



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI

COORDENADORIA DO CURSO DE GEOGRAFIA

**ESTUDO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO SÃO FRANCISCO XAVIER
– SÃO JOÃO DEL-REI – MINAS GERAIS: POR MEIO DE MAPEAMENTO
TEMÁTICO.**

Autor: JAIME JOHNY MAUS

Orientador: PROFESSORA DOUTORA SILVIA ELENA VENTORINI

SÃO JOÃO DEL-REI

Novembro de 2015



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI

COORDENADORIA DO CURSO DE GEOGRAFIA

ESTUDO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO SÃO FRANCISCO XAVIER – SÃO JOÃO DEL-REI – MINAS GERAIS: POR MEIO DE MAPEAMENTO TEMÁTICO

Monografia apresentada à
Coordenadoria do Curso de Geografia
da Universidade Federal de São João
del-Rei, como requisito parcial para
obtenção do grau de Bacharel em
Geografia Autor: Jaime Johny Maus
Orientadora: Profa Dra Sílvia Elena
Ventorini

SÃO JOÃO DEL-REI

Novembro 2015

AGRADECIMENTOS

A professora Silvia Elena Ventorini por me acompanhar na qualidade de orientadora e amiga ao longo do desenvolvimento da vida acadêmica, que com muita mas muita paciência, me ensinou a superar o trauma com as novas tecnologias, principalmente o geoprocessamento, na verdade achava que iria pintar mapa na área de cartografia, mas é uma excelente professora e profissional, a qual me espelho.

Ao meu companheiro, Laercio Carlos Ribeiro dos Santos Maus, que me incentivou a voltar a estudar, que nos momentos difíceis sempre estava do meu lado e não me deixou desistir, o que posso dizer à você, muito obrigado.

Agradecimento especial ao professor André Negreiros, que contribui com seus conhecimentos, apoio com dados, disponibilização de seu tempo em trabalhos de campo, aperfeiçoando a elaboração do estudo, meu muito obrigado.

Gostaria também de agradecer a banca examinadora: Prof. André Batista Negreiros, Prof. Silvia Elena Ventorini, que cederam uma parte de seu tempo precioso para poder contribuir com meu trabalho.

Aos professores do Curso, que de forma positiva, contribuíram para minha formação acadêmica, em especial aos professores, Leonardo Rocha, Marcio Toledo, Ligia Brochado, Mucio Figueiredo, Tatiane Godoy, Ivair Gomes e Carla Juscelia.

Aos meus colegas de laboratório, Gustavo, Evelyn, Patricia, Lucas Assis, Vinicius, Thiago, Lucas, Willian, Juliano, Giza, Carolina, pela amizade e convivência harmoniosa no laboratório de geoprocessamento, durante os anos de universidade.

Aos meus amigos do curso de Geografia Bacharelado, primeira turma da UFSJ 2012, que na caminhada destes 04 anos rimos, choramos, discutimos e por fim levarei algumas amizades eternas para minha vida.

Aos funcionários da Unidade Acadêmica de Geografia, pela ajuda prestada.

Resumo

O objetivo desta monografia é apresentar o estudo na Bacia Hidrográfica do Córrego São Francisco Xavier localizado no município de São João del-Rei - MG, que envolveu a geração de uma base de dados cartográficos em meio digital. O procedimento metodológico teve como base a Teoria Geral dos Sistemas Aplicada à Geografia. Os procedimentos envolveram: pesquisa bibliográfica, aquisição, vetorização e transformação em raster de mapas base, fotointerpretação de imagens, registros de documentos cartográficos, sobreposição e análises de dados cartográficos, pesquisa de dados secundários e coleta de dados primários por meio de trabalhos de campo, realizados no período de março de 2012 a agosto de 2015. A base de dados cartográfica é composta por mapas temáticos da área de estudo representando a geologia, a pedologia, o uso da terra, a hipsometria, a declividade, a área de proteção ambiental e dois modelos sínteses, um representando o grau de suscetibilidade às enchentes e às erosões e outro, áreas inadequadas a expansão urbana. Os modelos foram gerados por meio da análise multicriterial. Para a geração dos modelos síntese utilizaram-se cruzamentos pareados, sendo que os resultados foram novamente cruzados, atribuindo influências variadas a cada mapa até que a soma fosse 100%. Os pesos adotados para as classes resultantes dos mapas foram mantidos (a variação ocorreu de 1 a 5) com o intuito de obter as classes intermediárias. Conclui-se que o mapeamento temático indicou que a área mais preservada da bacia se localiza nas porções sul, oeste e norte da bacia, já a urbanização ocorre na porção leste para sudeste da bacia com efeitos de degradação ambiental e intensos processos erosivos.

Palavras-chave: Cartografia digital, Análise Multicriterial e Modelos Sínteses.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. BACIA HIDROGRÁFICA E MAPEAMENTO TEMÁTICO.....	13
2.1 Bacia hidrográfica e sua importância de estudo	13
2.2 Leis das Bacias Hidrográficas.....	15
2.3 Mapas temáticos e análise multicritério.....	19
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	24
4. RESULTADOS E ANÁLISES	30
4.1. Caracterização da Bacia Hidrográfica do Córrego São Francisco Xavier	30
4.2 Análises a partir dos mapas bases da Bacia Hidrográfica do Córrego São Francisco Xavier.....	37
4.3 Cruzamentos de mapas através da análise multicriterial	48
5. CONCLUSÃO	53
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55

Lista de Figuras

Figura 01: Localização do Município de São João Del-Rei - na Bacia do GD2.

Figura 02: Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos de Minas Gerais.

Figura 03: Fluxograma das influências dos mapas utilizados na pesquisa de Moura.

Figura 04: Fotos voçoroca no Loteamento Cidade Verde.

Figura 05: Voçoroca Loteamento Cidade Verde, Final da Rua Fidelis Guimarães, quando da implementação do loteamento em 2013 (a) e trabalho de campo me 2015 (b).

Figura 06: Folder de venda de lotes por imobiliárias do município.

Figura 07: Fotos Defesa Civil – áreas de deslizamento e erosão.

Figura 08: Desmoranamento de terra destruindo a revitalização da voçoroca.

Figura 09: Processos de ravinamento e voçorocamento loteamento Bela Vista.

Figura 10: Fotos ravinas e voçorocas loteamento Bela Vista.

Figura 11: Barreiras para contenção do movimento de massa loteamento Bela Vista.

Figura 12: Análise multicriterial: Geologia + solo e seu resultado.

Figura 13: Análise multicriterial: Declividade + solos e seu resultado.

Figura 14: Análise multicriterial: Resultado solo + geologia, resultado solo + declividade, e seu resultado.

Figura 15: Análise multicriterial: Resultados solo + geologia, solo + declividade + Uso da terra, e seu resultado

Figura 16: Modelo síntese áreas inadequadas à expansão urbana.

Figura 17: Modelo síntese áreas urbanas suscetíveis a riscos de erosão e enchentes.

Lista de Mapas

Mapa 01: Delimitação da Bacia Hidrográfica do Córrego São Francisco Xavier e Hierarquia de Drenagem.

Mapa 02: Mapa de Geologia da Bacia Hidrográfica do Córrego São Francisco Xavier.

Mapa 03: Mapa de Pedologia da Bacia Hidrográfica do Córrego São Francisco Xavier.

Mapa 04: Mapa de Hipsometria da Bacia Hidrográfica do Córrego São Francisco Xavier.

Mapa 05: Mapa de Declividade da Bacia Hidrográfica do Córrego São Francisco Xavier.

Mapa 06: Mapa de Uso da Terra da Bacia Hidrográfica do Córrego São Francisco Xavier.

Mapa 07: Mapa da Área de Preservação Permanente, com ênfase em mata ciliar.

Lista de quadros

Quadro I: Escala de Valores AHP para Comparação Pareada.

Quadro II: Classes de Declividade.

Quadro III: Pesos adotados para cada classe nos cruzamentos para gerar mapas temáticos na análise multicriterial.

Quadro IV: Geologia da Bacia do Córrego São Francisco Xavier.

Quadro V: Pedologia da Bacia do Córrego São Francisco Xavier.

Lista de Siglas

AHP - Análise Hierarquia de Peso.

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

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).

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.

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, dispôs 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.

Já no Art. 8º, inciso IV, 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). Além disso,

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 as 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 - naturais ou construídos. 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 qualidades à população e para o conhecimento do espaço físico-territorial do município, visando à tomada de decisões coerentes com a realidade.

O problema é que a maioria dos municípios brasileiros não possui uma base de dados cartográficos em meio digital. O município de São João del-Rei – MG faz parte desta realidade. 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 1.465,78km² inserida na bacia do Rio das Mortes - GD2 (figura 01) e seu crescimento urbano vem ocorrendo sem um planejamento dos impactos ambientais nas bacias, sob sua comarca. Bacias menores que formam a

bacia do GD2 não são gerenciadas adequadamente pelos municípios. Neste trabalho tornou-se como área de estudo a Bacia Hidrográfica do Córrego São Francisco Xavier.

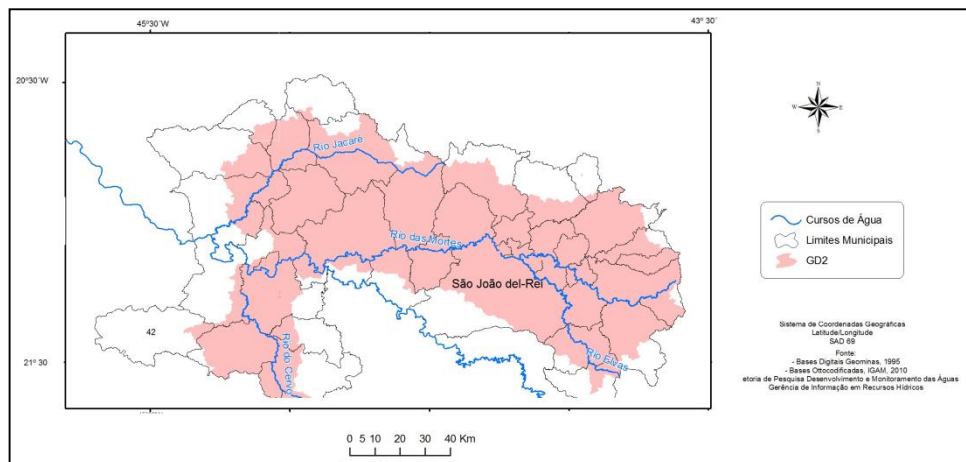


Figura 01: Localização do município de São João na Bacia do GD2
Fonte: adaptado de IGAM, 2010

A Bacia Hidrográfica do Córrego São Francisco Xavier, localizada entre as coordenadas UTM 574 e 578 kmE e 7663 e 7667 kmN, apresenta áreas propícias a voçorocamentos e acentuada declividade e crescimento urbano sem o planejamento adequado para identificar as áreas propícias a ocupação urbana.

O fio condutor da pesquisa foi a elaboração de uma base digital de dados cartográficos da Bacia do Rio São Francisco Xavier. O objetivo do estudo teve início com projeto de iniciação científica¹ e projeto de extensão² com o intuito de conhecer a situação ambiental da referida bacia, assim como analisar os impactos ambientais, e identificar as áreas inaptas ao uso urbano. A pesquisa foi desenvolvida no período de 2013 a 2015.

Esta monografia tem como objetivo apresentar o estudo na Bacia Hidrográfica do Córrego São Francisco Xavier que envolveu a geração de uma base de dados cartográficos em meio digital, assim como a geração de modelo síntese por meio da técnica da análise multicriterial.

Os procedimentos metodológicos tiveram como fundamentação a Teoria Geral dos Sistemas Aplicada à Geografia e envolveram os seguintes procedimentos:

¹ Projeto de Iniciação Científica – PIIC - Mapeamento da Vulnerabilidade Urbana na Bacia do Rio São Francisco Xavier – São João Del-Rei – MG. Desenvolvido no Departamento de Geociências – DEGEO – UFSJ e Supervisionado e Orientado pela Prof. Dr^a Sílvia Elena Ventrini, ano de 2013 a 2014.

² Projeto de Extensão – PROEX – Mapeamento de São João Del-Rei. Desenvolvido no Departamento de Geociências – DEGEO – UFSJ e Supervisionado e Orientado pela Prof. Dr^a Sílvia Elena Ventrini, ano de 2014 a 2015.

- a) pesquisa de material cartográfico base;
- b) Coleta e análise de dados Primários, por meio de trabalhos de campo;
- c) Coleta e análise de dados secundários;
- e) Elaboração de uma base de Dados Cartográficos em Meio Digital;
- f) geração de modelo síntese por meio da técnica de análise multicriterial.

A hipótese norteadora foi a geração de uma base de dados cartográficos em meio digital, juntamente com a coleta e análise de dados primários e secundários para detectar as possíveis áreas suscetíveis a erosão e enchente, bem como identificar o grau de intensidade para ocupação de áreas aptas e inaptas ao uso urbano e representa-los através de mapeamento temático.

Portanto esta monografia está organizada em três capítulos: o primeiro capítulo foi estruturado em uma revisão bibliográfica sobre a importância e leis das bacias hidrográficas ao estudo, as dificuldades do gerenciamento e planejamento das bacias hidrográficas. Neste capítulo discute-se ainda, a importância de uma base de dados cartográficos em meio digital como suporte a tomada de decisões, bem como o uso da técnica análise multicriterial.

No segundo capítulo apresenta-se a fundamentação teórica-metodológica, os materiais e procedimentos adotados no estudo e no terceiro capítulo trazemos as análises e resultados, da geração de mapas relevantes, para caracterizar os aspectos físicos como o solo, geologia, uso da terra, hipsometria e declividade. Assim como cruzamentos para gerar dois modelos de síntese da situação ambiental da Bacia Hidrográfica do Córrego São Francisco Xavier.

As conclusões da pesquisa apontam que embora a Bacia Hidrográfica seja amparada por leis, estas muitas vezes não são cumpridas no planejamento e gestão das bacias.

2. BACIA HIDROGRÁFICA E MAPEAMENTO TEMÁTICO

2.1 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.

2.2 Leis das Bacias Hidrográficas

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 02.

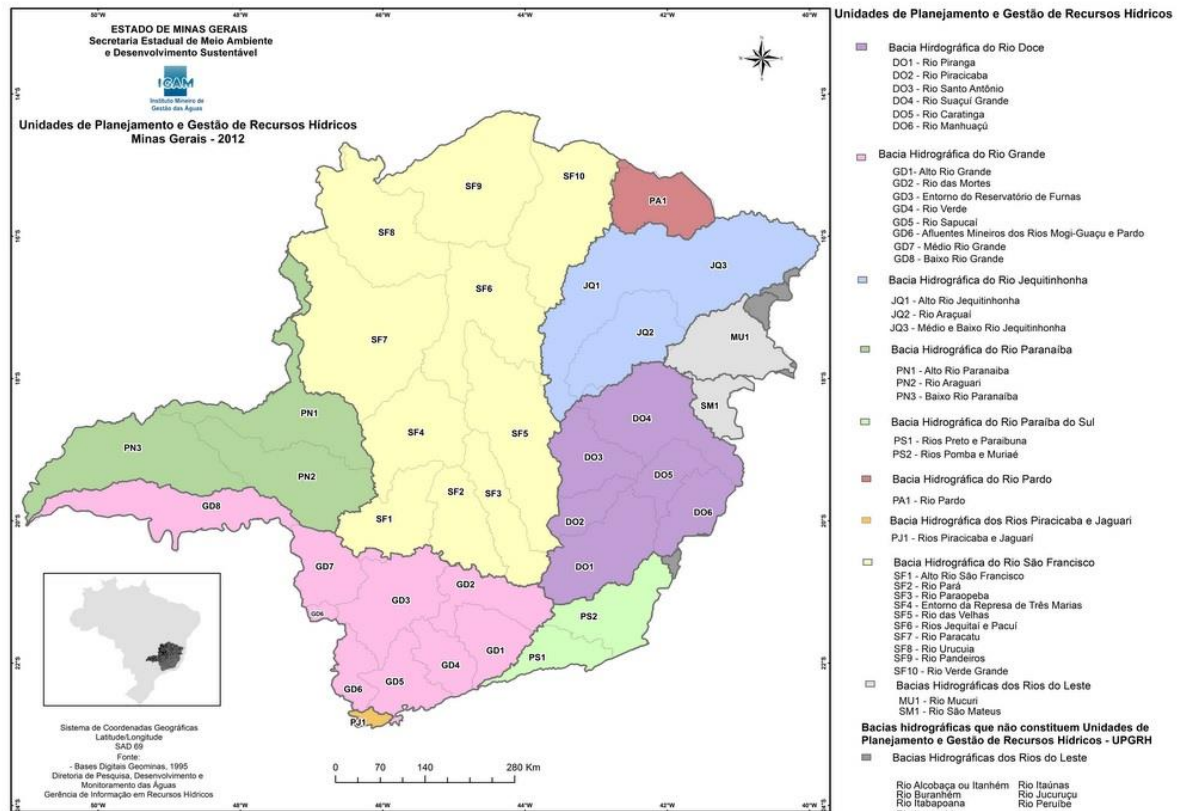


Figura 02: Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos Minas Gerais – 2012. Fonte: IGAM.

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 Córrego São Francisco Xavier 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.

Para a autora (2003), 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 de dados cartográficos composta por mapas temáticos que permitem analisar, sobrepor, cruzar e mensurar estas informações em forma de vetor, raster e alfanuméricos.

2.3 Mapas temáticos e 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 supracitados, 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 multicritério 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 multicritério em ambiente SIG. A análise multicritério 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 (figura 01).

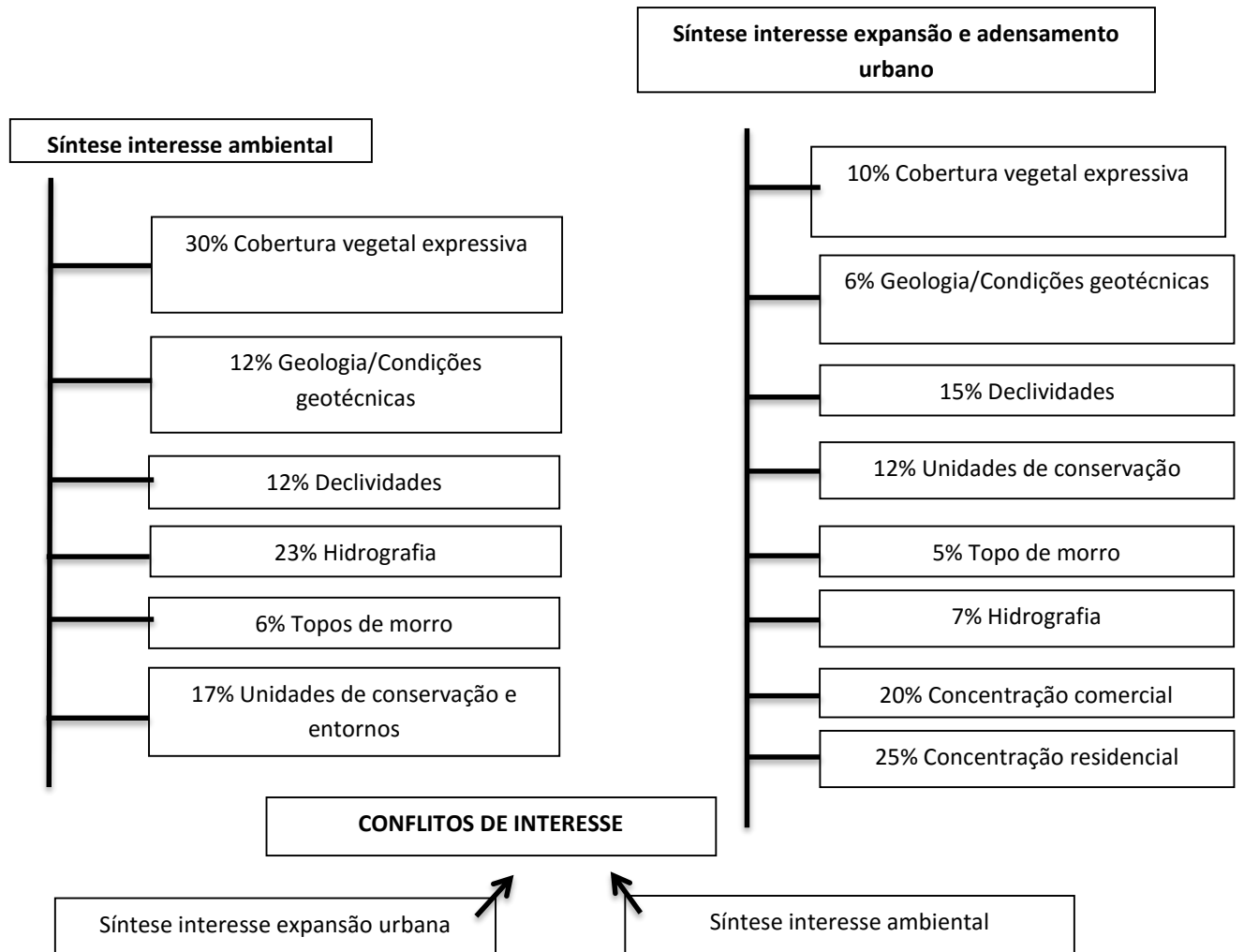


Figura 03: Fluxograma das influências dos mapas utilizados na pesquisa de Moura (2012).

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). Um exemplo é a Análise Hierarquia de Peso (AHP) proposto pelo Prof. Thomas Saaty em 1978, na Universidade da Pensilvânia. O AHP proposto é apresentado no quadro I.

Análise Hierarquia de Pesos (AHP)

Pesos Definição e Explicação

1	Importância igual - os dois fatores contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância moderada - um fator é ligeiramente mais importante que o outro.
5	Importância essencial - um fator é claramente mais importante que o outro.
7	Importância demonstrada - um fator é fortemente favorecido e sua maior relevância foi demonstrada na prática.
9	Importância extrema - a evidência que diferencia os fatores é da maior ordem possível.
2,4,6,8	Valores intermediários entre julgamentos - possibilidade de compromissos adicionais.

Quadro I: Escala de Valores AHP para Comparação Pareada (Fonte: Moura, 2007)

A Escala de Valores AHP para Comparação Pareada auxilia o pesquisador na atribuição dos pesos de importância das variáveis representada em cada mapa. Em um mapa representando a declividade do terreno, por exemplo, faz-se necessário atribuir os pesos conforme a importância das classes de declividade. Assim o uso da análise multicritério é uma técnica de cruzamento de variáveis de decisão em planejamento ambiental (FRANCISCO, 2006). Para a definição de critérios e pesos, pode ser utilizada a Técnica Participatória, que consiste na avaliação das áreas de interesse da pesquisa por diferentes especialistas.

Fidalgo (2003) adotou esta metodologia em seu estudo de caso na área de planejamento ambiental. Para isso, enviou para 68 pesquisadores um questionário para coletar informações que permitisse a escolha dos pesos e influências dos mapas em sua análise. No entanto, destacou a dificuldade na coleta das informações, considerando que o questionário foi enviado para 68 pesquisadores (100%), sendo que apenas 17 (25%) os responderam parcialmente. A parcialidade ocorreu, principalmente, por causa das dúvidas e críticas relacionada à base no mapeamento de diversos planos de informação e na definição do grau de pertinência de cada plano de informação e de cada um de seus componentes de legenda para a construção do resultado final.

Moura (2007) destaca que outro método para a escolha dos pesos é a construção de análises baseadas por estatística, buscando identificar à baixa e a alta

correlação entre as variáveis como fenômeno ou ocorrência a ser explicado. De qualquer forma, embora haja métodos e técnicas para auxiliar o pesquisador na tomada de decisão dos valores numéricos que representam o grau de importância de cada variável na análise, sempre haverá um nível de subjetividade.

Para a autora, o pesquisador ao longo do processo de análise que resultem em sínteses ou em avaliações com base em algum critério, os mapas temáticos gerados devem ser verificados por meio de procedimentos como visitas técnicas aos locais cujas características são evidentes (bem conhecida pelo pesquisador), análise comparativa específicas dos resultados com os resultados e análises obtidos em outros estudos realizados por outros pesquisadores e consulta aos conhecedores da realidade espacializada. Caso haja contradições entre os resultados comparativos por meio de um dos métodos, as avaliações devem ser refeitas com a escolha de outras variáveis e/ou alterações nos pesos (MOURA, 2003, 2007, 2012).

A qualidade do material cartográfico base e a forma de tratamento deste material em um SIG também influenciará significativamente no resultado final da análise multicritério. Para a atribuição de pesos aos mapas é melhor que estes estejam em raster (matricial), pois o cruzamento dos dados é otimizado. Além disso, a definição de resolução do tamanho do pixel deve ser o mesmo para todos os mapas. Desta forma, o procedimento indicado é transformar os mapas vetorizados em raster adotando a pior resolução dos materiais base (maior dimensão de pixel). Cartograficamente não é adequado reduzir a resolução do pixel acreditando que melhorará a representação de um dado cuja fonte era de pior qualidade (MOURA, 2007, 2012).

No estudo relatado nesta monografia, considerou todas as colocações abordadas anteriormente, com ênfase a análise comparativa específicas dos resultados e análises obtidos em trabalho de campo e em consulta aos registros sobre a realidade espacializada, como por exemplo, o Relatório anual de 2013 da Defesa Civil de São João del-Rei que indica os locais de movimento de massa e enchentes no município, e o documento de Reconhecimento de Média Intensidade dos Solos da Zona Campo das Vertentes – MG (EMBRAPA, 2003) que traz informações importantes sobre os tipos de solos vulneráveis a erosões.

No estudo da bacia Hidrográfica do Córrego São Francisco Xavier buscou-se adotar como critérios para a escolha dos pesos, influências dos mapas e análises da base digital cartográfica e dos modelos de síntese a: revisão de literatura, visitas

técnicas a área de estudo em períodos secos e chuvosos e trocas de informações com especialistas³ na área da Geomorfologia que atuam no Departamento de Geociências da Universidade Federal de São João del-Rei.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A Bacia Hidrográfica do Córrego São Francisco Xavier foi selecionada com área de estudo tendo como base lei 9.433/97. Sua importância abrange as relações de *input* e *ouput* dos fluxos de matérias e energias, nas quais sociedade e natureza se integram (ZACHARIAS, 2007).

O procedimento teórico-metodológico teve como base a Teoria Geral dos Sistemas (TGS) idealizado pelo Biólogo Ludwig von Bertalanffy, nas primeiras décadas do século XX. A Teoria Geral dos Sistemas é considerada à inter-relação e interdependência entre os componentes que formam um sistema, cujas partes não devem ser estudadas isoladamente (BERTALANFFY, 2008).

A TGS teve seu início em 1929 com a pesquisa de R. Defay envolvendo a Termodinâmica. Na Geografia o uso dessa teoria iniciou-se com base nas publicações de Straller nos anos de 1950 e 1952. Na década de 1960 o uso da Teoria dos Sistemas aplicada à Geografia Física iniciou-se com os artigos de Chorley (CHRISTOFOLETTI, 1980).

O uso da TGS em pesquisas geográficas possibilitou sistematizar e integrar aspectos físicos relacionando-os com suas conexões e processos. Essa abordagem teórico-metodológica possibilitou discussões importantes a respeito de não estudar o meio físico como produto final (TROPMAIR, 2004).

A aplicabilidade sistêmica nos estudos que abrangem a geração e análise de mapas permite determinar o que é mapeado, as variáveis que compõem esse mapeamento e suas análises, bem como as características dessas variáveis e as relações entre as partes, modelando, assim, um sistema e ajustando-o frente à realidade (MOURA, 2003).

No mapeamento da Bacia Hidrográfica do Córrego São Francisco Xavier a Teoria do Sistema foi utilizada para determinar quais mapas gerar, quais as variáveis

³ André Batista Negreiros, Professor da UFSJ - DEGEO - Bacharel em Geografia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2004), Mestre em Ciências de Geografia (2006) e Doutor em Geografia (2011) pelo Programa de Pós Graduação em Geografia da UFRJ.

que os compõem e quais servem como indicadores de análise da situação ambiental da bacia e para geração de modelos síntese.

O procedimento metodológico envolveu pesquisa bibliográfica, levantamento de dados secundários, pesquisa e aquisição de material cartográfico, elaboração e análise de mapas temáticos, coleta de dados em campo e geração de modelos por meio da técnica multicriterial.

A coleta de dados secundários junto à Prefeitura Municipal e a Defesa Civil reuniu documentos dos desastres naturais ocorridos no município. O trabalho de campo realizado sistematicamente nos períodos chuvosos, secos e intermediários, no período de 2012 a 2015, incluíram as visitas e os registros fotográficos da situação da área de estudo e as análises dos dados foram utilizados para verificar a veracidade das informações mapeadas.

O levantamento de material cartográfico básico indicou precariedade de dados georreferenciados do município, fato que condicionou a elaboração de toda a base de dados temáticos da Bacia Hidrográfica do Córrego do São Francisco Xavier. A documentação cartográfica adquirida no Banco de Dados do Departamento de Geociências da UFSJ e em instituições públicas e privadas, estava em meio analógico e é composto por: uma Carta Topográfica escala 1:25.000, do ano de 1994 elaborada pelo Exército Brasileiro, equidistância de 10 metros, Mapa Pedológico do Campo das Vertentes, escala 1: 250.000 (EMBRAPA, 2006) e Mapa Geológico da Companhia Mineradora de Minas Gerais (CODEMIG, 2003) escala 1:100.000. No banco de dados do Departamento de Geociência o único material georreferenciado adquirido foi a imagem do satélite Ikonos 2008, resolução espacial 1 metro, por meio do Geocatálogo do Ministério do meio Ambiente⁴.

O software utilizado para a geração da base de dados foi o ArcGis 10 (módulos ArcMap, ArcCatalog e ArcToolbox). Primeiramente, definiu-se a projeção, o sistema de coordenadas e o datum do projeto. A Carta Topográfica, já digitalizada, foi registrada juntamente com as imagens ópticas. Em seguida, foi feita a vetorização das curvas de nível e da drenagem, seguida de edição vetorial para correção da fisiografia da rede de drenagem, tendo como referência a imagem *RapidEye* de 2012. A Carta de Drenagem foi gerada a partir dos dados da rede de drenagem e do limite de área

⁴ As imagens foram adquiridas pela Prof. Dr^a Silvia Elena Ventorini por meio do termo de compromisso corporativo de uso de imagens Rapideye, adquiridas pelo Ministério do Meio Ambiente, contrato nº 30/2012.

da bacia. A partir do *shapefile* das feições de drenagem foram gerados *buffers*⁵ de 50 metros em tornos das nascentes e 30 metros em tornos dos rios. As dimensões dos *buffers* tiveram como base a lei 12.651 de 2012 que determina uma zona de preservação de 30 metros para rios de até 10 metros de largura e um raio de 50 metros para as nascentes.

O Modelo Numérico do Terreno (MNT) foi elaborado a partir das informações altimétricas extraídas das curvas de nível e dos pontos cotados vetorizados, por meio de processo de interpolação com uma estrutura de dados triangular, que viabiliza a modelagem das feições geomórficas da superfície. Utilizando a ferramenta *slope*, também a partir MNT altimétrico, foi calculado a taxa de máxima alteração entre a célula e os seus vizinhos. Neste processo, cada célula do *raster* de saída apresenta um valor de declive em porcentagem de inclinação. Este dado deu origem a Carta Clinográfica da bacia. As classes foram definidas com base no Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso (LEPSCH; BELLINAZZI JR, BERTOLINI, ESPÍNDOLA, 1991) conforme descrito no quadro IV:

USO DA TERRA SEGUNDO A CLASSE DE DECLIVIDADE

Declividade (%)

0-2 – Classe A – Formada por áreas planas ou quase planas, com escoamento superficial (deflúvio) lento.

2-5 - Classe B – Formada por áreas de declives suaves com escoamento superficial lento a médio.

5-10 –Classe C – Áreas com superfícies inclinadas, geralmente com relevo ondulado, nas quais o escoamento superficial, para a maioria dos solos, é médio à rápido. Em certos casos a erosão hídrica oferece poucos problemas, podendo ser controlada com práticas simples.

10-15 Classe C – Áreas com superfícies inclinadas, geralmente com relevo ondulado, nas quais o escoamento superficial, para a maioria dos solos, é médio a

⁵ Buffer – Para Rosa (2000, p. 282) Trata-se de uma operação de distância que consiste em delimitar áreas tampão em torno de uma determinada entidade. Podem ser úteis na delimitação de áreas de preservação permanente ou de leitos de cheia dentro da qual não é permitido construir. Os buffers podem ser criados em torno de elementos pontuais, lineares ou poligonais.

rápido. Em certos casos a erosão hídrica oferece poucos problemas, podendo ser controlada com práticas simples.

15-30 - Classe D – Áreas muito inclinadas ou colinosas com escoamento superficial rápido na maior parte dos solos, facilmente erodíveis sendo utilizados para cultivos perenes, pastagens ou reflorestamentos.

30-45 - Classe E – Áreas fortemente inclinadas, cujo escoamento superficial é muito rápido na maior parte dos solos.

45-70 - Áreas íngremes, de regiões montanhosas, onde praticamente nenhum tipo de máquina agrícola pode trafegar.

70-100 - Áreas de relevo escarpado ou muito íngreme onde normalmente nenhum solo se desenvolve. Só existem solos muito rasos associados a exposições rochosas.

Quadro II: Classes de Declividade (Fonte: LEPSCH; BELLINAZZI JR, BERTOLINI, ESPÍNDOLA, 1991).

Além disso, houve a vetorização e análise do mapa pedológico tendo como base o mapa e as informações da publicação Reconhecimento de Média Intensidade dos Solos da Zona Campo das Vertentes (EMBRAPA 2006) e do Mapa Geológico – folha São João del-Rei (CODEMIG, 2013).

A etapa seguinte constitui no processo de vetorização das tipologias de uso e coberturas por meio de fotointerpretação e com auxílio dos dados de identificação coletados em campo. Os materiais base utilizados foram as imagens *Rapideye* 2012, resolução espacial de 5 metros e imagem *Ikonos*, ano 2008, resolução espacial de 1 metro. A partir da representação vetorial destas informações temáticas elaborou-se o Mapa de Uso da Terra da bacia. Adotou-se como procedimento da sobreposição dos *buffers* sobre o mapa de uso da terra para analisar a situação das Áreas de Preservação Permanente (APP) conforme a Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012.

Após a geração e análise dos mapas temáticos aplicou-se a técnica na análise multicriterial para geração de dois modelos síntese de ocupação urbana: um modelo representa áreas inadequadas a expansão urbana e outro para representar áreas urbanas suscetíveis a riscos de erosão e enchentes.

Para os cruzamentos na análise multicriterial, a ferramenta utilizada denomina-se *Weighted Overlay* que permite a inserção de pesos de 1 até o máximo 9 e influência de 100% na soma de todos os mapas.

Para a análise multicriterial, todos os mapas vetorizados foram transformados em raster adotando tamanho 18 de pixel e adoção dos pesos 1, 3 e 5, sendo 1 fraca, 3 media, 5 forte. Este procedimento foi utilizado partindo do pressuposto de diminuir as variáveis intermediárias resultantes do método, como muita baixa, média baixa, baixa etc. O intuito era obter modelos, conforme os objetivos, com cinco classificações na legenda: 1 – fraca, 2- fraca média, 3 – média, 4 – média forte e 5- forte. Os pesos adotados nas análises estão no quadro III.

Pesos utilizados na análise multicriterial

Mapa	Tipo	Pesos	Suscetibilidade
Solo	Ryd	1	Baixo grau à erosão
	Cxb/18	5	Forte grau à erosão
	Rld		
Geologia	Q, Psjr5 Psjr6	5	Forte grau à enchente ou a erosão
	Apfg	3	Médio grau à erosão.
	Mcp, Mβmb	3	Médio à erosão.
	0-2 %	5	Forte grau à enchente.
	2-5 %	3	Médio grau à enchente.
	5-10 %	1	Baixo grau à erosão e a enchente.
	10-15 %	1	Baixo grau à erosão.
Declividade	15-30 %	3	Médio grau à erosão.
	30-45 %	5	Forte grau à erosão.
	45-70 %	5	Forte grau à erosão.
	70-100 %	5	Forte grau à erosão
	Uso da Terra	Perímetro urbano, Serra, Vegetação rasteira, Loteamentos, Solo Exposto, Estrada sem pavimentação, Área rural, Pastagem, Rodovia.	1
Voçoroca, Vegetação Densa, Afloramento Rochoso e Mata Ciliar.		5	
Uso da Terra	Perímetro urbano, Serra, Vegetação rasteira, Loteamentos, Solo Exposto, Voçorocas, Estrada sem pavimentação, Área rural, Pastagem, Rodovia.	5	Pesos atribuídos para gerar o mapa de áreas urbanas suscetíveis a riscos de erosão e enchentes.
	Loteamentos.	3	

Vegetação rasteira
Afloramento rochoso 1
Solo exposto.

Quadro III: Pesos adotados para cada classe

Tendo como base os pesos apresentados na tabela V foram realizadas as seguintes análises e influências respectivamente: a) Mapas Geológico e Solo, 40% e 60%; b) Mapas de Solo e Declividade, 50% cada; c) Cruzamentos dos dois resultados obtidos em a e b preservando o resultado da legenda do referido cruzamento e atribuindo influência 50% cada; d) Dois cruzamentos do mapa resultante dos mapas apresentado no item c com o uso da terra, diferenciando os pesos (vide tabela V) mantendo a influência de 50% cada. Os pesos adotados para as classes resultantes dos mapas foram preservados e suas variações ocorreram de 1 a 5 e a legenda utilizada foi: 1- muito fraca, 2- fraca, 3 – média, 4 – Média forte e 5- forte risco a ocupação urbana e áreas riscos já urbanizadas. Os riscos referem-se a enchentes e movimentos de massa.

Os pesos adotados para os mapas geológico e pedológico tiveram como base as informações disponibilizadas nos quadros IV e V.

GEOLOGIA CARACTERISTICAS

Q	Sedimentos fluviais recentes e atuais, quaternários - Os depósitos fluviais quaternários são barras cascalhosas arenosas, sedimentos pelíticos e arenosos em planícies de inundação e em lagos de meandro abandonado.
Apfg	Faixas greenstone com ligeiro grau de suscetibilidade à erosão.
Mcp	Metapelitos (filitos) – Sequencia Prados são metassedimentos filitos carbonosos e mangnesíferos, gonditos, metawackes e metadiamicritos ricos em seixos de felsitos. Pequenos <i>stocks</i> e diques de granitóides cortam a unidade;
Mβmb	Diques de Metabasitos - São corpos maciços mas com bordas transformadas em xistos, compostos por plagioclásio, honrblenda, actinolita, apatita, minerais opacos, biotita, epidoto, titanita, quartzo e clorita.
Psjr4	Metapelitos - Sequencia Lenheiro, arenitos finos e siltitos grossos e siltitos e argilitos.

- Psjr5 Quartzitos finos – Sequencia Lenheiro, os quartzitos finos Lenheiro e alguns veios de quartzo são minérios para indústria de vidro;
- Psjr6 Quartzitos: quartzitos finos Lenheiro e alguns veios de quartzo são minérios para indústria de vidro;

Quadro IV: Geologia da bacia São Francisco Xavier (Fonte: CODEMIG, 2013)

SOLO	CARACTERÍSTICAS	COMPONENTES
RYd	Solos de baixa e tropical perenifólia de várzea e campo tropical higrófilo e áreas de drenagem deficiente.	Neossolos Flúvicos e Gleissolos Hápicos e Malânicos
Cxbd18	Solos textura média, forte grau de suscetibilidade à erosão, relevo ondulado, forte ondulado e solos rasos.	Cambissolo Háptico
Rld	Solos textura média e argilosa, pedregosos e epipedregosos, forte grau de suscetibilidade à erosão, relevo forte ondulado e montanhoso	Neossolos Litólicos, Cambissolo Háptico

Quadro V: Pedologia da bacia do Córrego São Francisco Xavier (Fonte: EMBRAPA SOLOS, 2006).

A seguir apresentam-se os resultados e análises.

4. RESULTADOS E ANÁLISES

4.1. Caracterização da Bacia Hidrográfica do Córrego São Francisco Xavier

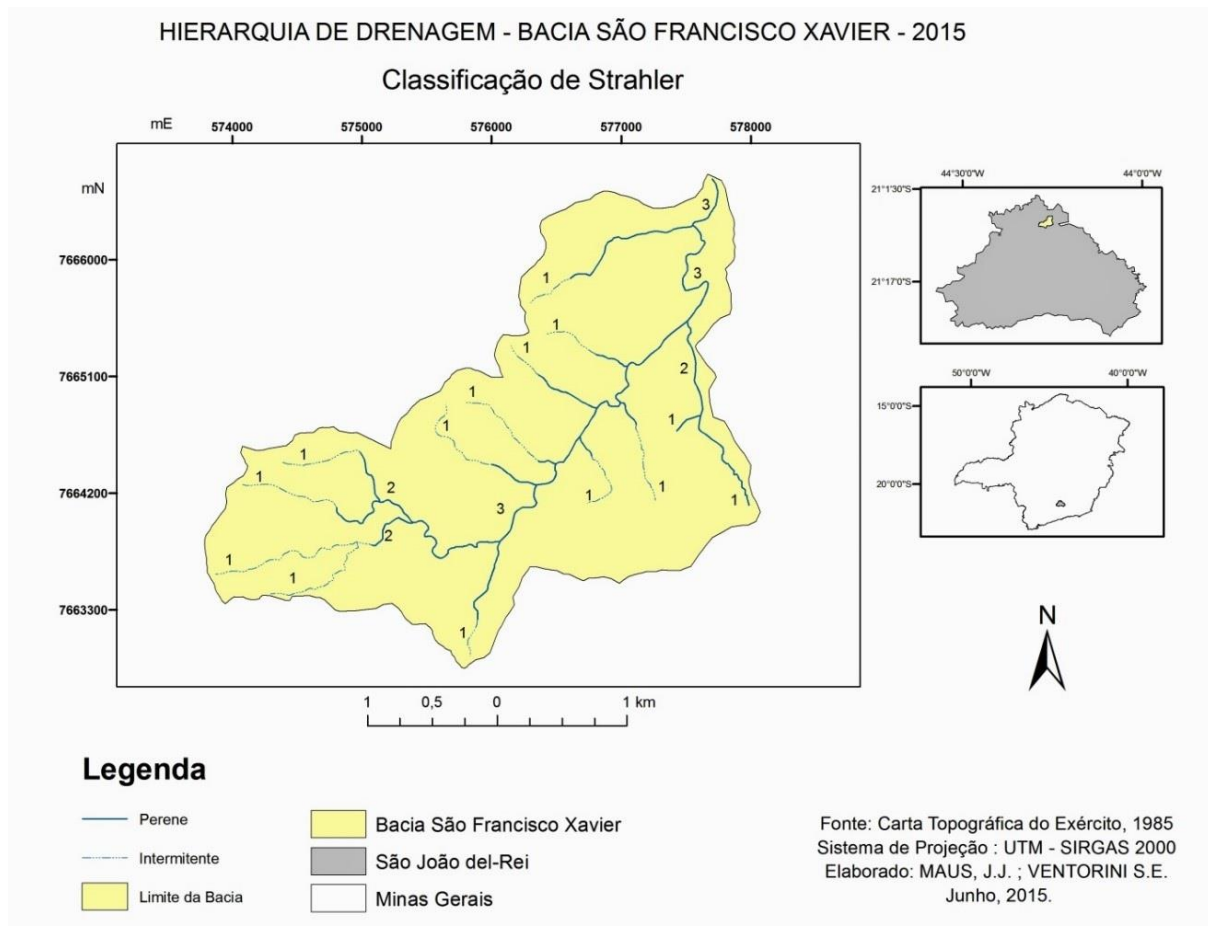
Como não existem dados específicos da bacia a respeito da densidade demográfica, relevo, clima e precipitação da bacia optou-se por trazer dados que correspondem ao município de São João del-Rei. A população do município, segundo o Censo 2010, é de 84.404 habitantes, sendo 79.790 na área urbana e 4.614 na área rural, distribuídos em 33.373 domicílios e uma densidade populacional de 57,67 hab/km² (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).

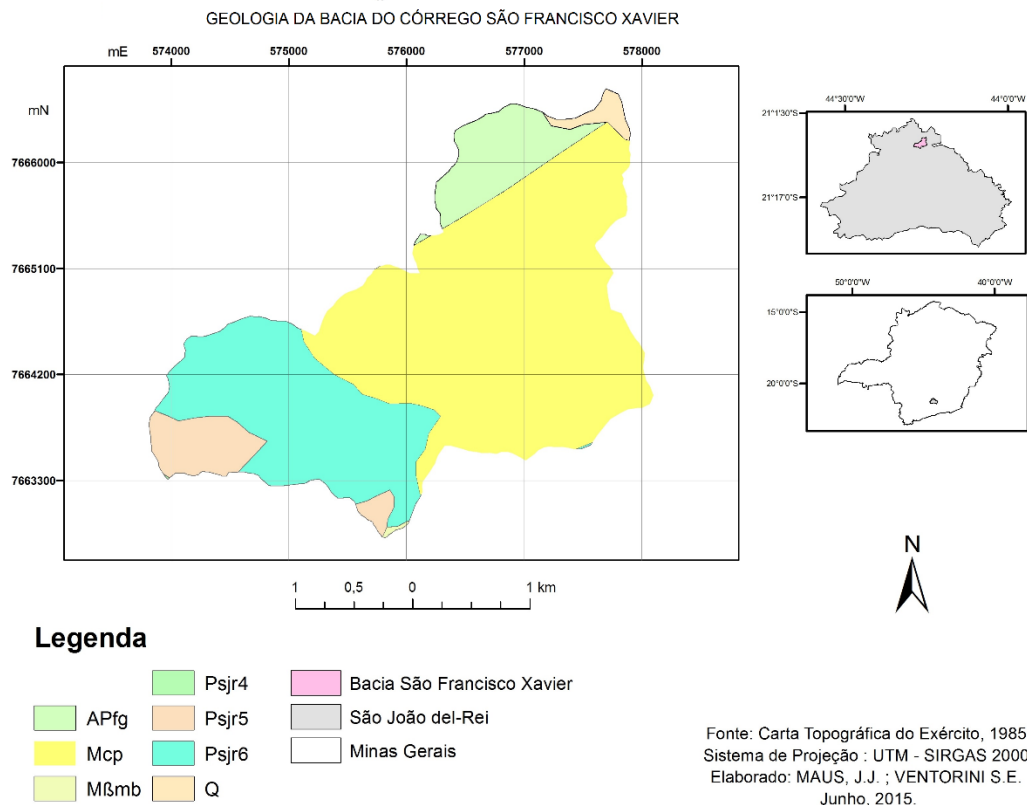
O clima é tropical de altitude (Cwa), caracterizado por verões quentes e úmidos e invernos secos. A média térmica anual é de 19,2°C. Já a precipitação média acumulada de 1961 a 1990 no município é de 1456,3 mm. No ano de 2012 a média acumulada foi de 1749,7 mm, no ano de 2014 a máxima foi no mês de janeiro 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 (NOVAIS no prelo, 2015).

A seguir será demonstrado os resultados da caracterização da Bacia do Córrego São Francisco Xavier que tem uma extensão territorial de 8 km², sua hidrografia tem um padrão de drenagem dendrítica, cuja hierarquia é de rede 3^o ordem conforme classificação de Straller, e a extensão do Córrego São Francisco Xavier é de aproximadamente de 2.200 m de extensão de montante a jusante, mapa 01.



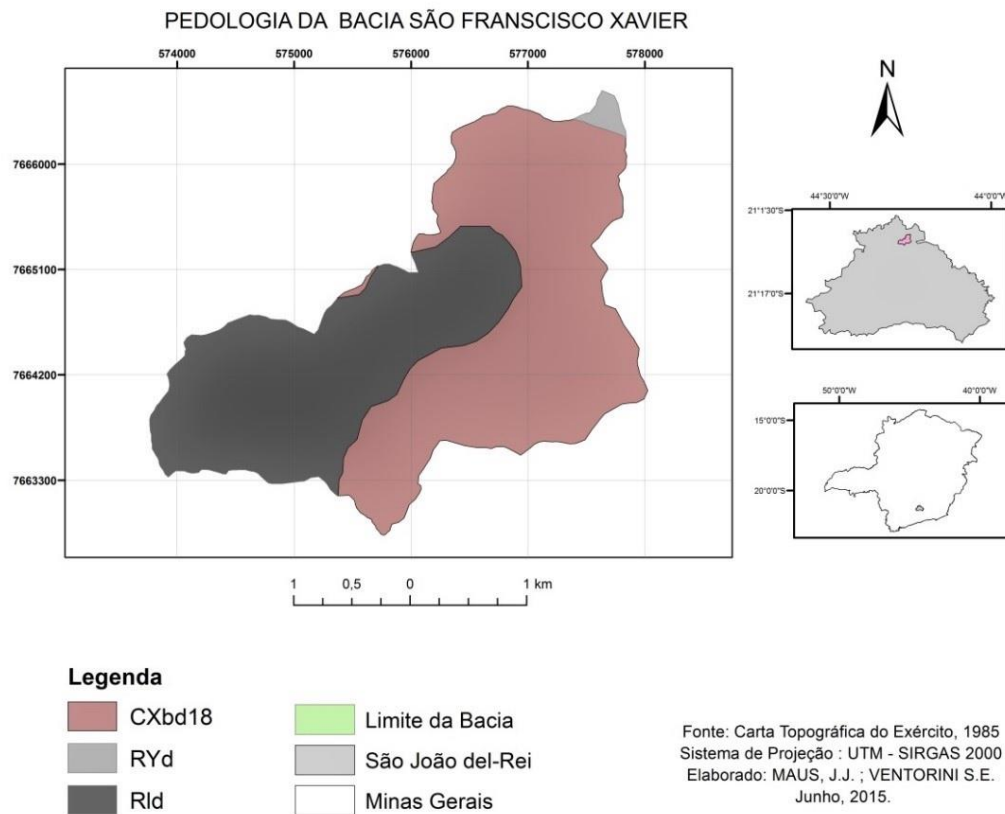
Mapa 01: Delimitação da Bacia Hidrográfica do Córrego São Francisco Xavier e Hierarquia de Drenagem.

O mapa geológico (mapa 02) da Bacia Hidrográfica do Córrego São Francisco Xavier possui 07 tipos de rochas e as principais rochas formadoras da bacia são: Metapelitos (filitos) localizados na porção do médio curso em ambas as margens do Córrego São Francisco Xavier e Quartzitos, Quartzitos Seixosos e Metaconglomerado Quartzolíticos localizados a montante da bacia no complexo da Serra do Ienheiro.



Mapa 02: Geologia da Bacia do Córrego São Francisco Xavier.

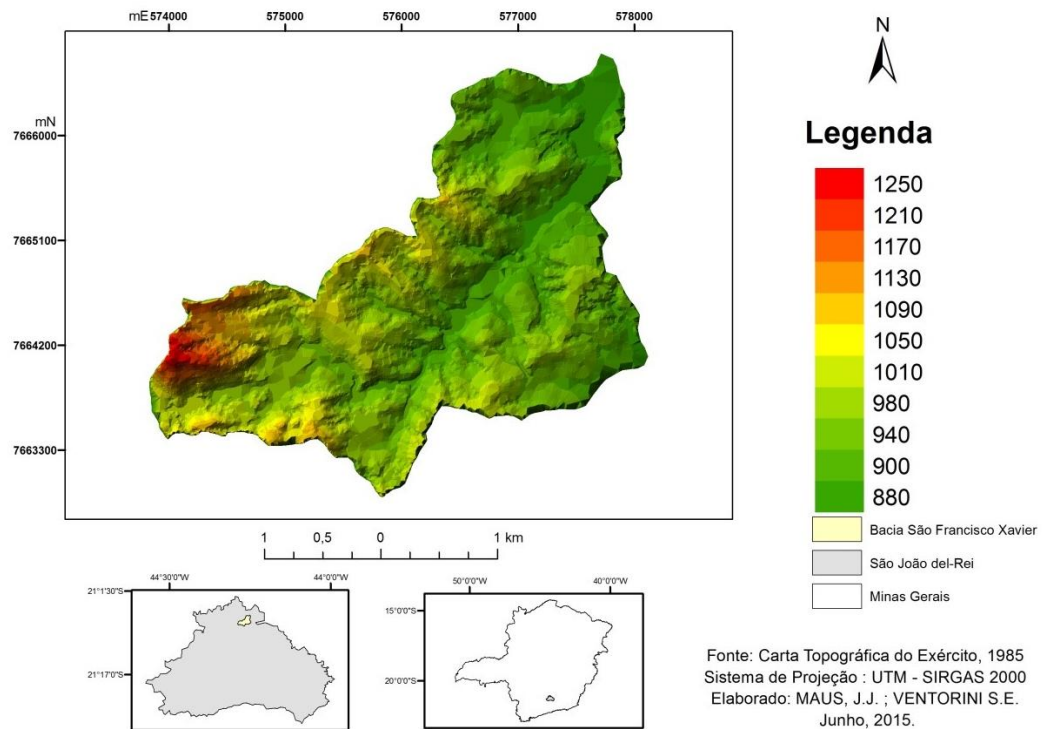
O mapa de pedologia (mapa 03) mostra que na Bacia Hidrográfica do Córrego São Francisco Xavier há 03 tipos de solos: RYd - Neossolos Flúvicos e Gleissolos Háplicos e Malânicos localizados na foz da bacia; Cxbd18 - Cambissolo Háplicos localizados de noroeste para sudeste da bacia e Rld - Neossolos Litólicos, Cambissolo Háplico localizados na porção sudoeste para oeste da bacia.



Mapa 03: Mapa de pedologia da Bacia do Córrego São Francisco Xavier.

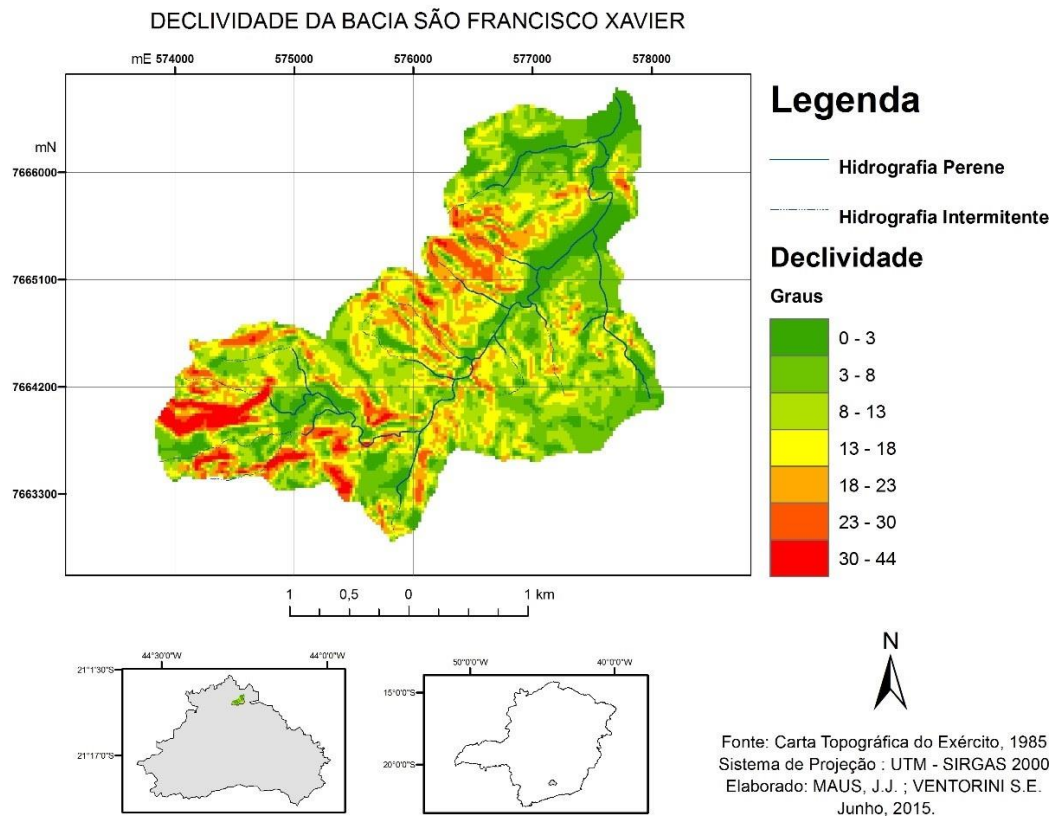
O mapa Hipsométrico da Bacia Hidrográfica do Córrego São Francisco Xavier (mapa 04), mostra uma amplitude altimétrica de 370 m, sendo que a menor altitude se localiza a nordeste da bacia com 880 metros em confluência com o Rio das Mortes e a maior altitude de 1.250 metros se situa a sudoeste da bacia na Serra do Lenheiro.

HIPSOMETRIA DA BACIA DO CÓRREGO SÃO FRANCISCO XAVIER



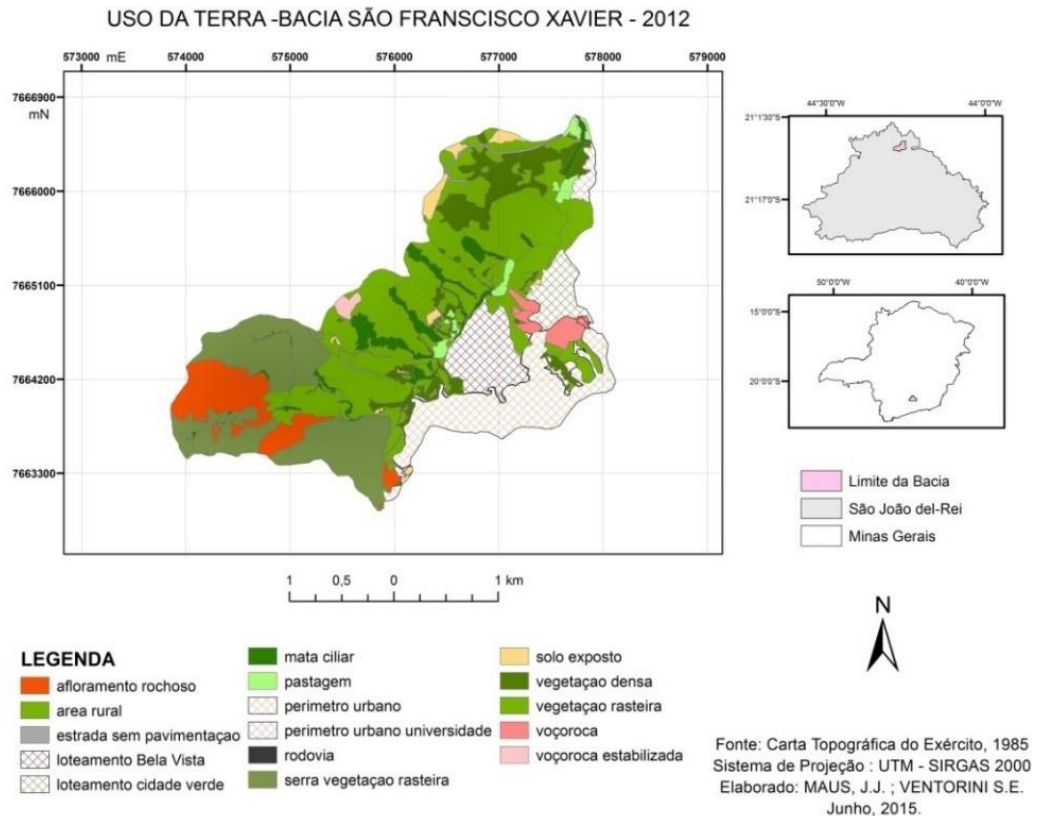
Mapa 04: Mapa Hipsométrico da Bacia do Córrego São Francisco Xavier.

O mapa de declividade (mapa 05) indica que o desnível da área da Bacia Hidrográfica do Córrego São Francisco Xavier variam de 3° a 44°. As áreas com as maiores declividades estão localizadas de sul para sudeste da bacia entre 23° e 44°, localizados na Serra do Lenheiro e no médio curso do córrego. As menores declividades estão localizadas a nordeste da bacia entre 3° e 8° na foz e nas áreas da planície de inundação do Córrego São Francisco Xavier. A maior porcentagem das declividades intermediárias que variam de 8° a 23° estão localizadas a noroeste e sudeste da bacia e de oeste para norte.



Mapa 05: Mapa de declividade da Bacia do Córrego São Francisco Xavier.

O mapa de uso da terra (mapa 06) mostra que de sul a oeste da bacia há afloramentos rochosos e vegetação rasteira, com pouca ocupação urbana. Ressalta-se que esta área faz parte da Serra do Lenheiro, que por meio do decreto municipal nº. 2.160 de 28 de setembro de 1993 e pela Lei nº. 3.356 de 01 de abril de 1998 tornou-se Parque Municipal Ecológico.

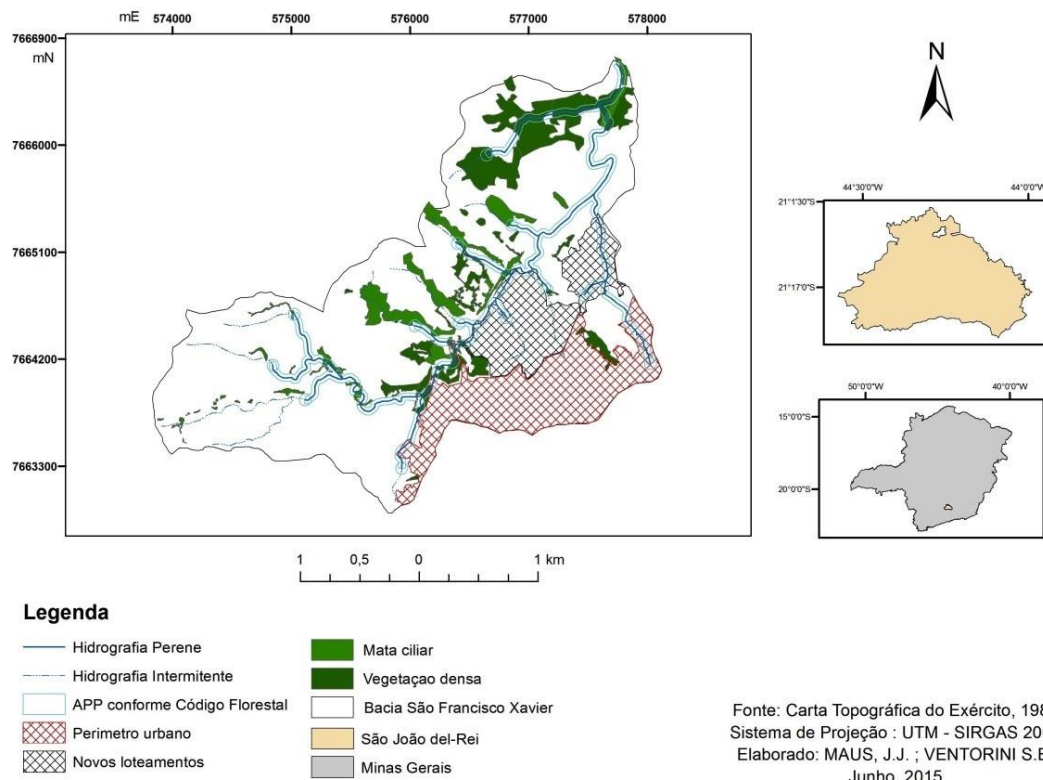


Mapa 06: Mapa Uso da terra da Bacia do Córrego São Francisco Xavier.

O mapa indica ainda que de oeste a nordeste, principalmente no médio curso do Córrego São Francisco Xavier em direção a foz encontra-se vegetação densa, mata ciliar, solo exposto, áreas de pastagem e as áreas rurais. O mapa mostra ainda que na porção de Leste a sudeste da bacia há urbanização consolidada, os Loteamentos Bela Vista e Cidade Verde, voçorocas e uma pequena mancha de vegetação.

A sobreposição dos *buffers* sobre o mapa de uso da terra (mapa 07) mostra a preservação ou degradação em torno do Córrego São Francisco Xavier, seus afluentes e nascentes conforme Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012, medida provisória nº 571, em seu inciso IV destaca que as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, devem ser preservadas no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros e 30 (trinta) metros nos cursos de água com largura de 10 (dez) metros.

ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP) DETERMINADA POR LEI - 2012
Bacia São Francisco Xavier



Mapa 07: Mapa da Área de Preservação Permanente, com ênfase em mata ciliar.

Como já destacado a veracidade das informações dos mapas foram verificados por meio de trabalhos de campo desenvolvidos no período de 2012 a 2015, para verificar a evolução das ações naturais e antrópicas na bacia, conforme descrito no tópico a seguir.

4.2 Análises a partir dos mapas bases da Bacia Hidrográfica do Córrego São Francisco Xavier

O mapa de pedologia (mapa 03), mostra que dos três solos identificados na bacia, dois possuem solos com forte grau de suscetibilidade a erosão e um com ligeiro grau de suscetibilidade de erosão (EMBRAPA, 2006). Ressalta-se que apesar da escala pequena do mapa de solo da bacia os dados coletados em campo indicam suscetibilidade a processos erosivos como ravinamento e voçoracamento identificados no loteamento Bela Vista e Cidade Verde, respectivamente:

Destaca-se que ravinas são processos formados pela velocidade do fluxo da água nas encostas, iniciadas a uma distância próxima do topo da encosta, onde o

escoamento superficial se torna canalizado e a influência entre os períodos de chuva e os fluxos de água podem aumentar a formação da rede de ravinas em uma determinada área, quando há falta de cobertura vegetal no local (GUERRA E CUNHA, 1994).

Já voçorocas são processos erosivos relativamente permanentes, com paredes laterais íngremes e fundo chato, ocorrendo fluxo de água no seu interior durante o período de chuvas. Quando as voçorocas se aprofundam podem atingir o lençol freático, e podem ser associados com processos de erosão acelerada e a instabilidade da paisagem (GUERRA E CUNHA, 1994).

O processo de voçoracamento descrito foi observado no loteamento I localizado a sudeste da Bacia do Córrego São Francisco Xavier. Destaca-se que mesmo em período seco foi constatado que ocorria fluxo de água no fundo da voçoroca, conforme fotos da figura 04.





(a)



(b)

Figura 04: Voçoroca Loteamento I – Fonte do Autor – 2015.

A menos de 500 metros da voçoroca já citada há outro voçoramento com características semelhantes, as observações em campo e o material da divulgação (folder) distribuído para comercialização dos terrenos confirmam a venda de lotes há menos de 15 metros de áreas de erosão intensa, em campo observou-se ainda o corte do terreno para implantar uma rua ao lado da voçoroca, figura 5a. Constatou-se ainda

o despejo de entulhos das obras de implantação do loteamento no interior da voçoroca.



(a)



(b)

Figura 05: (a) Voçoroca Loteamento I, Final da Rua Fidelis Guimarães, quando da implementação do loteamento em 2013 e trabalho de campo me 2015 (b) - Fonte acervo do autor.

Este mesmo local é indicado pela empresa como área de preservação no folder de propaganda do loteamento, figura 06.



Figura 06: folder de venda de lotes por imobiliárias do município.

No relatório da Defesa Civil no final da rua Fidelis Guimarães borda da voçoroca foi diagnosticado como área de risco, já que o bairro fábricas já consolidado fica a menos de 30 metros, conforme figura 07.

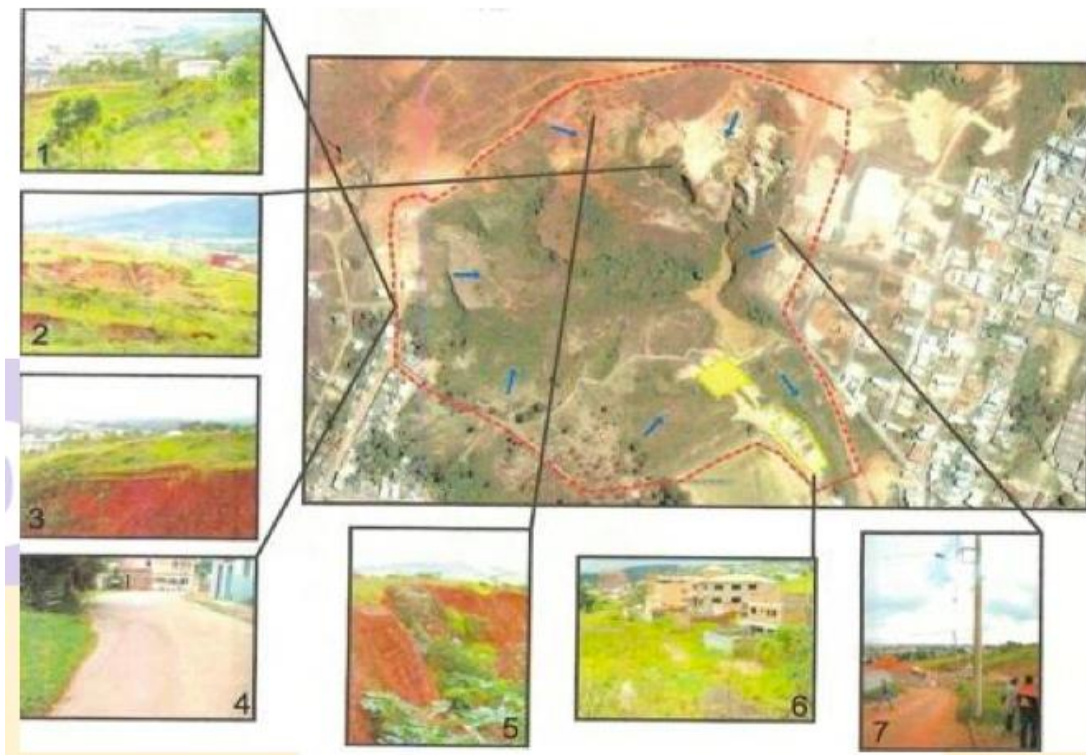


Figura 07: Foto voçoroca loteamento I, Final da Rua Fidelis Guimarães, considerada área de deslizamento – Fonte Adaptado Defesa Civil 2013.

A análise dos dados da Defesa Civil mostra que o diagnóstico de área de risco a ocupação urbana é anterior a implementação do loteamento. E a coleta de dados

no stand de vendas dos lotes indicaram que o loteamento não era regularizado na prefeitura. Este fato foi confirmado por meio de pesquisa junto a prefeitura na Secretaria de desenvolvimento urbano e Sustentabilidade.

No ano de 2014 observou-se a revitalização da voçoroca por meio de revegetação de gramíneas no local, mas no período chuvoso constatou-se que houve o desmoronamento da terra destruindo a revitalização no local, figura 08.



Figura 08: Revitalização e desmoronamento de terra destruindo a revitalização da voçoroca.

Fonte do Autor – 2014.

Já no loteamento II, situado a sudeste da bacia, os processos de ravinamento e voçorocamento observados em campo e registros fotográficos, foram acelerados por ações antrópicas como a: impermeabilização do solo por meio de asfalto, precária coleta pluvial das águas, uso de máquinas e construção de moradias.

A análise dos dados coletados em campo no período de 2012 a 2015 apontam que: processos de ravinamento e voçorocamento em 2013 (figura 09 a); início das construções de moradias em 2014 (figura 09 b); desmoronamento da encosta segundo a moradora do local em 2014 (figura 09 c); evolução das voçoroças e aterro com entulhos da construção das moradias (figura 09 d).



(a)



(b)



Figura 09: Processos de ravinamento e voçorocamento loteamento II. Fonte acervo do Autor.

Vale ressaltar que as construções de moradias novas no local, estão sendo construídas em cima do ravinamento, que estão sendo aterradas, com entulhos da própria obra, conforme figura 12d.

Em outro local no mesmo loteamento, verificou-se no ano de 2013, que apesar da terraplanagem realizada para implementação do loteamento, havia pequenos

sulcos no local, cujos os tamanhos reais podem ter sido mascarados pela terraplanagem(figura 10 a). Observou-se o aparecimento de sulcos na superfície sulcos no ano de 2014 (figura 10 b) e no ano de 2015 (figuras c e d) as voçorocas já estão consolidadas, e o processo erosivo aumentando gradativamente. Ressalta-se que no período de 2014 atípicos em relação a precipitação, sendo caracterizados como períodos de pouca chuva.



(a)



(b)

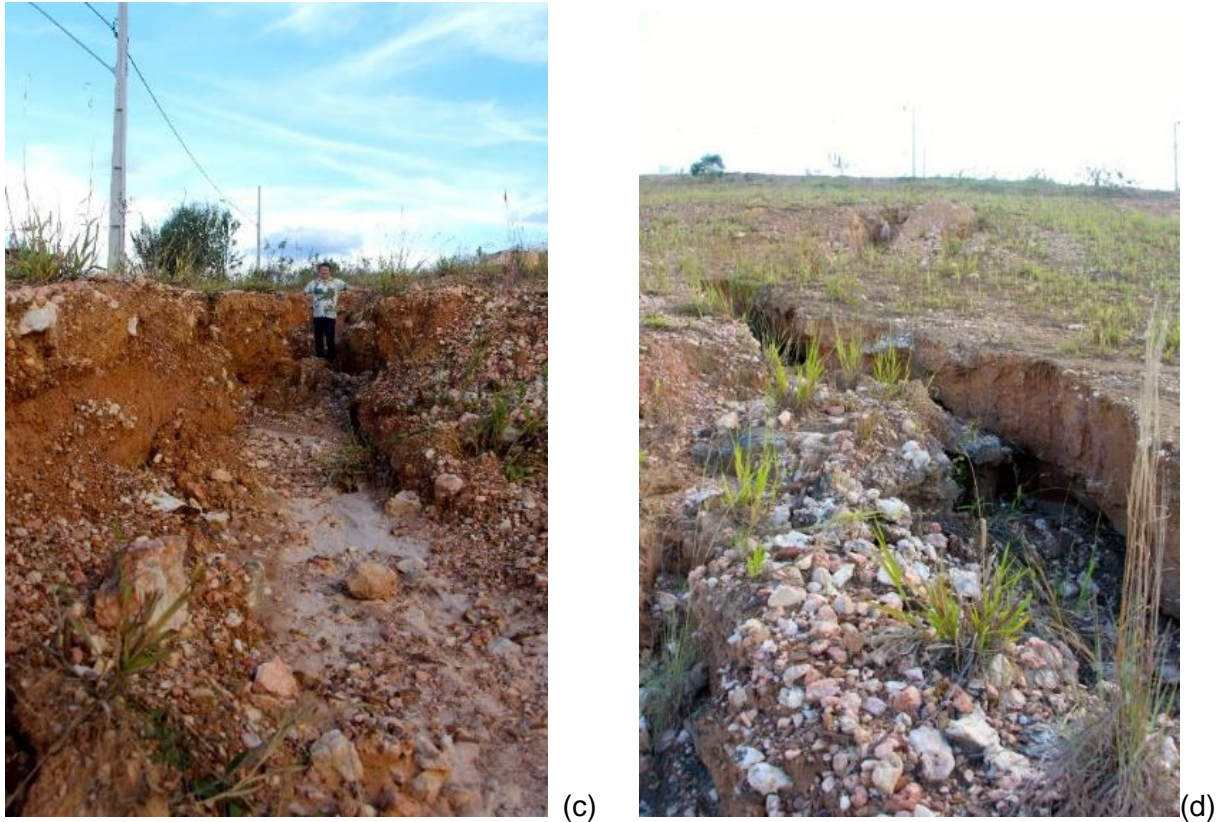


Figura 10: Loteamento Bela Vista; (a) Construtora tentou tampar o ravinamento e sulcos no local; (b) evolução do ravinamento e voçorocamento no mesmo local; (c) e (d) evolução do ravinamento e voçorocamento no mesmo local - Fonte acervo do autor.

Os dados coletados em campo mostram a retirada da mata ciliar em torno do curso de água, fato que pode acelerar as erosões. Observou-se ainda que barreiras de contenção foram construídas no loteamento II para evitar os escorregamentos e deslizamentos (figura 11 a e b). No entanto as medidas não foram suficientes para minimizar os impactos, considerando que a geologia e pedologia do local são propícios à erosão, e os problemas poderão ser agravados.



Figura 11 – Barreiras para contenção do movimento de massa – acervo do autor- ano de 2015.

Ressalta-se que o Ministério do Meio Ambiente (2007), alerta que entre as diversas funções ou serviços ambientais prestados pelas APP em meio urbano, vale mencionar:

- a proteção do solo prevenindo a ocorrência de desastres associados ao uso e ocupação inadequados de encostas e topos de morro;
- a manutenção da permeabilidade do solo e do regime hídrico, prevenindo contra inundações e enxurradas, colaborando com a recarga de aquíferos e evitando o comprometimento do abastecimento público de água em qualidade e em quantidade;
- a função ecológica de refúgio para a fauna e de corredores ecológicos que facilitam o fluxo gênico de fauna e flora, especialmente entre áreas verdes situadas no perímetro urbano e nas suas proximidades,

O mapeamento e os trabalhos de campo mostram que não há cumprimento da Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012, principalmente a sudeste da bacia, que nascentes localizadas na área urbana já consolidada e nos loteamentos desapareceram ou foram canalizadas e que a mata ciliar, praticamente, foi retirada, ficando apenas pequenas manchas de vegetação (vide mapa uso de terra e buffer).

Na margem direita, observou-se que a cobertura vegetal está mais preservada, isso porque as interferências antrópicas são menores principalmente em relação a utilização da área para construções e expansão urbana.

Com base nas análises dos mapas temáticos e dados coletados em campo, bem como em publicações científicas, optou-se por verificar a possibilidade de uso da análise multicriterial para a geração de dois modelos de sínteses, sendo um para representar áreas inadequadas a ocupação urbana e outro para áreas suscetíveis a expansão urbana.

4.3 Cruzamentos de mapas através da análise multicriterial

Como destacado no procedimento metodológico o intuito era obter modelos com cinco classes de legenda: 1- muito fraca, 2- fraca, 3 – média, 4 – Média forte e 5- forte, por isso foram realizados cruzamentos pareados com pesos e influências pré-definidos com base nos resultados e análises apresentados nesta monografia.

O cruzamento do mapa de solo com o mapa de geologia (figura 12) resultou em três classes, 1 (fraca), 2 (média) e 3 (forte) distribuídas quase que homogeneamente na área da bacia. A Figura 12 ilustra os mapas de geologia (a), solo (b) e o resultado (c). No mapa 12 c a área urbana está localizada na classificação média suscetibilidade a áreas de risco, sem a determinação se é risco de enchentes

ou movimento de massa. Resultado previsto considerando os pesos, influências e mapas temáticos adotados e tamanho pixel.

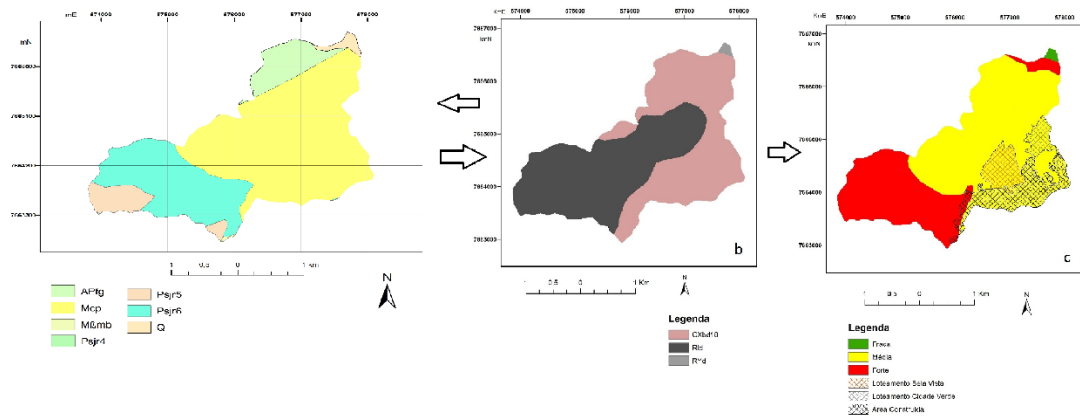


Figura 12: Análise Multicriterial do cruzamento Geologia + Solo = Resultado

O mapa de declividade ao ser cruzado com o mapa de solo resultou também em 3 classes, 1 (fraca), 2 (média) e 3 (forte), com a diferença de representar melhor os possíveis locais de suscetibilidade a enchentes e a movimento de massa. Resultado também já previsto devido ao tamanho de pixel, pesos e influências atribuídas figura 13 (a, b, c).

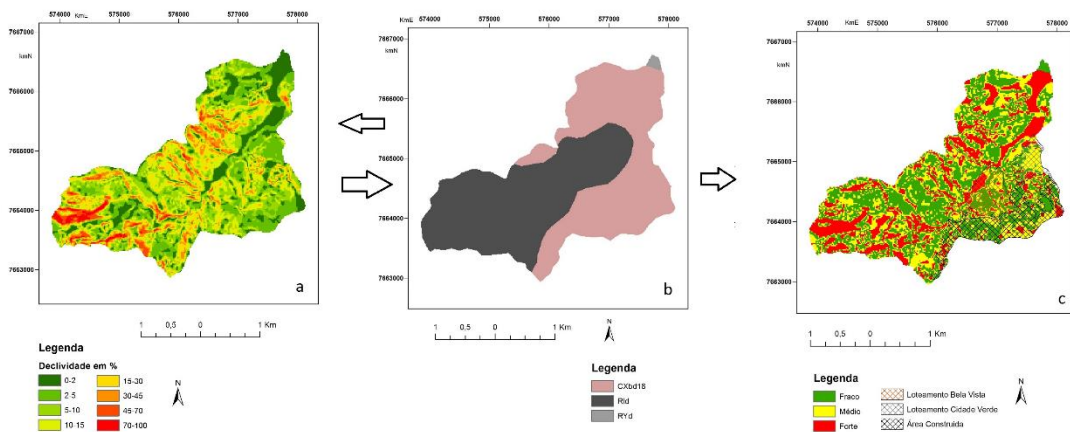


Figura 13: Análise multicriterial cruzamento declividade + solo = resultado

O cruzamento do mapa 13c do resultado de geologia + solo com o resultado do mapa de declividade + solo, resultou em cinco classes de legenda, ou seja representa as classes intermediárias almejadas na pesquisa. A legenda resultante contém as classes 1 (fraca), 2 (fraca média,) 3 (média), 4 (média forte) e 5 (forte).

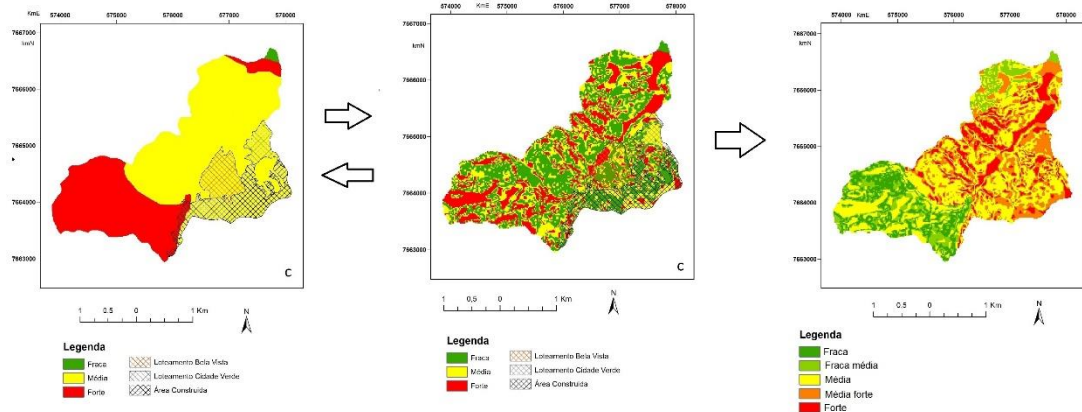


Figura 14: Análise multicritério cruzamento resultado solo + geologia, resultado declividade + solo = resultado - Fonte do Autor 2015.

O cruzamento dos resultados solo + geologia e solo + declividade apresentados na figura 14 foi cruzado com o mapa de uso de terra cujo resultado manteve as classes intermediárias (figura 15 c).

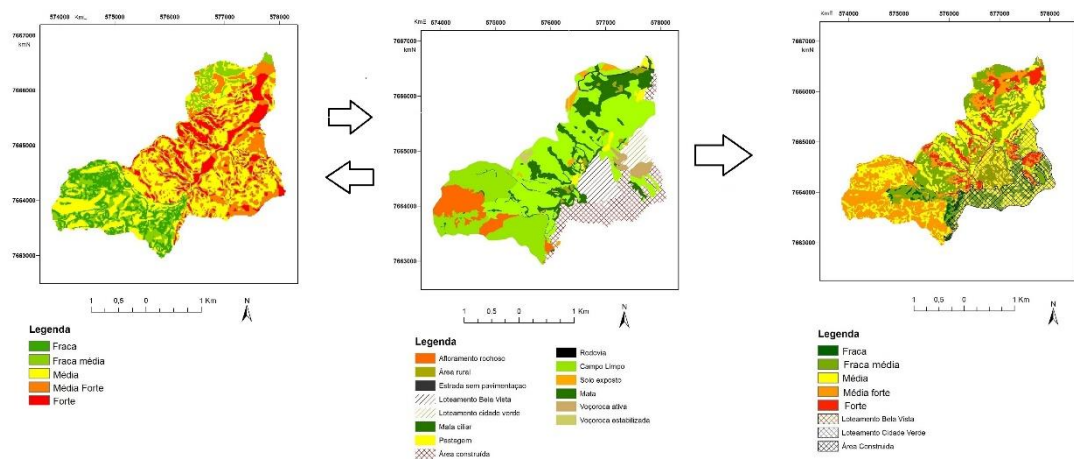


Figura 15: Análise multicriterial cruzamento resultado geologia + solo, resultado declividade + solo cruzado com uso da terra = resultado

Ressalta-se que, a análise conjunta dos dados obtidos por meio do mapeamento temático e dos trabalhos de campo indicaram que o mapa c da figura 15 é o modelo de síntese mais próximo da realidade para as áreas inadequadas a expansão urbana. Nos trabalhos de campo foram identificadas áreas com processos erosivos significativos (voçorocas).

A figura 16 (a, b, c) ilustra processos erosivos nos loteamentos novos no modelo gerado e este fato foi observado em campo.

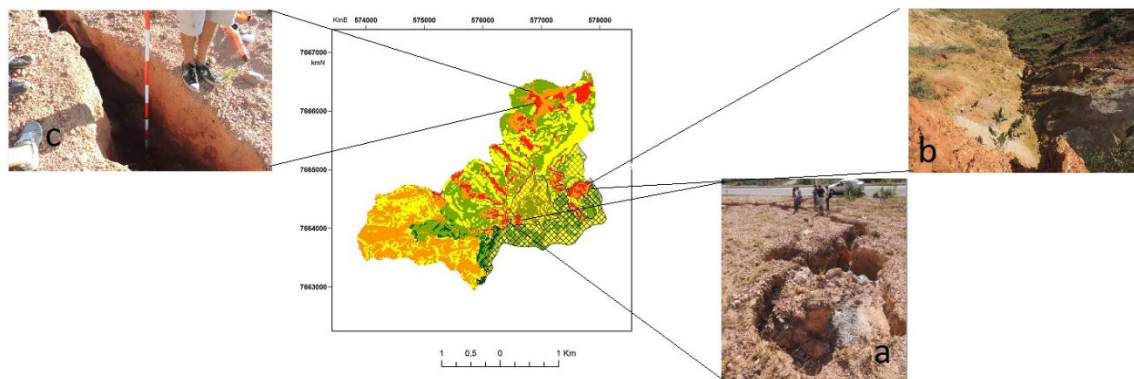


Figura 16: Modelo síntese áreas inadequadas a expansão urbana.

No loteamento Bela Vista (letra a da figura 16) houve o aceleração do processo erosivo devido a sua instalação. O mesmo ocorreu no loteamento Cidade Verde (letra c). Destaca-se, que estes processos surgiram no período seco, atípico de 2014. Ao analisar o modelo constatou-se a representação de áreas com forte suscetibilidade a erosão (letra b), com ênfase a representação de áreas com voçorocas. Fatores constatados em campo e na fotointerpretação que originou o mapa de uso da terra. No modelo foram representadas as áreas propícias a alagamento (a jusante do Ribeirão São Francisco Xavier).

Ressalta-se que a análise para a identificação de áreas inadequadas à expansão urbana, cujos fenômenos são erosão e enchentes só foi possível devido ao conhecimento da área obtido por meio das análises dos mapas temáticos e dados coletados em campo. A legenda do mapa só indica o grau da suscetibilidade, porém não representa o tipo de fenômeno, ou seja se é erosão ou enchente. Desta forma o mapa perde sua função ao não permitir ao leitor identificar as áreas propícias a erosão e propícias a enchentes.

Para realizar modelos de síntese indicando o grau de suscetibilidade e o tipo de fenômeno é necessário utilizar mais dados por exemplo para a suscetibilidade a enchente cruzar dados pluviométricos, fluxo de vazão, área vazão, dentre outros. O problema é que há escassez destes dados no município de São João del-Rei.

O mesmo ocorre para gerar modelos de síntese para as áreas de erosão, a ausência de dados geotécnicos, morfométricos, granulometria, erosão hídrica, perda de solo, dentre outros dificultam a geração de modelos coerentes com a realidade e com indicação na legenda do grau e tipo de fenômeno representados.

O segundo modelo de síntese para representar áreas inadequadas ao uso urbano foi gerado por meio do cruzamento do mapa c da figura 15 como o uso da terra (mapa 06), alterando os pesos (vide Quadro V). O resultado, figura 17, mostra área urbana classificada com grau suscetibilidade média forte a forte, porém não indica novamente o fenômeno.

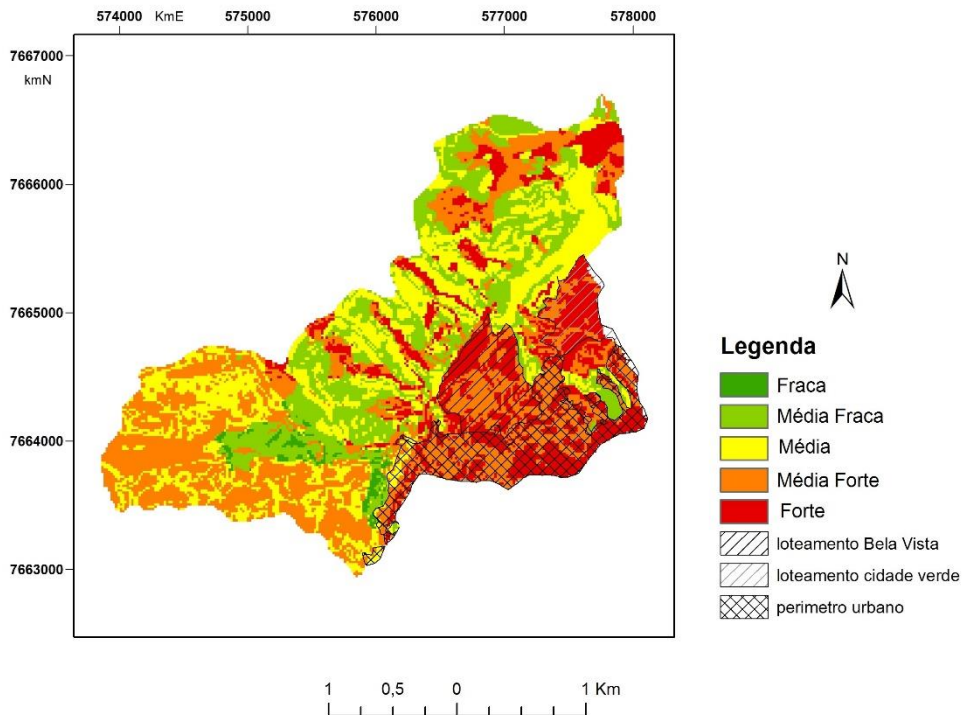


Figura 17: Modelo síntese a áreas urbanas suscetíveis a risco e erosão e enchente.

Desta forma embora o objetivo de gerar uma legenda com os graus de suscetibilidade a risco a expansão urbana e a áreas inadequadas à ocupação urbana tenham sido obtidos nos modelos não tem função de síntese por não indicar qual o tipo de fenômeno.

Assim para utilização da análise multicritério o pesquisador deve ter critérios para adoção de procedimentos como visitas técnicas aos locais cujas características são evidentes, analisar e comparar os resultados obtidos em sua pesquisa e em pesquisa de outros, buscar analisar os modelos gerados isoladamente e caso haja contradições os cruzamentos devem ser refeitos adotando outras variáveis e alterações nos pesos bem como dados que possibilitam caracterizar os elementos que geram o fenômeno.

5. CONCLUSÃO

O estudo na Bacia Hidrográfica do Córrego São Francisco Xavier foi instigado pela ausência de mapeamento como suporte a sua análise e gestão. Assim delimitou-se como objetivo gerar uma base digital de dados cartográficos e modelos síntese por meio da técnica da análise multicriterial.

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 de risco de desastres, com já destacado anteriormente.

Os mapas temáticos permitiram caracterizar: a área da bacia, o padrão de drenagem, a hierarquia de drenagem, a extensão do córrego, bem como identificar os tipos de rochas, os tipos de solo, a amplitude altimétrica e a declividade. Os *buffers* sobrepostos ao mapa de uso da terra mostraram que as leis das APP não são cumpridas.

Por meio das análises dos mapas temáticos e dos dados coletados em campo constou-se que a área mais preservada da bacia se localiza nas porções sul, oeste e norte da bacia, já a urbanização ocorre na porção leste para sudeste 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 e construção de moradias em locais de ravinamento e voçorocamento.

No estudo a definição dos critérios aplicados, quantificados, ponderados e associados ao conjunto de dados com base em procedimentos metodológicos sistemáticos, resultaram na aplicação da análise multicriterial, como suporte à geração de modelos síntese para o diagnóstico de áreas inadequadas a expansão urbana e áreas urbanas suscetíveis a riscos de erosão e enchentes.

Desta forma embora o objetivo de gerar uma legenda com os graus de suscetibilidade a risco a expansão urbana e a áreas inadequadas à ocupação urbana, tenham sido obtidos nos modelos, não tem função de síntese por não indicar qual o tipo de fenômeno.

Os problemas que ocorrem na Bacia Hidrográfica do Córrego São Francisco Xavier podem ser minimizados se houver ações como:

- Restringir a ocupação em encostas íngremes, e não desmatar as encostas dos morros;
- Proteger as nascentes dos afluentes que compõem a bacia hidrográfica;
- Proteger e revegetar áreas com desmates nas cabeceiras e mata ciliar, mantendo as áreas de preservação;
- Promover junto à comunidade, ações preventivas para aumento da segurança em relação a escorregamentos, enxurradas e enchentes;
- Não lançar lixo ou entulho nas encostas e no córrego, bem como no interior das voçorocas, pois eles retêm a água das chuvas aumentando instabilidade no terreno e causam assoreamento dos rios;
- Antes de comprar um imóvel ou terreno, verificar se o local não se encontra em área de risco junto a Defesa Civil;
- Verificar a estrutura da casa, muros e terrenos, observando se aparecem rachaduras e fissuras que podem ser indicativos de movimentações do terreno com possibilidade de evoluir para a ruptura e queda da moradia. Neste caso deve-se procurar um técnico competente ou a defesa civil local para fazer uma avaliação urgente;
- Implementar uma educação ambiental, que é uma das mais importantes formas de evitar os problemas relacionados a vulnerabilidade;
- Respeitar a legislação de Áreas de Proteção Permanente;
- Ter uma maior fiscalização dos órgãos públicos bem como implementar as leis regulatórias vigentes em todas esferas públicas que evitem os desastres naturais de uma região, como o caso da Bacia Hidrográfica do Córrego São Francisco Xavier.

Conclui-se que a pesquisa relatada nesta monografia pode contribuir como apoio a gestores e planejadores municipais para traçar medidas mitigadoras de proteção e/ou recuperação da Bacia. Conclui-se ainda que os modelos gerados, bem como os mapas temáticos cartográficos em meio digital, contribuirão para futuros estudos tendo como área a Bacia, 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, principalmente pela erosão laminar que verifica em específico a perda de solo das ravinas e voçorocas, bem como cruzar dados pluviométricos, fluxo de vazão, área vazão, dentre

outros estudos que possam auxiliar a minimizar os efeitos de fatalidades vulneráveis que ocorrem na Bacia Hidrográfica do Córrego São Francisco Xavier.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, C. M. **O diálogo entre as dimensões real e virtual urbano**. In ALMEIDA, CÂMARA, G; MONTEIRO, A. M. V (org.) Geoinformação em urbanismo: cidade real x cidade virtual. São Paulo: Oficina de Texto, 2007.

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.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Disponível em: 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 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. 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. 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.

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 acesso em: setembro de 2015.

EMBRAPA SOLOS, **Reconhecimento de Média Intensidade dos Solos da Zona Campo das Vertentes – MG**, Rio de janeiro, 2006.

FIDALGO, E. C. C. **Crítérios 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 Zonamento Ambiental** – São Paulo – Ed. UNESP – 2010.