeiro de 1999.

Parágrafo único - Para os fins deste artigo, observar-se-á a regulamentação criada pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos - CERH-MG sobre unidades de planejamento e gestão, cuja definição atenderá aos indicadores representativos das características físicas, sócio culturais, econômicas e políticas nas bacias hidrográficas, de modo a:

- I - orientar o planejamento, estruturação e formação de comitês de bacia hidrográfica.
- II - subsidiar a elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos, dos Planos Diretores de Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas, programas de desenvolvimento e outros estudos regionais.
- III - subsidiar a implantação dos demais instrumentos da Política Estadual de Recursos Hídricos e a gestão descentralizada desses recursos.

No estado de Minas Gerais as bacias hidrográficas são divididas em 09 (nove) unidades de planejamento e gestão de Recursos Hídricos de grande extensão conforme ilustra a figura.

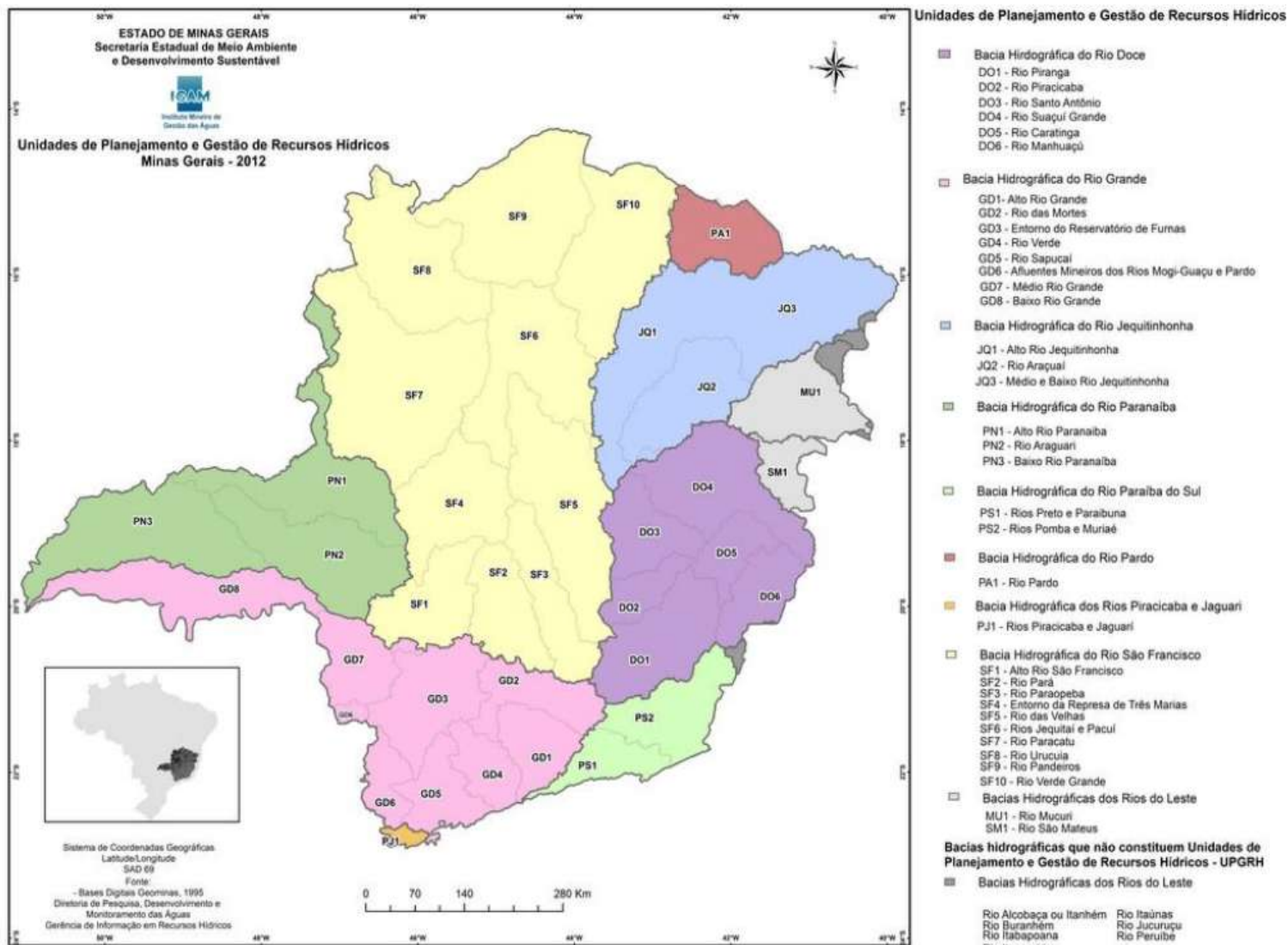


Figura 01: Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos Minas Gerais – 2012. Fonte: IGAM.

As referidas bacias são formadas por bacias de menor extensão que por sua vez são compostas por bacias maiores, como exemplo a Bacia Hidrográfica do rio Carandaí integra a Bacia Hidrográfica do Rio das Mortes, que integra a Bacia Hidrográfica do Rio Grande.

Os limites das bacias não coincidem com os limites dos Estados e seus municípios, além disso, as políticas e ações estaduais e municipais não se estruturam considerando o limite geográfico das bacias. Para Cardoso (2003, p. 40):

Alianças políticas em torno da água não necessariamente se estruturam a partir dessa organização geográfica, em que problemas como escassez de água, seca, contaminação dos rios, construção de barragens, uso abusivo da água para fins de irrigação ou industrial, entre outros, facilmente extrapolam os limites da bacia e, conseqüentemente, a configuração dos atores políticos envolvidos tem outro formato. Por outro lado,



as identidades sociais e as áreas de atuação das instituições seguem lógicas próprias de recorte territorial que, embora muitas vezes englobem vários municípios, dificilmente correspondem aos limites de uma bacia hidrográfica.

Muitos municípios enfrentam dificuldades para gerenciar as bacias inseridas em seu território devido a precariedade de recursos financeiros e humanos, e somado a isso existe uma ausência de bases digitais de dados cartográficos.

Por isso é fundamental a contribuição de trabalhos acadêmicos para apoiar os gestores e planejadores municipais na geração de bases digitais e não digitais de dados cartográficos composta por mapas temáticos que permitem analisar, sobrepor, cruzar e mensurar estas informações.

## **2.4. Aplicação de técnicas de sensoriamento remoto em estudos ambientais.**

"A identificação de formas de terreno normalmente é feita através de análises qualitativas baseado nas descrições feitas no momento da interpretação. Os métodos paramétricos também representam uma alternativa de grande interesse na identificação de sistemas terrestres, pois fornecem informações mais objetivas acerca das feições observadas, porém esse tipo de trabalho requer a medição e mapeamento de uma série de variáveis do relevo (altitude, declividade, curvaturas vertical e horizontal, orientação das vertentes, etc), o que torna essa alternativa mais demorada e mais custosa. (VALERIANO, 2004)". No entanto, o Sensoriamento Remoto e o Geoprocessamento podem reduzir significativamente estes custos .

A utilização de técnicas como o Sensoriamento Remoto e o Geoprocessamento aumentou significativamente nas últimas décadas, isso em função de que as mencionadas técnicas são bastante eficazes para as ciências do ambiente, especialmente as que trabalham com os fenômenos ligados a superfície terrestre.

Em países mais extensos, onde há uma carência de informações fundamentais para a tomada de decisões sobre problemas urbanos e ambientais, o geoprocessamento se apresenta como alternativa, principalmente se for baseado em tecnologias com custo relativamente baixo, em que o conhecimento é adquirido localmente. (CÂMARA & MEDEIROS, 1998).

Comunello (2001) aponta dois grupos principais de métodos para se trabalhar com sensoriamento remoto na análise de inundações: a) observação de imagens em situação de inundação distintas, correlacionando a área inundável com os níveis fluviométricos dados por medição em hidrografia; b) construção de modelo altimétrico da superfície (Modelo Numérico de Terreno) para posterior inferência da área inundada por meio da análise da altitude e adjacência das áreas em relação ao rio.

Ainda segundo o mesmo autor, uma combinação dos dois métodos ofereceria as melhores condições para se inferir sobre a área de estudo. A construção de um modelo numérico do terreno, assim como a análise de imagens em diferentes períodos e de diferentes níveis altimétricos, possibilitará a geração de produtos que auxiliarão no entendimento do comportamento da várzea frente aos pulsos de inundação, e poderão ser utilizados como um referencial para que se identifique e quantifique os impactos e os processos naturais que ocorrem na região.

A informação em Geografia e planejamento vem de diversas fontes e através de diferentes formas de coleta. Seu papel principal é o de reduzir a incerteza do nosso entendimento sobre o ambiente em que vivemos. A decisão em atividades de gestão e planejamento urbano ou regional requer conhecimento sobre o ambiente e, como este conhecimento não pode ser completo, as decisões são tomadas baseadas em informações incompletas. Seleccionamos informações relevantes para este propósito. Este processo seletivo se baseia num modelo conceitual do ambiente percebido. "Mais" informação não é equivalente a "efetiva" informação (Bracken e Webster, 1990).

Uma das mais importantes funções de um SIG urbano é a possibilidade que ele oferece para integrar dados de diversas fontes e formatos e gerar informação adicional pelo cruzamento destes dados. "Geoprocessamento em urbanismo poderá ser empregado em todas as áreas que demandam análise espacial e apresentação cartográfica."

Os SIGs são modelos ou representações do mundo real que permitem uma manipulação rápida, ampla e precisa dos dados com que se percebem os fenômenos e interfere na realidade. A compreensão de SIGs, como modelos da

realidade, tem, como consequência, a necessidade, no caso do planejamento e gestão urbana, do projeto de sistema que represente adequadamente para os objetivos propostos cidade que se pretenda planejar, gerir, monitorar ou simular o crescimento.

## **2.5. Mapas temáticos análise multicritério.**

Representar as realidades antrópica e natural por meio de documentos cartográficos (mapas, maquetes, croquis etc.) como suporte ao planejamento e gestão é uma prática antiga. Cidades são planejadas desde a Antiguidade, como exemplo citam-se os assentamentos hindus que remontam a 2600 ac., as cidades de Roma e Grécia Antigas (ALMEIDA, 2007).

Os avanços tecnológicos, ao longo do tempo, permitiram a mensuração da realidade por meio de representações estáticas e dinâmicas (modelos espaciais), da expansão urbana, das mudanças de uso da terra, dos processos de verticalização etc. (ALMEIDA, 2007). As alterações antrópicas e os impactos ambientais, sociais e econômicos instigaram o surgimento de diversas metodologias visando estabelecer critérios destinados à construção de análises espaciais de caracterização e gerenciamento ambiental e urbano (MOURA 2007), Câmara e Monteiro (2007), destacam que:

Para representar dados geográficos no computador, temos que descrever sua variação no espaço-tempo. Em outras palavras, precisamos responder as perguntas como, por exemplo 'Qual é valor desde dado aqui e agora?' "Isso requer uma compreensão dos" processos de mensuração da realidade de forma consistente com os dois princípios de Searle: "A realidade existe independentemente das representações humanas" e "nós temos acesso ao mundo por meio de nossos sentidos e de nossos instrumentos de medidas".

Em concordância com os autores citados, Moura (2007) ressalta a necessidade de não perder o foco na integração dos fatores físicos e humanos durante a elaboração dos mapas temáticos e dos modelos síntese, ou seja, não desconsiderar que os fatores formam um sistema.

Aliado a isso é necessário mediante métodos específicos para analisar e mensurar a realidade que estes ambientes apresentam às intervenções antrópicas

ou naturais. Esta mensuração pode ser realizada por meio da análise multicritérial que envolve o cruzamento de diversos mapas temáticos para gerar modelos sínteses que é o objeto da pesquisa. Com a evolução dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), observa-se também a evolução do método de análise de áreas prioritárias (VALENTE, 2005).

Essa evolução deu-se com o surgimento de aplicativos que viabilizaram as execuções da análise multicriterial em ambiente SIG. A análise multicriterial é, portanto, um método de apoio à tomada de decisão, baseado na análise das alternativas para a resolução do problema, reunindo características diversas e atribuindo pesos e valores aos fenômenos representados em mapas temáticos (FIDALGO, 2003).

Moura (2007, 2013) em seu estudo sobre planejamento urbano do Município de Belo Horizonte (Minas Gerais, Brasil) adotou como procedimentos a referida análise. Para isso, primeiro elaborou um conjunto de mapas temáticos representando fenômenos naturais e antrópicos da área, como pedologia, geologia, uso da terra etc. Posteriormente, mensurou com pesos conforme a importância de cada variável dentro de seu estudo. Para atribuir os pesos, a pesquisadora construiu um fluxograma de Sínteses dos Fenômenos Físicos e dos Fenômenos Positivos e Negativos para o uso urbano. A soma das influências dos mapas é igual a 100% e a porcentagem de cada mapa na análise é relacionada à sua influência na causa/efeito estudada.

Além dos pesos de influência de cada mapa temático no modelo a ser gerado por meio da análise multicriterial, faz-se necessário atribuir pesos as diversidades representadas em cada mapa, como as diferenças de declividade no terreno, tipos de solo, tipos de uso da terra, características geológicas etc. O pesquisador deve utilizar o método de comparação de variáveis par a par, no qual é atribuído um critério de importância relativa entre eles (MOURA, 2007).

### **3. AREA DE ESTUDO**

Vargas (2007) fala que a região denominada Campos das Vertentes, é uma importante área em aspectos geohidrológicos. O relevo é constituído por planalto cristalino rebaixado, os mares de morros ocupam grande maioria do espaço

geográfico, e são caracterizados por vertentes côncavo-convexas. Em função dessa morfologia que varia de aplainada a ondulada, da alta pluviosidade e aos intensos processos erosivos a rede de drenagem em questão experimenta uma pequena suavização no relevo ao longo de seu trajeto, em sua parte baixa possui maiores planícies de inundação, geradas pelo acúmulo dos sedimentos erodidos à montante e pela menor inclinação das vertentes. Seu clima é classificado como semiúmido, apresentando em torno de quatro a cinco meses secos por ano. Com temperaturas médias anuais em torno de 18,5° C, enquanto a precipitação média anual fica em torno de 1300 mm (IBGE, 2014).

O município de São João del-Rei localiza-se na mesorregião dos Campos das Vertentes, no centro sul do estado de Minas Gerais, está distante 181Km de Belo Horizonte, 347Km da cidade do Rio de Janeiro e 428Km da cidade de São Paulo, ocupa uma área total de 1.465,78km<sup>2</sup> inserida na bacia do Rio das Mortes e neste trabalho tornou-se como área de estudo a Bacia Hidrográfica do Rio Carandaí.

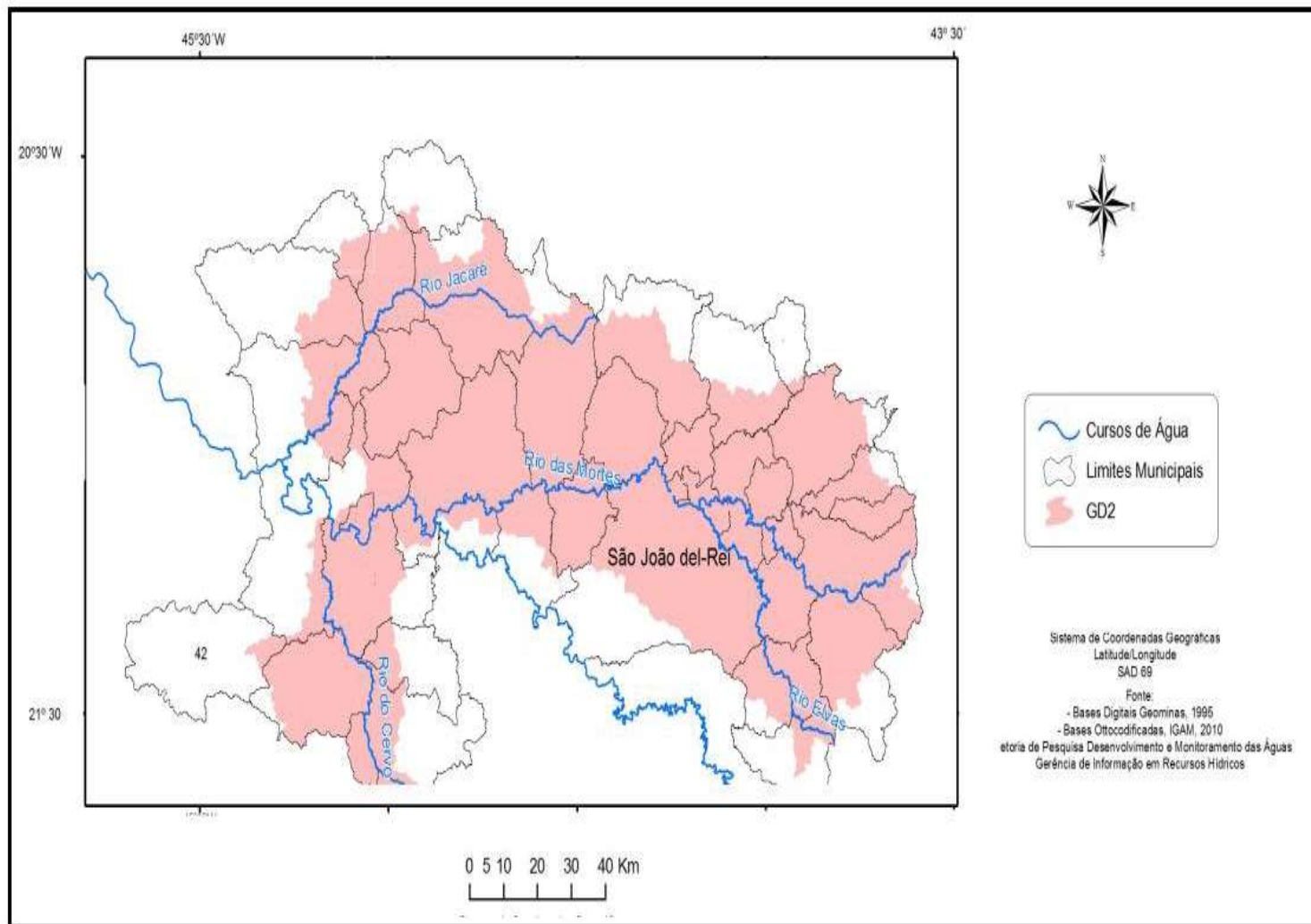


Figura 02: Localização do município de São João na Bacia do Rio Carandaí - Fonte: adaptado de IGAM, 2010

A Bacia Hidrográfica do rio Carandaí, localizada entre as coordenadas 21°04'13.9"S 43°43'52.3"W e 21°05'58.6"S 44°14'46.9"W. O rio Carandaí que é um rio que banha o estado de Minas Gerais afluente do rio das Mortes que por sua vez é afluente do rio Grande e possui 278 Km. O Rio Carandaí apresenta 80 km de extensão e drena uma área de 645 km<sup>2</sup>. Sua nascente localiza-se no município de Ressaquinha, a uma altitude de aproximadamente 1200 metros na Serra da Mantiqueira. Em seu percurso, atravessa a cidade de Carandaí e banha também terras dos municípios de Casa Grande, Prados, Coronel Xavier Chave, Tiradentes e São João del-Rei. Sua foz no Rio das Mortes situa-se no município de São João del-Rei mais especificamente em frente ao campus CTAN da Universidade Federal de São João del Rei.

A maior parte de seu percurso corta áreas rurais e agrícolas. Possui baixa declividade nascendo a 1200 metros de altitude e sua jusante ficando a 900 metros de altitude, e crescimento urbano sem o planejamento adequado para identificar as áreas propícias a ocupação urbana.

O fio condutor da pesquisa foi a necessidade de aumentar o conhecimento sobre o Rio Carandaí e sua planície de inundação, como a necessidade de se ter um referencial nítido, ou seja, uma fonte de informações a respeito das características topográficas da planície para a avaliação de seu funcionamento hidrodinâmico.

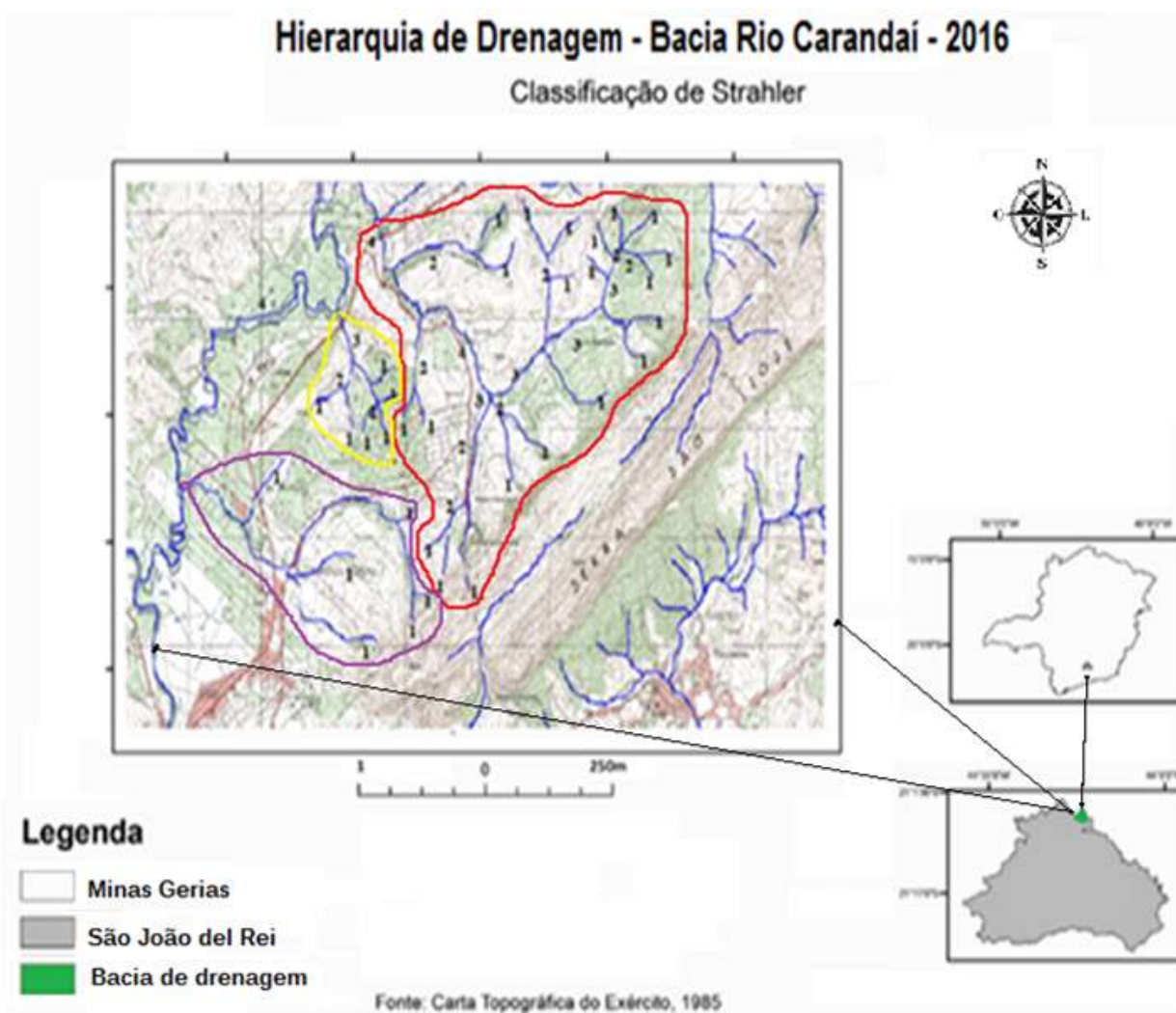


Figura 03: Delimitação da Bacia Hidrográfica do Rio Carandaí e Hierarquia de Drenagem em São João Del Rei.

Como não existem dados específicos da bacia a respeito da densidade demográfica, relevo, clima e precipitação da bacia, optou-se por trazer dados que correspondem ao município de São João del-Rei. A população do município,

segundo o Censo 2010, é de 84.404 habitantes, sendo 79.790 na área urbana e 4.614 na área rural, distribuídos em 33.373 domicílios e uma densidade populacional de 57,67 hab/km<sup>2</sup> (IBGE, 2010).

Quanto as características físicas, o município possui relevo formado pelas serras do Complexo da Mantiqueira, apresentando um padrão de dissecação homogênea, com densidades de drenagem média a baixa, com colinas com topos convexos a tabulares e encostas suavizadas, intercaladas por cristas alongadas, geralmente assimétricas (BARUQUI, *et. al.* 2006).

As formações vegetais nativas identificadas na área são floresta tropical, cerrado e campos rupestres e variações das mesmas. Quanto aos solos locais, observa-se a presença Latossolos e Neossolos Litólicos, dentre outros desenvolvidos sobre um substrato geológico correspondente a rochas metapelíticas pobres dos grupos São João del-Rei e Andrelândia (BARUQUI, *et. al.* 2006).

O clima é tropical de altitude (Cwa), caracterizado por verões quentes e úmidos e invernos secos. A média térmica anual é de 19,2°C. Já a precipitação média acumulada de 1961 a 1990 no município é de 1456,3 mm. No ano de 2012 a média acumulada foi de 1749,7 mm, no ano de 2014 a máxima foi no mês de janeiro com 128,94 mm e a mínima no mês 10,63 mm em maio, e somando todos os meses de 2014 a precipitação acumulada foi de 797,04 mm, sendo um ano de poucas chuvas na região.

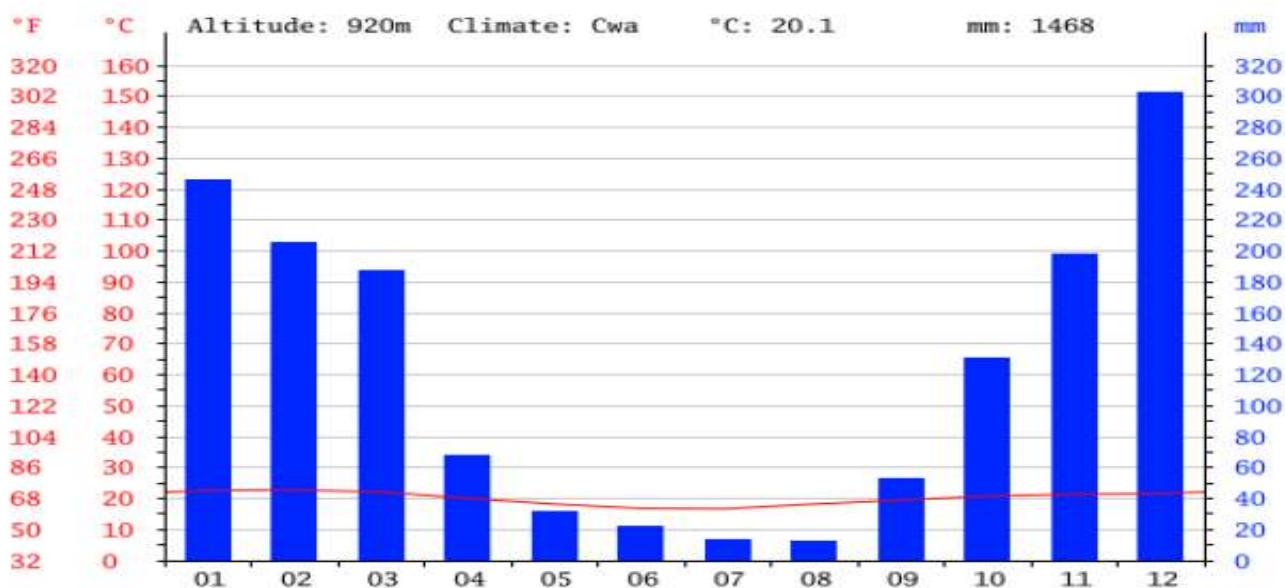


Figura 04: Gráfico ombrotérmico de São João del Rei - Fonte: <http://pt.climate-data.org/location/25029/>



A nascente do rio Carandaí, Barreto (1949), ao estudar a vegetação em áreas altimontanas da Mantiqueira, utilizou o termo “Campos Alpinos”, assim como Rizzini (1963), que propôs o termo “Campos Altimontanos”. Joly (1970) utiliza o termo introduzido por Magalhães (1966) “Campos Rupestres”, referindo-se exclusivamente às formações sobre quartzito. Em trabalho posterior, Rizzini (1979) melhor subdividiu estes biomas em “Campos Quartzíticos”, para áreas sobre quartzito como o Espinhaço, e os “Campos Altimontanos”, sobre rochas cristalinas diversas, como os ocorrentes nas Serras do Mar e da Mantiqueira. Da mesma forma, Ferri (1980) dividiu essa formação em “Campos Rupestres” e “Campos de Altitude”, e Eiten (1983), em “Campo Rupestre” e “Campo Montano”, para formações sobre quartzito e sobre granito, respectivamente. Veloso (1991) classificou tal formação como “Refúgios Vegetacionais ou Relíquias de Vegetação”, que segundo ele, são toda e qualquer vegetação floristicamente diferente do contexto geral da flora dominante.

Desde sua fundação nos fins do século XVII a ocupação de São João del Rei limitava-se às áreas próxima ao Córrego do Lenheiro ou próximas a Serra do Lenheiro devido a extração de ouro nas minas. Em 08 de dezembro de 1713 o arraial alcançou foros de vila com o nome de São João del Rei, homenagem a D. João V e também passa a ser sede da Comarca do Rio das Mortes trazendo mais habitantes para a cidade. O ouro a pecuária e a agricultura foram os fatores de desenvolvimento e progresso da vila, e em 6 de março de 1838 é elevada à categoria de cidade. São João del-Rei, participou sempre das decisões mineiras e nacionais. Com a chegada dos imigrantes italianos, foram se formando as 'colônias de italianos' nas áreas agrícolas da cidade, como Colônia do Giarola, Colônia do Felizardo, Colônia do Bengo, Colônia do Recondengo e dessas colônias italianas a que mais se desenvolveu a Colônia do Marçal, que nos últimos vinte anos passou de zona rural de São João para área urbana que mais tem crescido na cidade.

Em 1991 São João tinha uma população de cerca de 72.747 pessoas e já apresentava uma maior complexidade na distribuição espacial. Consolidava-se e se ampliava a densidade populacional em áreas com usos residenciais. Com relação aos distintos estratos de renda, a população com maiores rendimentos seguia concentrando-se nos bairros orientados próximo ao centro histórico que por sua vez ocupava e ainda ocupa grande parte do comércio da cidade. Os moradores de renda

média ocupavam os bairros mais próximos do centro, aos poucos a referida população passou a ocupar outras áreas mais afastadas, onde começou a existir uma maior heterogeneidade social e funcional.

No início dos anos 2000 foram marcadas pela continuidade do processo de crescimento espacial, mais pelo fato do centro da cidade ser localizado na parte histórica e não podendo haver mudança nas fachadas das casas ou criação de prédios não houve um crescimento vertical, fato também que impulsionou o crescimento dos bairros afastados do centro histórico. Devido a isso, a busca da necessidade de moradia se realizou em áreas da periferia urbana.

#### **4. OBJETIVOS**

Este trabalho objetiva demonstrar por meio de imagens e dados a morfologia e influência social e urbana gerada pelo do trecho do rio Carandaí na região do bairro Colônia do Marçal e Giarola, mapeando, assim, as áreas de riscos de inundações e enchentes, ao longo do percurso do rio até sua jusante no Rio das Mortes, localizados no município de São João Del-Rei. Uma vez que as informações topográficas detalhadas das planícies de inundação são escassas, espera-se que este estudo possa contribuir para o entendimento da dinâmica das inundações na planície, e para o entendimento das conexões que ocorrem entre os diversos corpos de água ali presentes. Além disso espera-se também que a contribuição metodológica seja útil para o estudo de áreas semelhantes. Para maior entendimento dos eventos relacionados a alagamentos e formação de relevos com maior probabilidade de inundação, usaremos como ferramenta o estudo da Geomorfologia Fluvial.

#### **5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

Para a realização do proposto para o estudo, foi utilizada uma série de produtos obtidos por sensoriamento remoto além de um SIG para tratamento desses dados. Os referidos produtos e o sistema de informação foram utilizados para a

construção de modelos para a planície que posteriormente seriam associados a outros produtos já existentes, e também às observações realizadas em campo.

O trabalho de campo realizado serviu para a que fossem feitas observações mais detalhadas nas formas de planície, através da constatação dos tipos de depósitos existente para cada forma, dessa forma, os modelos gerados com os produtos de sensoriamento remoto, puderam ser validados, uma vez que tinham uma base para comparação.

Dessa forma, a pesquisa foi dividida em etapas: a) estudo de imagens de satélite e cartas topográficas b) a segunda etapa foi a de levantamento de dados no campo; c) a terceira foi à etapa de associação dos dados gerados com os levantamentos realizados.

Utilizando imagens do satélite LANDSAT 8, uma imagem do satélite IKONOS e cartas topográficas de Tiradentes e São João del Rei pudemos classificar as áreas da planície e os canais que chegam até o rio nascendo na serra de São José, estudando as imagens no laboratório da UFSJ usando o programa SPRING que é um software desenvolvido pela Divisão de Processamento de Imagens (DPI) do INPE e que conta com funções de processamento de imagens, análise espacial, modelagem numérica de terreno e consulta a bancos de dados espaciais. E ainda foi realizado cálculos dos valores geométricos das áreas e porções, de urbanização, matas, uso do solo.

As imagens de satélite foram outra fonte importante de informação na identificação de formas. Partindo da ideia de que, com características biológicas, físicas e químicas distintas (tipo de vegetação, presença de água, ou ausência de vegetação), cada forma de planície deve ter uma resposta, um traço espectral diferente, sobre a incidência eletromagnética gerada pelo sol, tornando possível a identificação das diversas formas localizadas na superfície terrestre. Em análise de campo, buscou-se observar características que pudessem distinguir cada tipo de forma (vegetação, posicionamento na planície, altimetria de cada forma). As observações serviram como base para atestar os modelos gerados, tornando possível a identificação das formas. Ressaltou-se a importância do trabalho de campo, para a validação dos resultados. Partindo desse princípio, a visita ao campo

de estudo possibilitou que fosse caracterizado áreas de urbanização indevida, em áreas de risco, bem como aterramentos.



Figura 05: Imagem do Rio Carandaí com ênfase na ocupação urbana no município de São João Del Rei- Fonte: Satélite Ikonos.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Através das cartas topográficas foi notado que a amplitude altimétrica de 300m, sendo que a menor altitude se localiza a nordeste da bacia com 880 metros. Sobre a declividade, mostra um desnível da área da Bacia Hidrográfica do rio Carandaí variam de 3° a 44°. As áreas com as maiores declividades estão localizadas de nordeste para sudoeste da bacia entre 23° e 44°, localizados na Serra de São José e no médio curso do rio. As menores declividades estão localizadas a nordeste da bacia entre 3° e 5° na foz e nas áreas da planície de inundação do Rio Carandaí.

### Pequena Central Hidreletrica - Rio Carandaí



Figura 06: PCH Fluminense no Rio Carandaí Coordenadas da PCH; -21.054679/ -44.203662. Edição: Felipe Rodrigues Fonte; Google Maps.

Os solos são adaptados para pastagens e plantio com problemas simples de conservação, admitindo, excepcionalmente, o cultivo de espécies permanentes destinadas à proteção do solo; ou terras sujeitas a inundação, necessitando de manejos complexos de proteção e drenagem para que possam obter melhor resultado.



Figura 07: Imagem do uso do solo agrícola na margem esquerda do Rio Carandaí no Bairro Colônia do Giarola. Fonte: Google Maps.

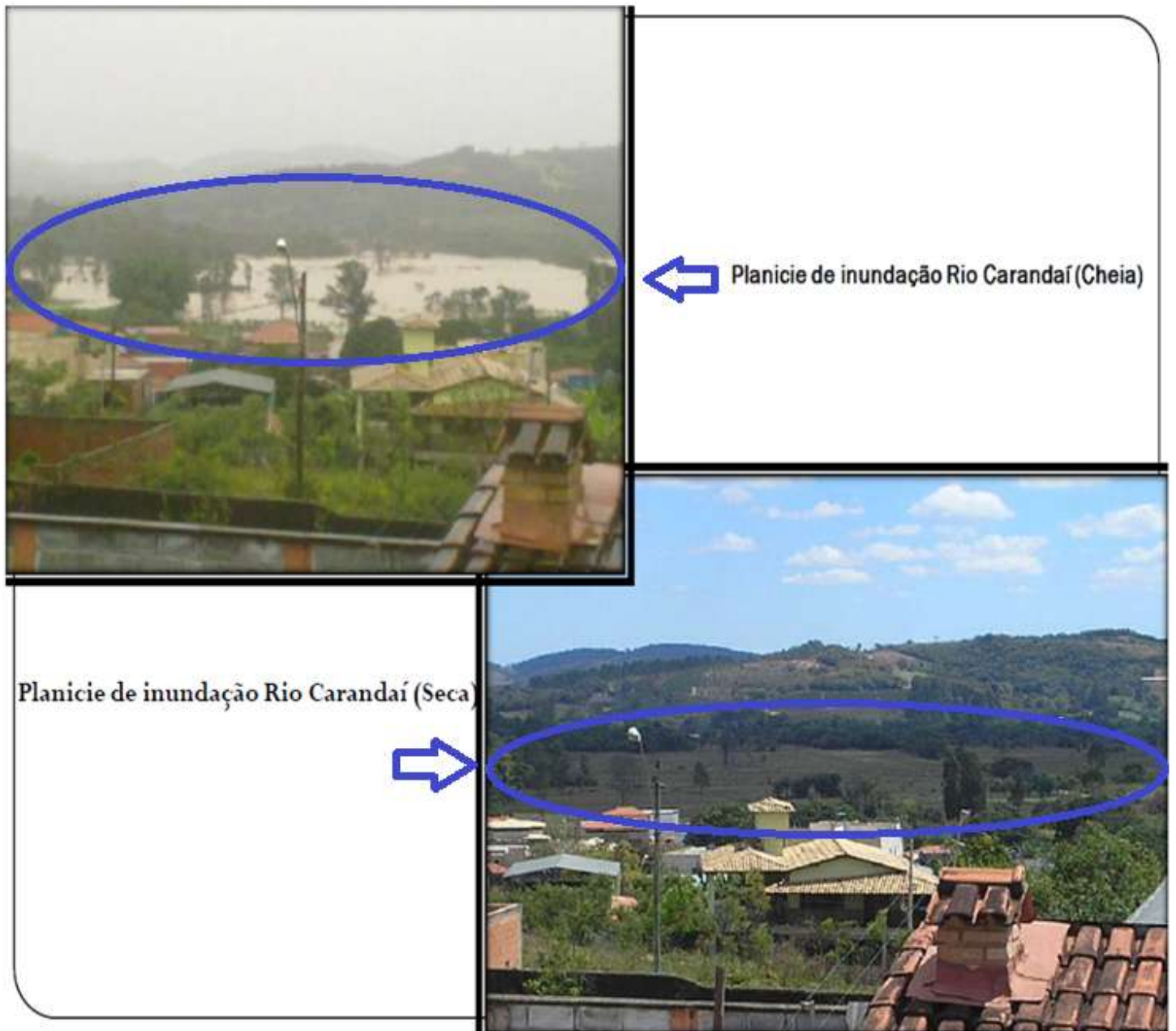


Figura 08: Planície de Inundação do Rio Carandaí no ano de 2012 - Fonte: Felipe Rodrigues

Após levantamento de campo, coleta de dados com o GPS Garmim MAP78s, foi constatado que qualquer cota que estiver abaixo de 910 m de altitude está suscetível a alagamento, pois foi usado como ponto de referencia a ponte da avenida Leite de Castro, ponte do bezerrão, como parâmetro, uma vez que está já foi coberta pelo alagamento do rio das mortes, que está próximo a jusante do rio Carandaí. O ponto 742 definiu o parâmetro para essa conclusão.

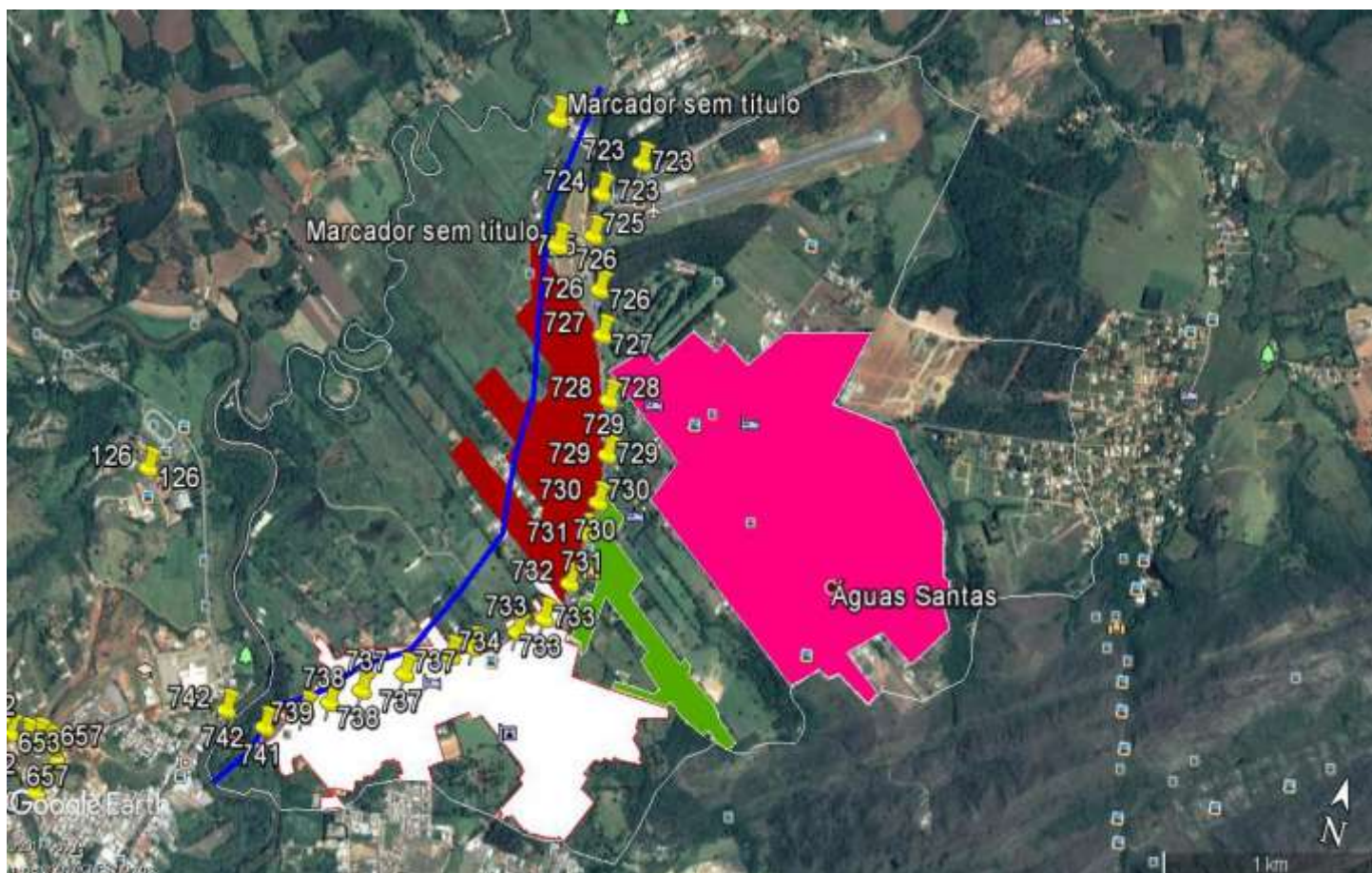


Figura 09: Na figura pode-se observar o conglomerados urbanos, bem como a linha azul que define o ponto máximo de alagamento da planície, segundo levantamento de campo. Ponto marcados em amarelo coletados pelo GPS.

Ressalta-se que apesar da escala pequena do mapa de solo da bacia os dados coletados em campo indicam suscetibilidade a alagamentos e enchentes, locais estes que veem sendo ocupados por novos loteamentos. Nas últimas décadas as preocupações com relação à qualidade de vida nas cidades têm se intensificado, haja vista que o adensamento populacional, sem o devido planejamento, tem gerado uma série de consequências negativas à vida urbana, tais como, enchentes, tráfego intenso de veículos, sobrecarga do transporte urbano e todo o tipo de poluição (ar, água e visual).

Ressaltamos o bairro da Colônia do Marçal como um dos mais expressivos na história recente da cidade. Veremos, a seguir, que o forte e rápido processo de



ocupação da Colônia acabou gerando um crescimento acelerado do bairro que, até os anos 1990, se constituía numa parte da zona rural de São João del-Rei

Vale ressaltar que, após a análise geral sobre a produção nas áreas de interesse, e estudo de imagens dos anos de 2000, 2009 e 2011 do satélite Landsat e de 2008 do satélite Ikonos, realizamos pesquisas em órgãos públicos (Defesa Civil e Prefeitura) e buscamos informações em documentos cartográficos e legislativos e com moradores mais antigos do bairro.



Figura 10: Rio Carandaí e sua área de inundação baseada nos pontos de GPS, imagem satélite IKONOS Edição- Felipe Rodrigues

Neste trabalho, tentamos resumidamente, e dando maior ênfase nas áreas de crescimento urbano do que as características do processo de desenvolvimento que o originou.



Figura 11: Imagem Marcado de acordo com a divisão dos bairro da cidade em amarelo Área do Bairro Colônia do Marçal - Edição: Felipe Rodrigues Fonte: Satélite Ikonos resolução 1 metro

Para Kowarick (1993), "no Brasil, a aparência desordenada do crescimento metropolitano pode ser vista através de seu traçado irregular, e o desconexo de seus espaços vazios e ocupados que sugerem formas disparatadas de ocupação do solo".

A primeira década do século XXI ficou, portanto, caracterizada pelo crescimento da periferia como a forma espacial mais importante da cidade. O "Miolo da cidade" é o grande exemplo da expansão periférica de São João, com a impossibilidade de construção de casas modernas no centro histórico, houve uma rápida invasão dos bairros afastados, bem como a existência de vários loteamentos legais e ilegais, entre outros como áreas de risco e alagamentos, está época que apresenta um forte crescimento da área urbana contínua através da verticalização de vários bairros e da ocupação dos espaços vazios que ainda existiam ao redor do centro da cidade.

A realidade dos bairros da cidade de São João, além de muito complexa, representa um sério problema para os que pretendem trabalhar com ela, pois, embora seus habitantes vivam a cidade segundo a lógica dos bairros, a cidade não possui uma regionalização dos mesmos em nenhum dos órgãos oficiais ou não oficiais da cidade. Diante disto, no momento em que nos propusemos a trabalhar com a realidade de um bairro específico tivemos que fazer o esforço prévio de delimitá-lo.

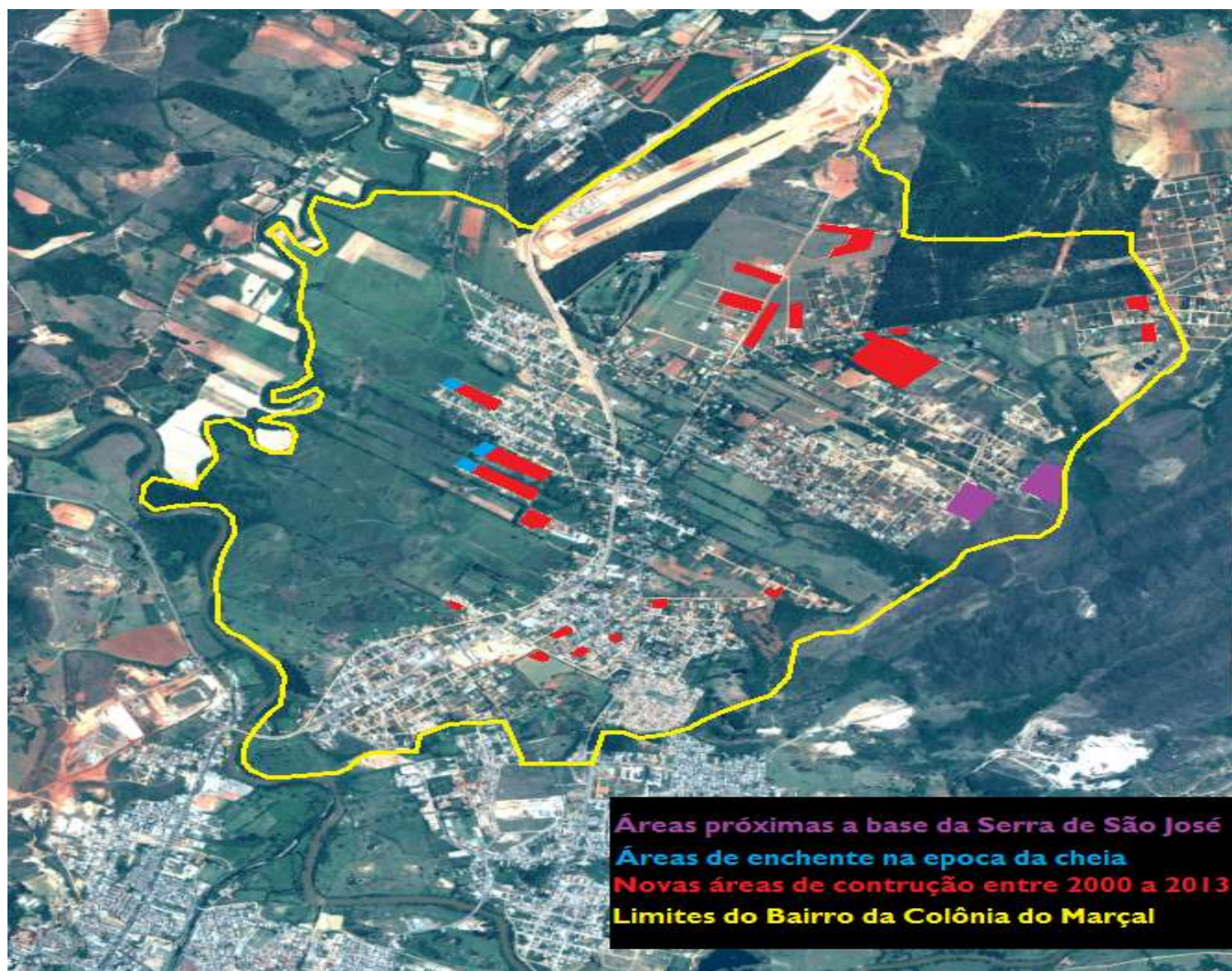


Figura 12: Delimitação do bairro e marcação dos lotes irregulares na região do rio Carandaí e seus afluentes feitas a partir do dados coletados em campo.

O emprego de técnicas de Sensoriamento Remoto para a identificação de formas de planície mostrou ser uma ferramenta bastante eficaz na identificação das formas em uma escala geral e de detalhe. A classificação de imagens orbitais é uma técnica já bastante usada, principalmente para mapeamentos de uso do solo. A classificação permitiu distinguir as formas de maneira satisfatória, porém, com algumas limitações. As áreas de baixios e paleocanais tiveram sua identificação dificultada pelo misto de água e vegetação gramínea/arbustiva encontrada nesses pontos.

A reunião de todos os dados permitiu que se elaborasse uma imagem da planície de maneira satisfatória. As dificuldades que antes existiam (falta de dados altimétricos e dificuldade de acesso) são hoje supridas pelos produtos existentes para a pesquisa, inclusive gratuitamente. Existe a possibilidade de se tratar de maneira mais aprofundada algumas das técnicas aqui utilizadas.

## **7. CONCLUSÕES**

A região estudada é uma das mais importantes da cidade de São João del Rei, no decorrer de sua história, foi grande receptor de pessoas nos movimentos migratórios. Este movimento migratório levou ao crescimento desordenado, fazendo com que a ocupação dos moradores, em sua maioria, desordenada. De acordo com o levantamento efetuado, esse crescimento exponencial da população Colônia do Marçal mostra que a urbanização se voltou para a planície de inundação, condicionando em um aumento da degradação socioambiental, contribuindo para a insustentabilidade urbana. As áreas de risco normalmente estão associadas aos moradores de baixa renda, que habitam em lugares impróprios justamente pelas poucas condições que possuem para residir em lugares mais adequados.

As análises dos dados permitiram verificar que a planície é recortada por um conjunto de blocos estruturais, e que blocos baixos criam ambientes de maior facilidade de penetração de água na planície. O estudo na Bacia Hidrográfica do rio Carandaí foi instigado pela ausência de mapeamento como suporte a sua análise e gestão. Na trajetória de pesquisa constatou-se que embora a Bacia Hidrográfica seja amparada por leis brasileira como a Lei 9.433\97, conhecida como “Lei das Águas”,

no planejamento, gestão e ocupação urbana as leis não são consideradas. O mesmo ocorre com a importância da gestão municipal identificar e mapear as áreas

Por meio das análises dos mapas, imagens e dos dados coletados em campo constou-se que a área mais preservada da bacia se localiza nas porções nordeste, sudoeste, já a urbanização ocorre na porção sul e norte da bacia. Nesta porção localiza-se a degradação ambiental mais significativa como: retirada da mata ciliar, ocupação de encostas, impermeabilização do solo por meio de asfalto, precária coleta pluvial das águas, uso de máquinas, construção de moradia e uso do solo. O mapeamento e avaliação dos eventos de inundação na área em estudo revelou que o mesmo, em grande parte, está associado às ocupações informais que são fruto de da expansão urbana descontrolada. A população localizada nos aglomerados subnormais enfrenta os maiores impactos principalmente, em função da localização às margens do rio Carandaí.

Conclui-se que a pesquisa relatada neste trabalho pode contribuir como apoio a gestores e planejadores municipais para traçar medidas mitigadoras de proteção e/ou recuperação da Bacia e suas áreas de risco. Conclui-se ainda os dados, contribuirão para futuros estudos tendo como área a Bacia, a cidade de São João del-Rei ou os bairros próximos, mas não devem ser tomados como “verdades absolutas” os pesquisadores devem ser criteriosos e buscar aprofundar os conhecimentos na área de estudo como: estudos geotécnicos, morfométricos, granulometria, estudos de erosão hídrica para verificar a perda de solo. O objetivo de elaborar um levantamento das áreas de risco, inundações, no bairro estudado foi atingido com o desenvolvimento deste estudo, bem como os objetivos, além da identificação e registro de novas áreas de risco. Espera-se que esta pesquisa traga contribuições para a compreensão do planejamento urbano e dos problemas da ocupação urbana desordenada e, neste caso, fica como sugestão para os gestores do município.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA. C. M. **O diálogo entre as dimensões real e virtual urbano.** In ALMEIDA,

ATTANASIO, C.M. **Planos de manejo integrado de microbacias hidrográficas com uso agrícola: uma abordagem hidrológica na busca da sustentabilidade.** 2004. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

BARRELLA, W. et al. **As relações entre as matas ciliares os rios e os peixes.** In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO; H.F. (Ed.) *Matas ciliares: conservação e recuperação.* 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.

BARUQUI, A. M. et. al. Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos da Zona Campos das Vertentes – MG. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 96. Rio de Janeiro: Embrapa Solos Rio de Janeiro, 2006. Disponível em:

<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/856021/1/bpd962006levantcamposvertentes.pdf>. Acesso em: 20 de setembro 2015. **EMBRAPA SOLOS, Reconhecimento de Média Intensidade dos Solos da Zona Campo das Vertentes – MG**, Rio de Janeiro, 2006.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm). Acesso em: 27 de março 2015.

BRASIL. Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000. Disponível em [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9984.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9984.htm) Acesso em: 28 de março de 2015.

BRASIL. Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm). Acesso em 12 de setembro 2015.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm). Acesso em: 15 de setembro 2015.

BOSCARDINI, C. R. A. **Gestão de bacias hidrográficas urbanas: a experiência em Curitiba**. Dissertação (Mestrado em Gestão Urbana), Universidade Pontifícia Universidade Católica do Paraná, 2008.

CAMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V. **Conceitos Básicos em Ciência da Geoinformação - In - Introdução à Ciência da Geoinformação**, Editado e organizado por Gilberto Câmara, Clodoveu Davis, Antônio Miguel Vieira Monteiro – INPE - São José dos Campos – 2001.

CÂMARA, G; MONTEIRO, A. M. V (org.) **Geoinformação em urbanismo: cidade real x cidade virtual**. São Paulo: Oficina de Texto, 2007.

CARDOSO, M. L. M, **Desafios e Potencialidades dos Comitês de Bacias Hidrográficas - desafios** – Ciência e Cultura – versão on line version ISSN 2317-6660 – volume 55 – nº4 – São Paulo – 2003.

CECÍLIO, R. A.; REIS, E. F. **Apostila didática: manejo de bacias hidrográficas**. Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Rural, 2006.

CHRISTOFOLETTI, A. **A Análise de Bacias Hidrográficas**. In:- Geomorfologia. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 1980.

CODEMIG, **Mapeamento geológico – Projeto Sul de Minas**, Minas gerais, 2002.

CUNHA, C. M. L. **Quantificação e mapeamento das perdas de solo por erosão com base na malha fundiária**. Rio Claro: Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, 1997.

CUNHA, L. H; COELHO, M. C. N. **Política e Gestão**. In. **CUNHA, S. B; GUERRA, A. J. T (org.) A questão ambiental: diferentes abordagens**. Rio de Janeiro: Bretand, Brasil, 2003.

DECRETO nº 41.578, de 08 de março de 2001 - Regulamenta a Lei nº 13.199, de 29 de janeiro de 1999, que dispõe sobre Política Estadual de Recursos Hídricos – Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=689>. Acesso em 10 outubro de 2015.

DEFESA CIVIL. **Relatório anual de 2013 da Defesa Civil de São João del-Rei**. 2014.

DOMINGUES, C. V; FRANÇOSO, M.T. **Aplicação de Geoprocessamento no processo de modernização da gestão municipal**. Revista Brasileira de

Cartografia. n. 60, p. 71 – 78, 2008. Disponível em: [www.rbc.ufrj/\\_2008/60\\_1\\_07.htm](http://www.rbc.ufrj/_2008/60_1_07.htm)  
acesso em: setembro de 2015.

FIDALGO, E. C. C. **Critérios para a Análise de Métodos e Indicadores Ambientais Usados na Etapa de Diagnóstico de Planejamentos Ambientais**. 2003. 276 f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas, 2003. FRANCISCO, C. E. S. **Áreas de Preservação Permanente na Bacia do Ribeirão das Anhumas: estabelecimento de Prioridades para Recuperação por Meio de Análise Multicriterial**. 2006.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA S. B. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**, Rio de Janeiro, ed. Bertrand Brasil, 1994.

IBGE. Censo 2010. Disponível em: <http://www.censo2010.ibge.gov.br/>.  
Consultado em: setembro de 2015.

LEPSCH, I.F.; BELLINAZZI JR., R.; BERTOLINI, D.; ESPÍNDOLA, C.R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. 4ª aproximação, 2ª. impressão revisada. Campinas: SBCS, 1991.

LIMA, W.P. **Hidrologia Florestal Aplicada ao Manejo de Bacias Hidrográficas**, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Departamento de Ciências Florestais Piracicaba – São Paulo - 2ª Edição 2008.

LIMA, W de P.; ZAKIA, M.J.B. (Orgs.) **As florestas plantadas e a água. Implementando o conceito da microbacia hidrográfica como unidade de planejamento**. São Carlos: Ed. RiMA, 2006.

MMA GEO Brasil: **Recursos Hídricos: resumo executivo**. / Ministério do Meio Ambiente; Agência Nacional de Águas; Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Brasília: MMA; ANA, 2007.

MOURA, A. C. M. **Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano**. Belo Horizonte: Ed. da autora, 2003.

MOURA, A. C. M. **Reflexões metodológicas como subsídio para estudos ambientais baseados em Análise de Multicritérios**. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE.

MOURA, A. C. M. **Learning Topics in Urban Planning at UFMG: Geoprocessing to Support Analysis, Planning and Proposal of the Urban Landscape at Neighborhood Scale**. In. 5º Seminário Internacional de Planejamento e Gestão



Ambiental - URBENVIRON Brasília 2012, Respostas Urbanas às Mudanças Climáticas Paranoá, 2012.E 2008. 248 f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Revista Brasileira de Cartografia No 62/02, 2010. (ISSN 0560-4613) 179 Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2008.

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. **Gestão de Bacias Hidrográficas**. Estudos Avançados, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 44-60, 2008.

ROSA, R. **Análise Espacial em Geografia** - Revista da ANPEGE, v. 7, n. 1, número especial, p. 275-289, out. 2011.

SANTANA, D.P. **Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 63p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 30).

TROPPEMAIR, Helmut. **Sistemas, geossistemas, geossistemas paulista, ecologia da paisagem**. Rio Claro, 2004.

VALENTE, R. O. A. **Definição de áreas prioritárias para conservação e preservação florestal por meio da abordagem multicriterial em ambiente SIG. 2005**. 137 f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

VEIGA, T. C; XAVIER-SILVA, J. **Geoprocessamento como ferramenta para tomada de decisão a nível municipal: identificação de áreas com potencial para atividades turísticas em Macaé-RJ** In: XXI Congresso Brasileiro de Cartografia, 2003, Belo Horizonte. Anais do XXI Congresso Brasileiro de Cartografia, 2003.

ZACHARIAS, A. A. - **A Representação Gráfica das Unidades da Paisagem no Zonemanrto Ambiental** – São Paulo – Ed. UNESP – 2010.