

Igor Lacerda Ferreira

Geoprocessamento na gestão de  
Recursos Hídricos: a análise espacial  
na proposta de enquadramento dos  
corpos de água

XIII Curso de Especialização em  
Geoprocessamento  
2011



UFMG  
Instituto de Geociências  
Departamento de Cartografia  
Av. Antônio Carlos, 6627 – Pampulha  
Belo Horizonte  
cartog@igc.ufmg.br

**Igor Lacerda Ferreira**

**O Geoprocessamento na gestão de Recursos Hídricos: a análise espacial na proposta de enquadramento dos corpos de água**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Especialista em Geoprocessamento. Curso de Especialização em Geoprocessamento. Departamento de Cartografia. Instituto de Geociências. Universidade Federal de Minas Gerais.

Orientador: Prof. Christian Rezende Freitas

**BELO HORIZONTE**

**2011**

F383g Ferreira, Igor Lacerda.  
2011 Geoprocessamento na gestão de recursos hídricos [manuscrito] : a análise espacial na proposta de enquadramento dos corpos de água / Igor Lacerda Ferreira. – 2011.  
v, 41 f. : il., mapas (color.), tabs. (color.)

Monografia (especialização) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, 2011.

Orientador: Christian Rezende Freitas.

Bibliografia: f. 41.

1. Geoprocessamento. 2. Recursos hídricos – Desenvolvimento – Minas Gerais. I. Freitas, Christian Rezende. II. Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências. III. Título.

CDU: 528:556.5(815.1)



Aluno Igor Lacerda Ferreira

Monografia defendida e aprovada em cumprimento ao requisito exigido para obtenção do título de Especialista em Geoprocessamento, em 16 de dezembro de 2011, pela Banca Examinadora constituída pelos professores:

---

Prof. Dr. Nome Christian Rezende Freitas

---

Prof. Dr. Maria Márcia Machado

## **RESUMO**

Esse estudo refere-se a cartografia digital, ao geoprocessamento e ao sensoriamento remoto na gestão dos recursos hídricos no Estado de Minas Gerais com foco no instrumento de gestão enquadramento de corpos de água. Para tanto, o estudo utiliza o geoprocessamento através de categorização dos dados de mapeamento do uso do solo e cobertura vegetal, dos dados de outorga, deflúvios superficiais do Estado de Minas Gerais e dados de população por setor censitário para propor as classes de enquadramento dos corpos de água, segundo Resolução CONAMA n ° 357/2005, na bacia do rio Jequitaiá, afluente direto do rio São Francisco. O resultado do estudo é a metodologia de composição do mapa síntese a partir de uma análise multicritérios estabelecida com os dados utilizados. O mapa síntese é sobreposto as unidades conservação uma vez que a legislação determina classe especial para águas em unidades de conservação de proteção integral. O mapa síntese auxília na tomada de decisão para propor as classes de enquadramento. O resultado final é comparado aos dados trimestrais de qualidade das águas no ano de 2009 no rio Jequitaiá que demonstra a efetiva contribuição desse estudo na análise da situação das bacias hidrográficas.

## SUMÁRIO

I INTRODUÇÃO .....	1
1.1 Apresentação .....	1
1.2 Objetivos .....	3
1.2.1 Objetivos específicos.....	3
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	4
2.1 O estudo das bacias hidrográficas e da qualidade das águas.....	4
2.2 Planos diretores de recursos hídricos de bacias hidrográficas .....	6
2.3 O enquadramento dos corpos de água.....	8
2.4 Outorga de recursos hídricos.....	9
2.5 Geoprocessamento e a base hidrográfica topologicamente consistente e ortocodificada	10
3 MATERIAIS E MÉTODOS .....	12
3.1 Caracterização da área de estudo .....	12
3.2 Bases Utilizadas .....	14
3.2.1 O Mapa do uso do solo e cobertura vegetal .....	14
3.2.2 Mapas de outorga – Finalidades de uso da água e vazão outorgada.....	16
3.2.3 Deflúvios Superficiais no Estado de Minas Gerais .....	19
3.2.4 Setores Censitários .....	21
3.2.5 Ottobacias.....	23
3.3 Metodologia para análises e geração dos mapas com os dados utilizados.....	25
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	40
4.1 Análise Multicritérios e o Mapa síntese.....	40
4.1.2 Mapa síntese com as unidades de conservação.....	42
4.1.3 – Mapa síntese para o enquadramento .....	44
4.2 - Comparações dos resultados com dados de qualidade do rio Jequitaiá.....	45
5 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	46
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	47

## LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 1 - Mapa das Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos - UPGRHs .	7
Figura 2 - Mapa de localização da Bacia do rio Jequitaiá .....	13
Figura 3 - Mapa de uso e Cobertura Vegetal .....	15
Figura 4 - Mapa de uso da água - Finalidade de Outorgas .....	17
Figura 5 - Mapa de Vazão Outorgada .....	18
Figura 6 - Mapa de isolinhas dos deflúvios superficiais .....	20
Figura 7 Mapa dos setores censitários IBGE na bacia do rio Jequitaiá .....	22
Figura 8 - Mapa das ottobacias nível 6 na bacia do rio Jequitaiá .....	24
Figura 9 - Categorias de Uso do solo e Cobertura Vegetal para as ottobacias .....	27
Figura 10 - Categorias de Finalidades de uso das outorgas superficiais para as ottobacias ..	29
Figura 11 - Categoria de finalidades das outorgas subterrâneas para as ottobacias .....	31
Figura 12 - Categorias de vazão Outorgada nas Águas Superficiais .....	33
Figura 13 - Categorias de vazão outorgada nas águas subterrâneas .....	35
Figura 14 - Categorias dos Deflúvios Superficiais do Estado de Minas Gerais para as ottobacias .....	37
Figura 15 - Categorias da população residente por setor censitário nas ottobacias .....	39
Figura 16 - Mapa síntese - Resultado Preliminar.....	41
Figura 17 - Mapa síntese com Unidades de Conservação.....	43
Figura 18 - Mapa síntese para enquadramento dos corpos de água.....	44



## LISTA DE TABELAS

	<u>Pág.</u>
Tabela 1 - Classes de enquadramento dos corpos de águas .....	9
Tabela 2 - Resultado da Análise Multicritérios de mapas para o enquadramento .....	40
Tabela 3 - IQA da Estação SF021 no rio Jequitaiá.....	45

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANA – Agência Nacional de Águas  
CBH – Comitês de Bacias Hidrográficas  
CERH – Conselho Estadual de Recursos Hídricos  
CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos  
CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente  
COPAM – Conselho de Política Ambiental  
COPASA – Companhia de Saneamento de Minas Gerais  
FCEI – Formulário de Caracterização do Empreendimento  
FEAM – Fundação Estadual de Meio Ambiente  
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
IEF – Instituto Estadual de Floresta  
IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas  
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
IQA – Índice de Qualidade das Águas  
MMA – Ministério do Meio Ambiente  
PNRH – Plano Nacional de Recursos Hídricos  
PRODEMGE - Processamento de dados de Minas Gerais  
SIG – Sistema de Informação Geográfico  
SRH – Superintendência de Recursos Hídricos  
UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais  
UPGRH – Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos  
UTM – Universal Transverso de Mercator (Projeção Cartográfica)

# I INTRODUÇÃO

## 1.1 Apresentação

Atualmente o gerenciamento dos recursos hídricos e a gestão das bacias hidrográficas adquirem uma grande importância no cenário nacional. O adequado planejamento do uso das águas é fundamental para manutenção de recursos essenciais as atividades econômicas, a saúde da população, a preservação dos habitats e a biodiversidade. O crescimento econômico e populacional aumenta a demanda pelos recursos hídricos e geram a necessidade de maior monitoramento e regulação.

Dada a importância do planejamento e gestão de recursos hídricos foi promulgada em 8 de janeiro de 1997 a Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei 9.433, conhecida como “Lei das Águas”. Posteriormente, foram implementadas as leis estaduais também relativas aos recursos hídricos, como a Lei 13.999, de 29 de janeiro de 1999 que institui a Política Estadual de Recursos Hídricos no Estado de Minas Gerais. Tais instrumentos legais de gestão visam à utilização adequada dos recursos hídricos para fornecer às atuais e futuras gerações água disponível em quantidade e qualidade satisfatórias segundo as premissas do desenvolvimento sustentável. Conforme versa a Lei 13.199/99, a Política de Recursos Hídricos tem como premissa a gestão participativa e descentralizada, considerando, portanto, as expectativas e necessidades dos usuários

Dentre os instrumentos de gestão destaca-se o enquadramento dos corpos de água que estabelece classes de qualidade a fim de assegurar os usos preponderantes. Essas classes foram definidas na Resolução CONAMA 357/2005. Com a formalização da Política Estadual de Recursos Hídricos, concretizada na Lei no 13.199/1999.

Em conformidade com as políticas de gestão de recursos hídricos no Estado de Minas Gerais foi implementado o monitoramento da qualidade das águas. Esse monitoramento foi iniciado pela FEAM, em 1997, nas oito principais bacias hidrográficas mineiras por meio de convênio com o Ministério do Meio Ambiente. Em 1999, o monitoramento da qualidade das águas superficiais do Estado de Minas Gerais, através do “Projeto Águas de Minas”, passou a ser coordenado pelo IGAM. Atualmente o “Projeto Águas de Minas”, opera uma rede de monitoramento em todo Estado com 401 estações de amostragem com uma densidade de 0,64 estações a cada 1000 km<sup>2</sup>. (IGAM, 2010).

O monitoramento da qualidade das águas superficiais é realizado através do Índice de Qualidade da Água - IQA. O IQA foi desenvolvido pela *National Sanitation*

*Foundation* dos Estados Unidos e reflete a contaminação das águas em decorrência da matéria orgânica e fecal, sólidos e nutrientes. O índice sintetiza em um único número a interpretação de nove (9) parâmetros considerados mais representativos: oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrato, fosfato total, temperatura da água, turbidez e sólidos totais. A cada parâmetro foi atribuído um peso com a sua importância relativa no cálculo do IQA, e traçadas curvas médias de variação da qualidade das águas em função da concentração do mesmo (IGAM, 2008). O monitoramento da qualidade das águas permite compreender o impacto sobre os corpos de água e determinar as classes de enquadramento.

O processo de enquadramento dos corpos de água, assim como a sua implantação, devem ser efetuados no âmbito da bacia hidrográfica, sendo, o respectivo comitê de bacia hidrográfica - CBH - o responsável pela sua aprovação. Segundo a Resolução CNRH n° 12/2000, os procedimentos metodológicos de enquadramento devem compreender as seguintes etapas: diagnóstico e prognóstico do uso e ocupação do solo, elaboração da proposta e aprovação da proposta de enquadramento e respectivos atos jurídicos.

A etapa de diagnóstico baseia-se no levantamento de informações referentes à caracterização sócio-ambiental da bacia hidrográfica, enquanto o de prognóstico busca estimar a disponibilidade e demanda futura dos recursos hídricos. O prognóstico é realizado a partir da análise de disponibilidade e demanda de água de dados da evolução da distribuição da população, atividades econômicas, uso e ocupação do solo. Dessa forma, as técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto são fundamentais na gestão de recursos hídricos.

O uso do geoprocessamento é crescente para estudos ambientais isto se deve à capacidade de considerar de forma integrada diferentes variáveis no espaço e suas alterações temporais em uma base de dados georreferenciada. “Um Sistema de Informações Geográficas (SIG), ao permitir a integração de dados espaciais e não espaciais e pela sua capacidade de realizar análises baseadas nesses dados, é uma ferramenta de indispensável utilização no gerenciamento de bacias hidrográficas. Entretanto, o sucesso de sua aplicação tem como forte pré-requisito uma base de dados geográficos consistente e de fácil acesso, principalmente da rede hidrográfica e divisões de bacias hidrográficas” (ANA, 2008). Nesse sentido pode-se demonstrar como é excelente a utilização das técnicas de cartografia digital, geoprocessamento e sensoriamento para definir as classes de enquadramento dos corpos de água.

## **1.2 Objetivos**

O objetivo desse estudo é utilizar a cartografia digital, sensoriamento remoto e o geoprocessamento para elaboração de mapas e análises que auxiliem nas propostas de enquadramento dos corpos de água, conforme RESOLUÇÃO CONAMA Nº 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005.

### **1.2.1 Objetivos específicos**

- Elaborar metodologia de aplicação dos critérios sócio-ambientais e dos dados da gestão de recursos hídricos em Minas Gerais na elaboração do mapa síntese que auxiliará na tomada de decisão para proposta de enquadramento.
- Comparar os resultados da qualidade da água no ano de 2009 do rio Jequitaiá a partir dos dados de Projeto Águas de Minas e analisar o resultado do mapa síntese da proposta de enquadramento com a qualidade atual do rio Jequitaiá.
- Analisar a sistematização dos dados em SIG e sua contribuição na proposta de enquadramento.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 O estudo das bacias hidrográficas e da qualidade das águas

A demanda excessiva e a ausência de planejamento na utilização dos recursos naturais têm causado degradação ambiental. O estudo da bacia hidrográfica é importante para o entendimento de problemas ambientais. O conceito de bacia hidrográfica contém as características físicas, biológicas e sócio-econômicas, além das características culturais das populações que ali se estabelecem. A bacia hidrográfica é o conjunto de terras drenadas por um rio principal, seus afluentes e subafluentes. Essa idéia está associada à noção da existência de nascentes, divisores de água e cursos de águas principais e secundários.

Uma bacia hidrográfica evidencia a hierarquização dos rios, ou seja, a organização natural por ordem de menor volume para os mais volumosos, que vai das partes mais altas para as mais baixas. A bacia deve compreender “espaços de desenvolvimento econômico e preservação ambiental, integrando uma visão conjunta do comportamento das condições naturais e das atividades humanas nelas desenvolvidas” (GUERRA, 1996) fazendo-se necessário um planejamento sustentável de sua utilização.

Nas bacias hidrográficas é importante mencionar a noção do dinamismo dos processos de erosão e das modificações que causam impactos que “alteram as características locais e produzem resíduos que são depositados no solo ou lançados nos corpos d’água” (Von Sperling, 1996). Von Sperling (2005) ao caracterizar a qualidade das águas ressalta os fatores das condições naturais e a interferência dos seres humanos. Constata-se que “mesmo com a bacia hidrográfica preservada nas suas condições naturais, a qualidade das águas é afetada pelo escoamento superficial e pela infiltração no solo resultante da precipitação atmosférica” (SPERLING, 2005, p.49). No que se refere a interferência do homem “quer de uma forma concentrada, quer de uma forma dispersa, como na aplicação de defensivos agrícolas no solo, contribui na introdução de compostos na água, afetando a sua qualidade.” (SPERLING, 2005, p.150). Assim, verifica-se que a quantidade e a qualidade no monitoramento das águas estão sujeitas as alterações em decorrência de fatores naturais e das atividades humanas.

Segundo Almeida e Schwarzbold:

“O fator sazonal preponderante, representado pela variação na pluviosidade, determinou variações significativas nos valores de

condutividade elétrica, turbidez, sólidos totais em suspensão e ph com influência na qualidade da água. O predomínio de solo exposto/agricultura somado a campos/pastagens nas classes de cobertura do solo e usos do solo, tem relação com o significativo aumento de sólidos totais em suspensão e turbidez quando período de alta pluviosidade.” (ALMEIDA e SCHWARZBOLD,2003,p.94)

Uma análise qualitativa consiste no conhecimento do balanço entre carreamento superficial e a diluição, ou seja, na época de chuvas alguns parâmetros (turbidez, sólidos, nitrogênio) têm a concentração elevada devido ao escoamento superficial enquanto outros experimentam uma diminuição de valor devido à diluição. Como explica Mauro Naghettini:

“Os cursos e corpos d'água têm capacidade de assimilar esgotos/resíduos e autodepurarem-se; essa capacidade, entretanto, é limitada. Sabe-se que a concentração de poluentes em um curso d'água é inversamente proporcional à vazão de diluição, fato que caracteriza a indissociabilidade dos atributos de quantidade e qualidade dos recursos hídricos.” (NAGHETTINI, 1999, p.2)

No monitoramento as estações de amostragens oferecem uma relação de parâmetros e indicadores de qualidade da água, nos últimos anos. Entretanto, não se apresenta uma tendência clara tanto para piora ou melhora na qualidade da água, o que se verifica é a periodicidade das violações referentes às normas legais dos parâmetros relacionados aos períodos chuvosos.

O monitoramento da qualidade das águas no Estado de Minas Gerais permite acompanhar as alterações nos meios aquáticos, sendo por isso freqüentemente utilizado em trabalhos direcionados a compreender a dinâmica dos corpos de água para propor as classes de enquadramento.

## **2.2 Planos diretores de recursos hídricos de bacias hidrográficas**

A gestão dos recursos hídricos, segundo a Lei n° 9.433/97 e a legislação estadual, deve ser efetivada por meio de um conjunto de instrumentos dos quais os Planos Diretores de Bacias Hidrográficas são referência para as bacias, “onde são atualizadas as informações regionais que influenciam a tomada de decisão naquele espaço e que procuram definir, com clareza, as ações para o uso racional e sustentável dos recursos hídricos da região” (BRASOL, 2009). Os Planos Diretores de Recursos Hídricos visam proporcionar os elementos de planejamento para o ordenamento, estruturação e organização das bacias hidrográficas, enfatizando questões ligadas à planejamento na utilização dos recursos hídricos.

Segundo o IGAM “O Plano Diretor é um instrumento de gestão da Política Estadual de Gestão de Recursos Hídricos, estabelecido pela Lei 13.199/99, que tem como objetivo definir a agenda de recursos hídricos para as bacias hidrográficas, identificando ações de gestão, programas, projetos, obras e investimentos prioritários, com a participação dos poderes públicos estadual e municipal, da sociedade civil e dos usuários, tendo em vista o desenvolvimento sustentável da Bacia” site IGAM

O Plano Diretor de Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas deverá apresentar: diagnóstico da situação dos recursos hídricos da bacia hidrográfica; análise de opções de crescimento demográfico, de evolução de atividades produtivas e de modificação dos padrões de ocupação do solo; balanço entre disponibilidades e demandas atuais e futuras dos recursos hídricos, em quantidade e qualidade, com identificação de conflitos potenciais, metas de racionalização de uso, aumento da quantidade e melhoria da qualidade dos recursos hídricos disponíveis; medidas a serem tomadas, programas a serem desenvolvidos e projetos a serem implantados para o atendimento de metas previstas, com estimativas de custos; prioridade para outorga de direito de uso de recursos hídricos; diretrizes e critérios para cobrança pelo uso dos recursos hídricos; e proposta para a criação de áreas sujeitas a restrição de uso, com vistas à proteção de recursos hídricos e de ecossistemas aquáticos. Segundo o Plano Diretor de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios Jequitaiá, Pacuí e trechos do São Francisco - UPGRH SF6 (BRASOL, 2009):

“O Plano implica, ainda, uma visão consensada de objetivos e metas que devem ser alcançados ao longo do tempo, permitindo correções de rumo, prioridades, pois é um processo dinâmico. Outro aspecto importante é que o Plano democratiza o acesso às informações e





### **2.3 O enquadramento dos corpos de água**

A implementação das Políticas Nacional e Estadual de Recursos Hídricos, Lei nº 9.433/97 e Lei nº 13.199/99, instituem o enquadramento dos corpos de água em classes e “visa estabelecer metas de qualidade para os corpos hídricos, a fim de assegurar os usos preponderantes, ou seja, o conjunto de usos, atuais e futuros da água, com relevâncias econômicas, sociais e ambientais de um determinado trecho do corpo hídrico.” (IGAM, 2009). Assim, o enquadramento dos corpos de água compatibiliza os usos múltiplos com o desenvolvimento econômico conforme os ideais do desenvolvimento sustentável. O enquadramento é “um mecanismo de planejamento ambiental de bacias hidrográficas. Além disso, fornece subsídios a outros instrumentos da gestão de Recursos Hídricos, tais como à outorga e à cobrança pelo uso da água, de modo que, quando implementados, tornam-se complementares, propiciando às entidades gestoras de recursos hídricos, mecanismos para assegurar a disponibilidade quantitativa e qualitativa das águas.” (IGAM, 2009). A proposta de enquadramento, é portanto, fundamental para a gestão das águas no Brasil.

Dessa forma o enquadramento “forma os custos do controle de poluição adequados quanto aos níveis de qualidade exigidos para um determinado corpo de água ou seus diferentes trechos e estão de acordo com os usos que se pretende dar aos mesmos”(CAMARGOS, 2004) O COPAM e o CERH, mediante a Deliberação Normativa Conjunta nº 01 de 05 de maio de 2008, classificou as águas doces - aquelas cuja salinidade é igual ou inferior a 0,50% - em cinco classes, sendo uma especial e as demais em escala numérica que vai de 1 a 4, em função dos usos preponderantes dos corpos d’água. O enquadramento classifica as águas doces como apresentados na Tabela 1.

Classe	Cor	Usos Possíveis
Especial	Blue	Abastecimento para consumo humano com desinfecção; Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; Preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
1	Green	Abastecimento para consumo humano após tratamento simplificado; À proteção das comunidades aquáticas; À recreação de contato primário (nadar); À irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem rentes ao solo; À proteção das comunidades aquáticas em terras indígenas.
2	Yellow	Abastecimento para consumo humano após tratamento convencional; À proteção das comunidades aquáticas; À recreação de contato primário; À irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; À aqüicultura e à atividade de pesca.
3	Orange	Abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado; À irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; À pesca amadora; À recreação de contato secundário; À dessedentação de animais.
4	Red	À navegação; À harmonia paisagística.

Tabela 1 - Classes de enquadramento dos corpos de águas

Ressalta-se que, de acordo com a resolução CONAMA n° 357/2005, art. 42, “enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas Classe 2, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente” (RESOLUÇÃO CONAMA n° 357/2005).

## 2.4 Outorga de recursos hídricos

Em Minas Gerais, os usuários de recursos hídricos de qualquer setor devem solicitar ao IGAM a outorga de direito de uso das águas de domínio do estado. Para o uso de águas de domínio da União, a outorga deve ser solicitada à Agência Nacional de Águas (ANA). O IGAM como órgão que concede as outorgas no Estado de Minas Gerais publica no site a relação das outorgas deferidas. Esses dados subsidiam a estudos de disponibilidade e demanda sobre os recursos hídricos. A outorga de direito de uso dos recursos hídricos é um instrumento de gestão importante e é o meio através do qual se faz a repartição dos recursos hídricos disponíveis entre diversos usuários.

A outorga garante ao usuário o direito de uso da água, condicionado à disponibilidade hídrica. Cabe ao poder outorgante (Governo Federal, dos Estados ou do

Distrito Federal) examinar cada pedido de outorga e verificar a existência de suficiente água, considerando os aspectos quantitativos e qualitativos, para que o pedido possa ser atendido. Uma vez concedida, a outorga de direito de uso da água protege o usuário contra o uso predador de outros usuários que não possuam outorga.

Para solicitar a outorga o solicitante deverá preencher o Formulário Integrado de Caracterização do Empreendimento FCEI disponível no site do IGAM, indicando no campo “Uso do Recurso Hídrico” o código das intervenções em corpos de água existentes e/ou projetados. Além do formulário o solicitante deve protocolar o relatório técnico de outorga nesses documento devem constar a coordenada geográfica do ponto de captação ou de intervenção no curso de água, assim como, finalidade do uso da água e a vazão a ser outorgada.

## **2.5 Geoprocessamento e a base hidrográfica topologicamente consistente e ottocodificada**

A importância da base hidrográfica consistente e ottocodificada é na sua fácil integração com SIGs possibilitando realizar trabalhos com topologia da rede drenagem. A ottocodificação de bacias hidrográficas proposta pelo engenheiro brasileiro Otto Pfafstetter. Pfafstetter (1989) propôs um modelo hierárquico de classificação de bacias hidrográficas baseado na área drenada e nas interconexões da rede de drenagem (VERDIN, VERDIN, 1999; GALVÃO; MENESES, 2005). Esse procedimento possibilita, além da hierarquização, a identificação de cada uma das bacias mapeadas por um código único.

Este método foi inicialmente utilizado pela Secretaria Nacional de Irrigação, sendo adotado em seu Cadastro Nacional de Irrigantes. Em 1998, a SRH/MMA realizou um projeto objetivando elaborar uma base digital de classificação e codificação das bacias hidrográficas.

Os códigos são aplicados às quatro maiores bacias hidrográficas identificadas que drenam diretamente para o mar, sendo-lhes atribuídos os algarismos pares 2, 4, 6, e 8, seguindo uma ordem no sentido horário em torno do continente. “À maior bacia fechada é atribuído o código 0 (zero). As demais áreas do continente são as regiões hidrográficas restantes, as quais são atribuídos os algarismos ímpares 1, 3, 5, 7, e 9, de tal forma que a interbacia 3 encontra-se entre as bacias 2 e 4, a interbacia 5 encontra-se entre as bacias 4 e 6, e assim sucessivamente. Os algarismos ímpares são reservados às chamadas interbacias, que consistem em áreas que drenam água para mais de um exutório, configurando-se como

junções de bacias de menor porte que possuem interflúvios coincidentes com as bacias que o circundam” (PFAFSTETTER, 1989)

A base ottocodificada permite a identificação da hierarquia das bacias hidrográficas a partir do de cada ottocódigo. O código do curso de água é idêntico ao código da bacia no qual é o rio principal de mesmo nível hierárquico, assim a seleção dos cursos principais ocorre de forma mais eficiente

## **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

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

O presente estudo utilizará com recorte espacial da bacia hidrográfica do rio Jequitaiá afluente direto do rio São Francisco. A bacia do rio Jequitaiá possui área de 8.662 km<sup>2</sup> e destaca-se pelas potencialidades geológicas em recursos minerais e de solo onde naturalmente desenvolve o cerrado promissor para o cultivo agrícola e da silvicultura do eucalipto.

A Bacia do rio Jequitaiá está inserida na Unidade de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos – UPGRH SF6, localiza-se na região norte-nordeste de Minas Gerais, sendo afluente da margem direita do rio São Francisco, os principais rios são: Jequitaiá, São Lamberto, Guavinipã, Córrego Fundo ou Riachão, Córrego Embassaia e Cabeceiras do Rio Jequitaiá. O rio Jequitaiá nasce na Serra do Espinhaço em altitude de 1.350 m e após um percurso aproximado de 300 km tem sua foz junto ao rio São Francisco em altitudes inferiores a 500 m. Estão inseridos total ou parcialmente nos limites da bacia municípios com população de aproximadamente 87.828 habitantes (ver Fig.2).

A bacia do rio Jequitaiá “é uma região de extrema pobreza, realidade em que vive grande parte de sua população. Os municípios apresentam graves problemas nas áreas de saúde, saneamento e educação. O meio ambiente vem sendo sistematicamente agredido pela atividade mineradora e pela silvicultura, comprometendo de forma sistêmica seus recursos hídricos. Uma região que apresenta elevado grau de subdesenvolvimento, marcado pelo alto analfabetismo, pela ocorrência de diversas doenças endêmicas e pelo baixo nível de renda. A pobreza dessa região reflete-se no enfraquecimento das atividades primárias. A economia rural dificultada pela estrutura fundiária e pelo perfil socioeconômico de sua população, apresenta um baixo nível de desenvolvimento tecnológico”(BRASOL, 2009).

Segundo o Plano diretor dos rios Pacuí e Jequitaiá “o vale do rio Jequitaiá apresenta uma integração frágil com a economia mineira, pois se localiza na região de transição entre a área de influência de Belo Horizonte e o Nordeste Brasileiro, estando à margem dos eixos de desenvolvimento. Todas essas adversidades causaram um esvaziamento demográfico na região ao longo das últimas décadas, notadamente no meio rural ”(BRASOL, 2009).

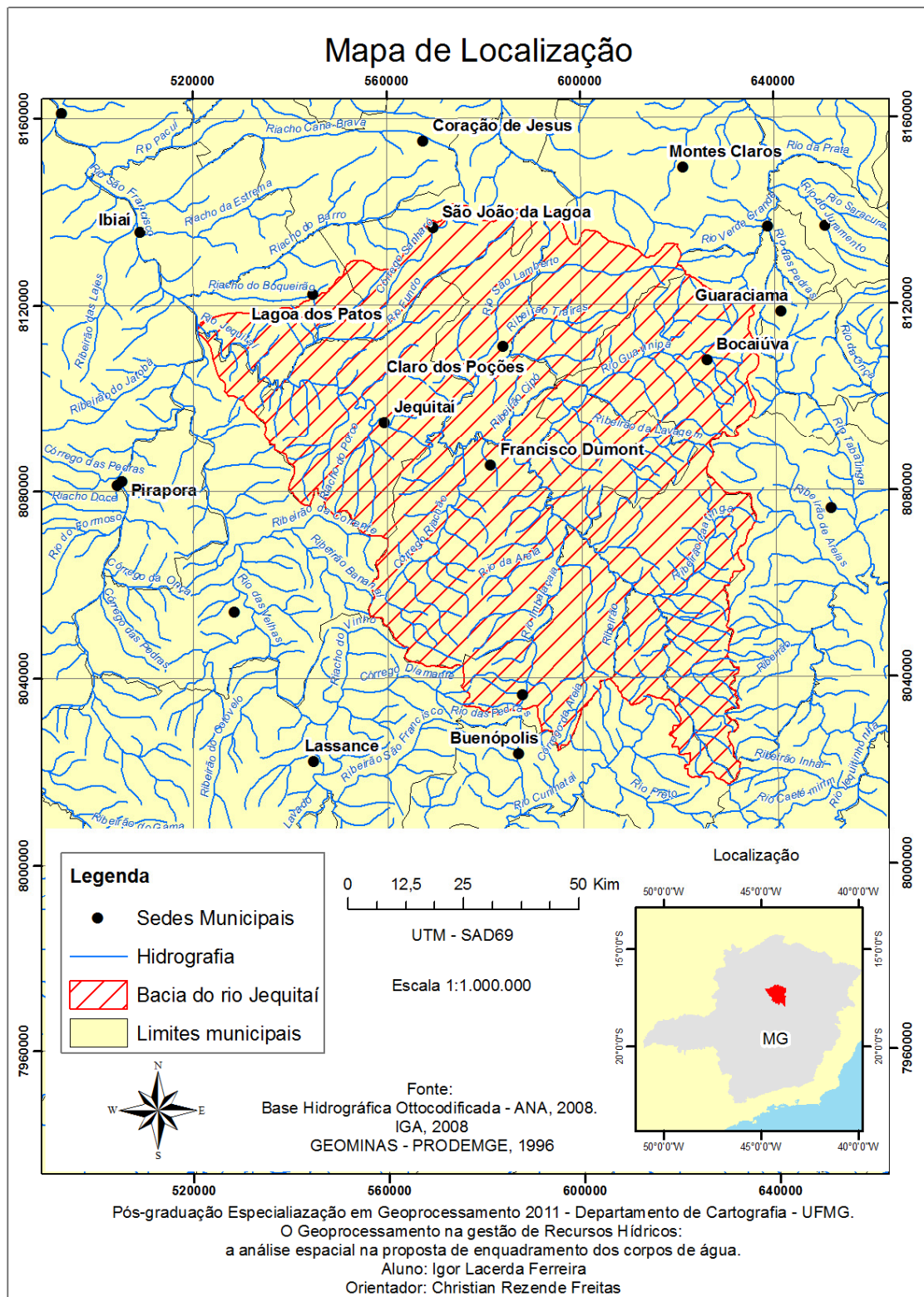


Figura 2 - Mapa de localização da Bacia do rio Jequitai



A população urbana representa mais de 60% da população total. Os indicadores sociais e econômicos dos municípios integrantes da Bacia Hidrográfica do Rio Jequitaiá são classificados como municípios pobres. O desmatamento indiscriminado e a falta de manejo adequado dos solos, seja para a monocultura do eucalipto como para agricultura ou pastagem, tem levado a região a um intenso processo de erosão, cujos sedimentos resultantes tendem a assorear os cursos d'água. “O assoreamento é um dos problemas sérios que atinge a bacia. O uso indiscriminado de agrotóxicos nas lavouras e o lançamento in natura dos esgotos domésticos também contribuem para a contaminação dos cursos d'água” (BRASOL, 2009).

## **3.2 Bases Utilizadas**

### **3.2.1 O Mapa do uso do solo e cobertura vegetal**

O mapa do uso e ocupação do solo é fundamental nos estudos ambientais, visam auxiliar nos estudos adensamento urbanos, nos processos de erosão acelerada dos solos, na compreensão das áreas de inundações, nas mudanças bruscas na paisagem, assim como, verificar os usos impactantes em uma bacia hidrográfica.

Através das ferramentas de sensoriamento remoto foi realizado o mapeamento de uso e cobertura do solo (Fig. 4). Foi utilizada a imagem do satélite CBERS, do ano de 2007, e a escala de trabalho foi 1:100.000. (resolução espacial de 20 metros das imagens CBERS, de aquisição gratuita no site do INPE. A escolha da data das imagens é função de avaliação representativa do desenvolvimento das atividades na região, da disponibilidade de imagens desprovidas de nuvens relativas nas estações secas do ano, para um melhor estudo. As imagens foram processadas no software spring e classificadas através do método de segmentação. O refinamento foi realizado no software ARCGIS.



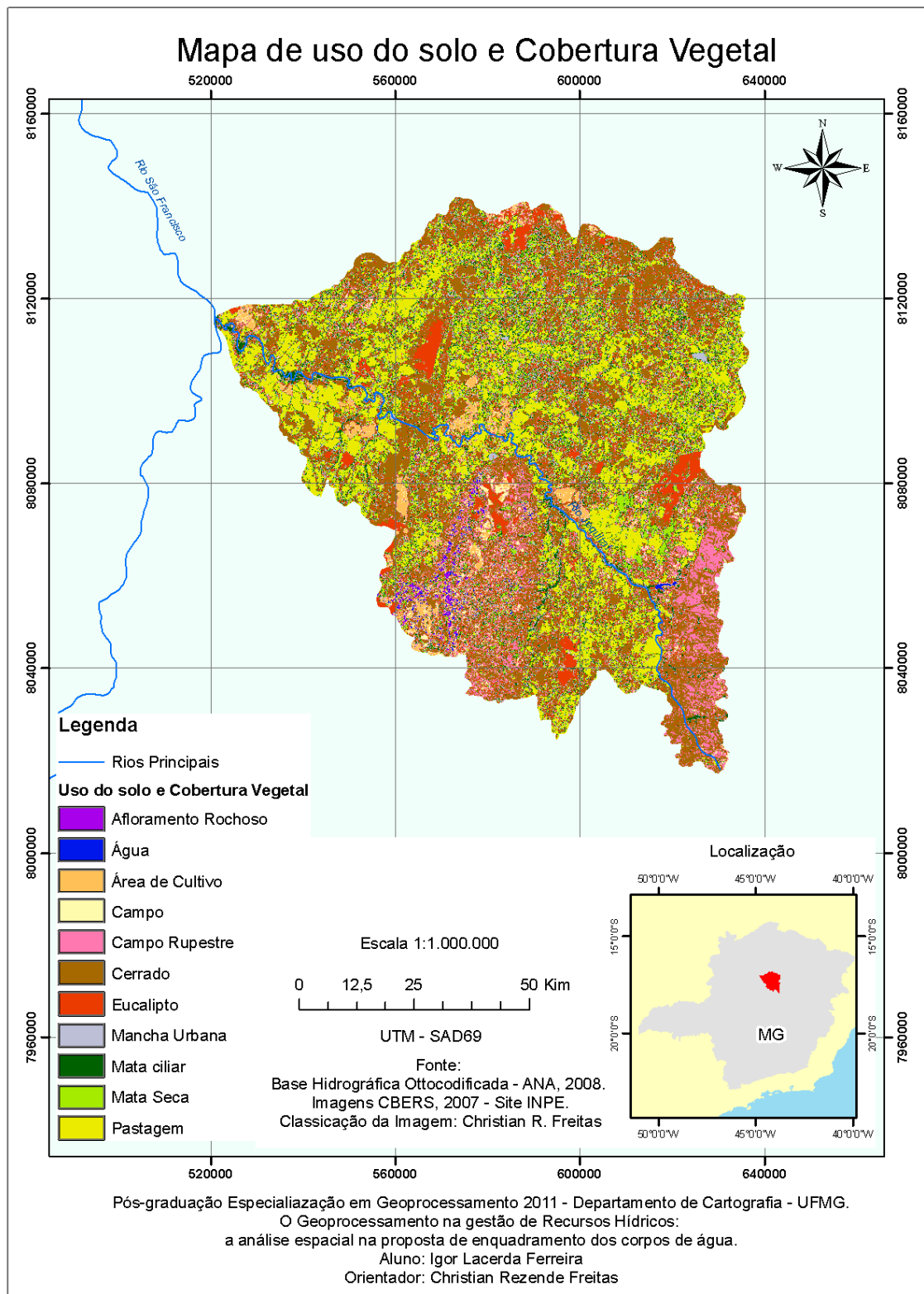


Figura 3 - Mapa de uso e Cobertura Vegetal

### **3.2.2 Mapas de outorga – Finalidades de uso da água e vazão outorgada**

O estudo realizou com os dados de outorga de uso da água, IGAM em 2009, análises e o tratamento da informação na construção do mapa síntese para auxiliar na proposta de enquadramento. Através das coordenadas geográficas os dados das outorgas são inseridos no *ARC GIS* onde serão gerados os mapas e as análises que vão compor o estudo. Nesse estudo serão utilizados os dados da finalidade de uso da água (Fig. 4) e vazão outorgada (Fig.5) existente no banco de dados de outorgas.

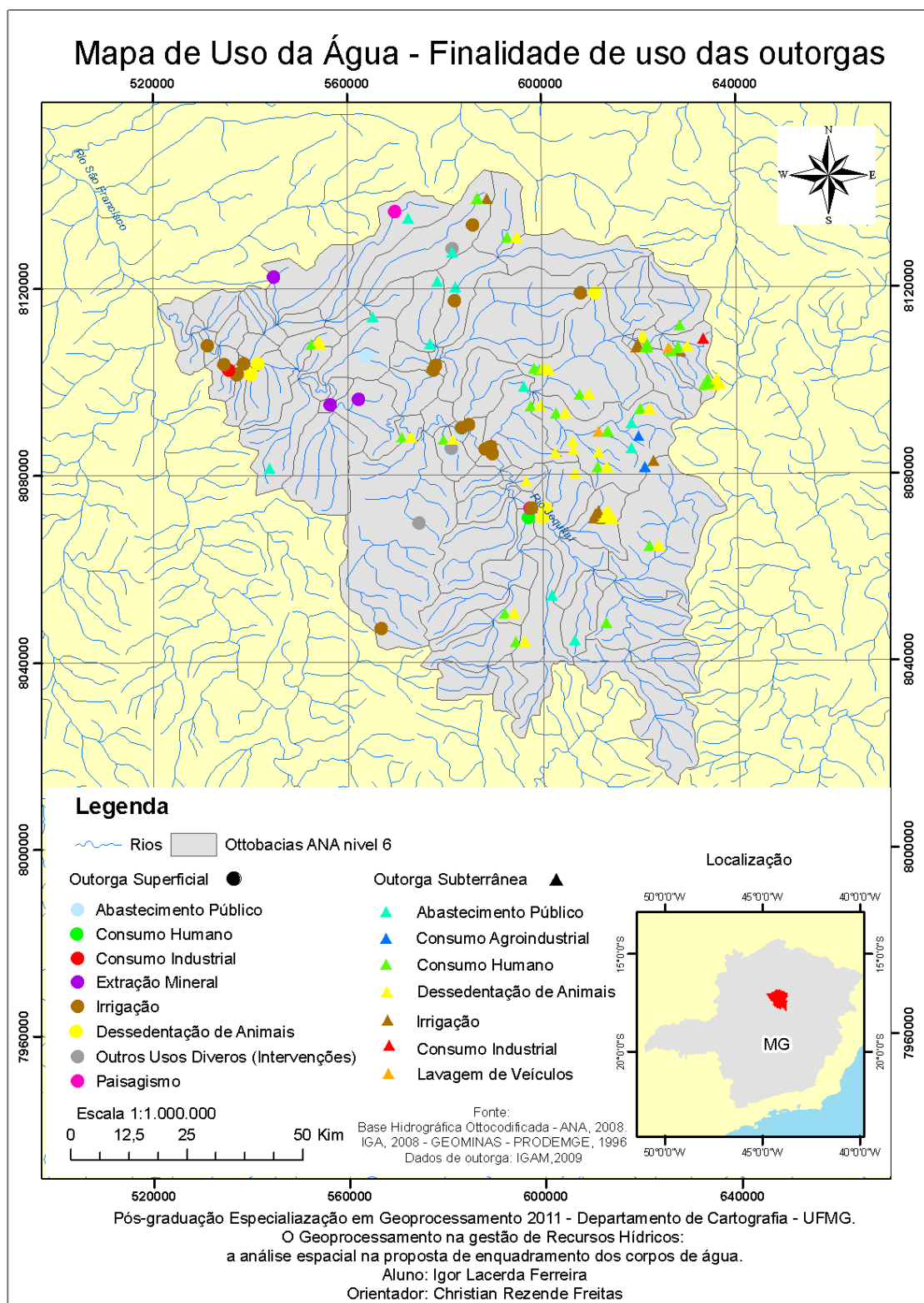


Figura 4 - Mapa de uso da água - Finalidade de Outorgas

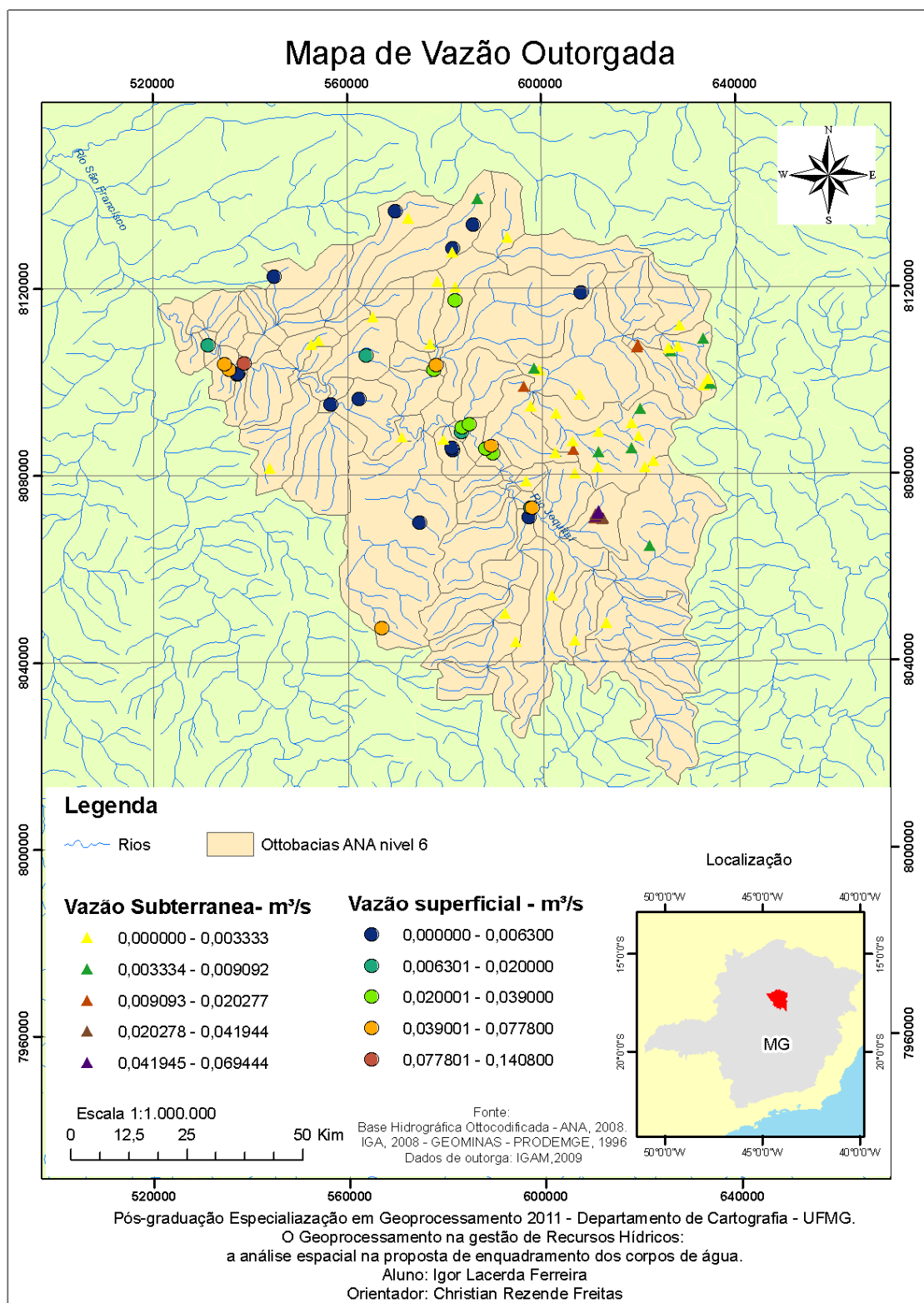


Figura 5 - Mapa de Vazão Outorgada

### **3.2.3 Deflúvios Superficiais no Estado de Minas Gerais**

Com os dados extraídos da publicação da COPASA: “Deflúvios Superficiais do Estado de Minas Gerais” (COPASA,1993) foi elaborado um diagnóstico das fontes de produção dos sistemas de abastecimento de água operados pela COPASA nas sedes municipais. Foi utilizada nesse estudo os dados deflúvios superficiais para inferir a oferta hídrica na bacia do rio Jequitaiá e contribuir na análise para proposta de enquadramento. As curvas representam o rendimento específico mínimo em L/s/Km<sup>2</sup> (Fig. 6).

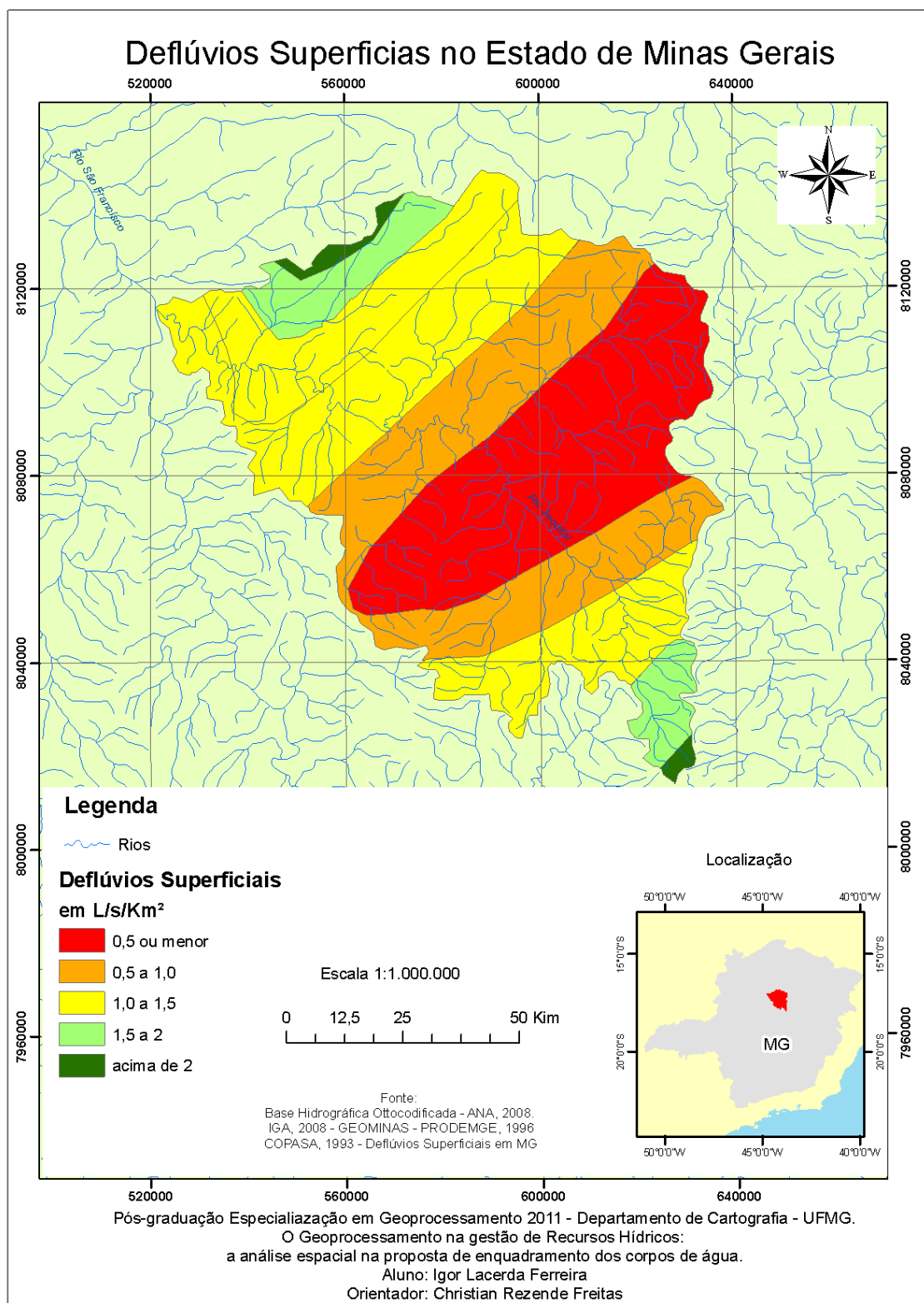


Figura 6 - Mapa de isolinhas dos deflúvios superficiais

### **3.2.4 Setores Censitários**

O estudo utilizou a base territorial dos setores censitários do IBGE na bacia do rio Jequitai e os dados utilizados foram do censo de 2010 (Fig. 7).

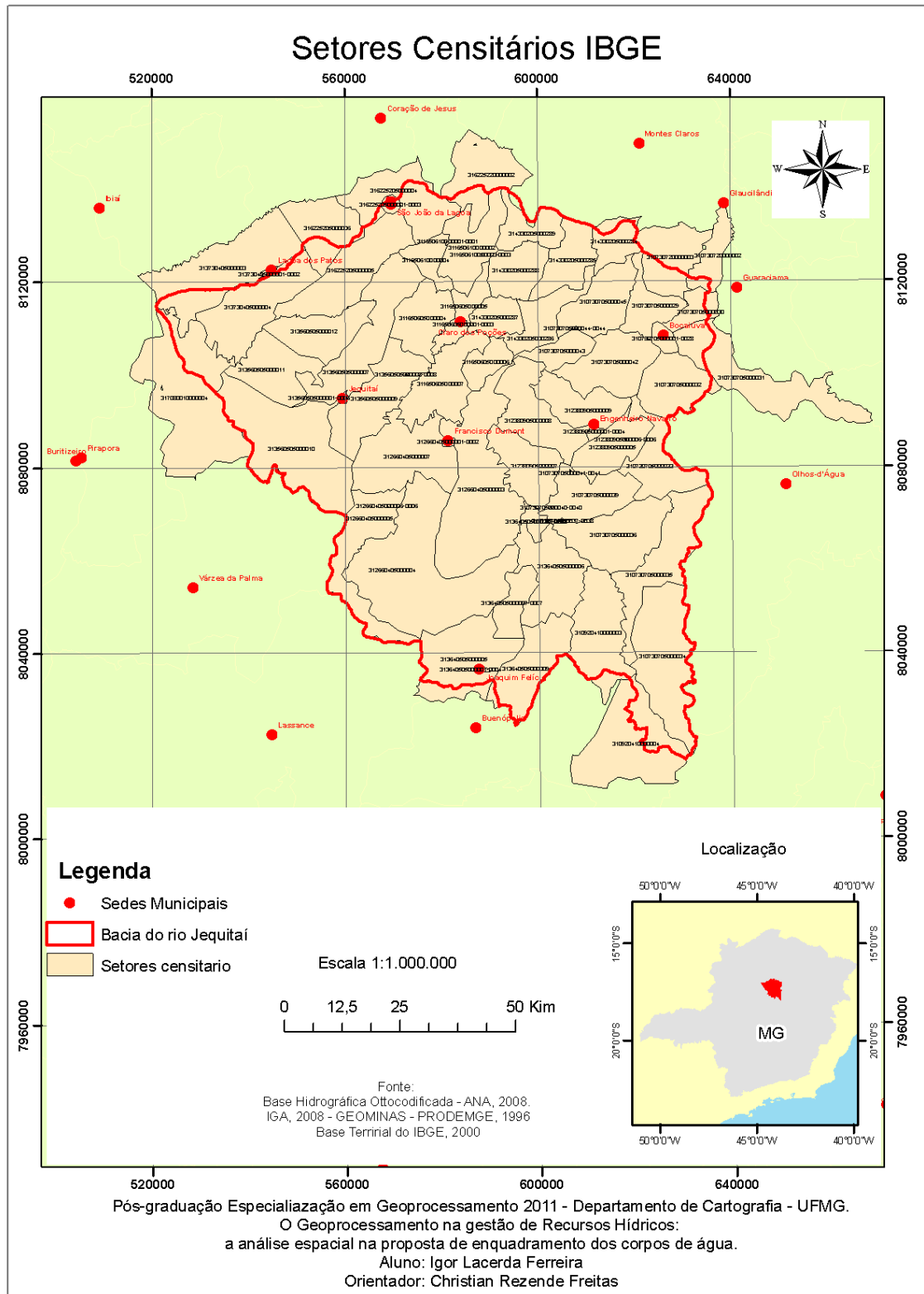


Figura 7 Mapa dos setores censitários IBGE na bacia do rio Jequitai



### **3.2.5 Ottobacias**

Nesse estudo foi utilizada a base ottocodificada da ANA mapeada na escala de 1:1.000.000 e selecionadas as ottobacias com o nível de ottocodificação 6 na bacia do rio Jequitai (Fig. 8). As informações sobre as Ottobacias estão disponíveis no website da ANA (<http://www.ana.gov.br>). Foi possível obter a rede hidrográfica codificada para todo o Brasil em um arquivo shp em formato vetorial, compreendendo ottobacias do nível 1 ao 6 em um arquivo vetorial em formato shapefile, e a divisão hidrográfica nacional estabelecida pela Resolução nº 32 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) e adotada pelo Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) também em arquivo vetorial no formato shapefile. As ottobacias no nível 6 na escala do milionésimo foram identificadas a partir de área de drenagem que corresponde dentro da hierarquia da ottocodificação o melhor detalhamento para propor as classes de enquadramento dos cursos na bacia do rio Jequitai afluente do São Francisco. A incorporação de algarismos sucessivos a um determinado prefixo de acordo com o aumento da escala e maior detalhamento, no caso desse estudo o nível 6 de agrupamento para ottobacias.

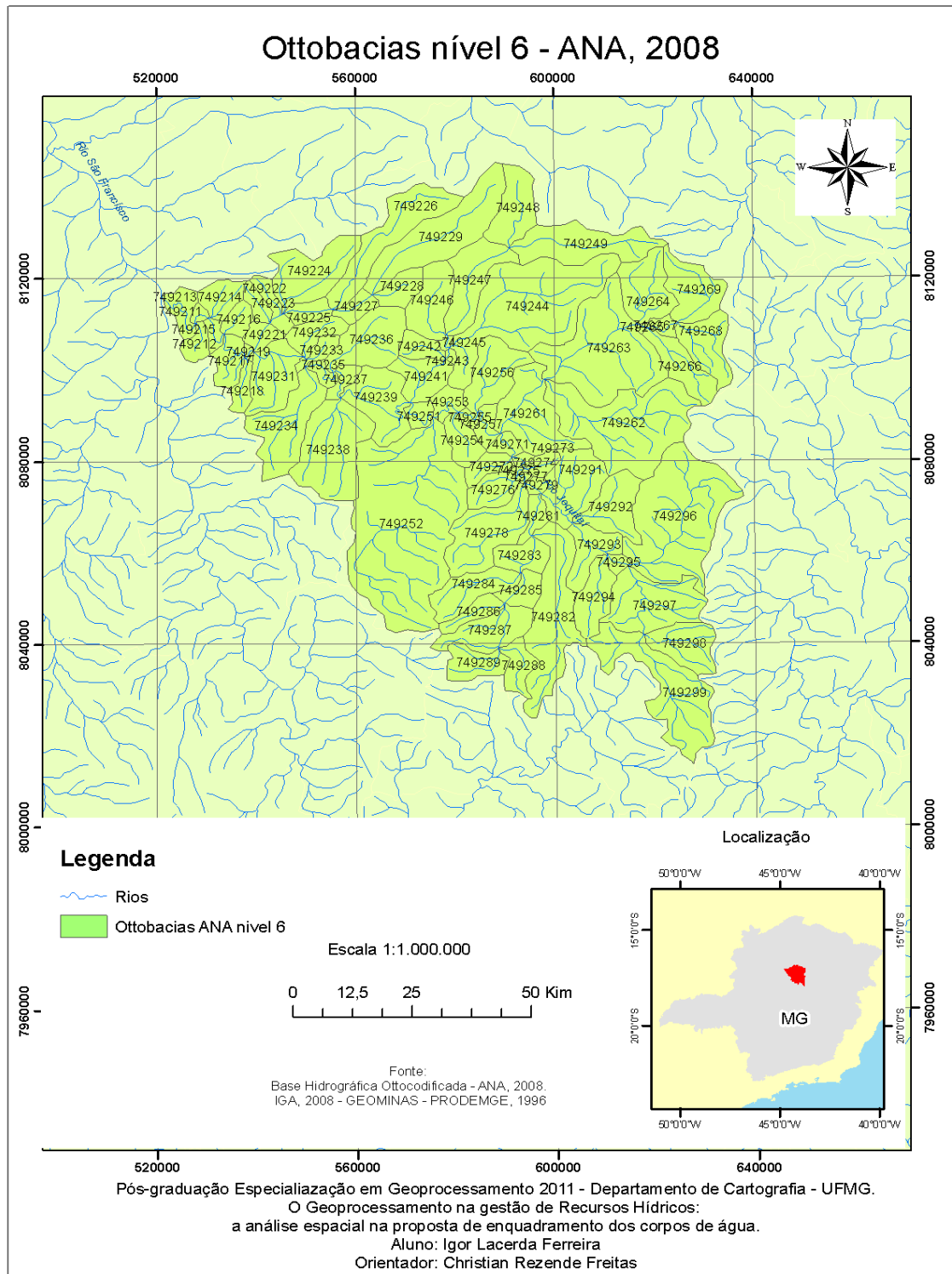


Figura 8 - Mapa das ottobacias nível 6 na bacia do rio Jequitaiá

### 3.3 Metodologia para análises e geração dos mapas com os dados utilizados

Nessa parte do trabalho foram gerados 7 mapas categorizando numa ordem hierárquica de categorias de 1 a 5, sendo os maiores números atribuídas as condições mais impactantes para cursos de água. Foram utilizadas as bases georreferenciadas de uso do solo e cobertura vegetal, dados de finalidade e vazão das outorgas de águas superficiais e subterrâneas, Deflúvios superficiais no Estado de Minas Gerais, Dados de população residente por setor censitário.

#### Uso do solo e Cobertura Vegetal

As classes do uso do solo e Cobertura Vegetal estão listadas abaixo:

- Afloramento Rochoso;
- Água;
- Área de Cultivo;
- Campo;
- Campo Rupestre;
- Cerrado;
- Eucalipto;
- Mancha Urbana;
- Mata Ciliar;
- Mata Seca;
- Pastagem;

Essas classes foram agrupadas da seguinte forma, prevalecendo sempre a categoria mais restritiva as classes mais impactantes dentro da ottobacia. Foi utilizada a área com a maior categoria dentro da ottobacia, segundo as classes de mapeamento do uso do solo. A ferramenta para determinar as classes mais preponderante foi a *spatial analyst/zonal* do *ARC GIS* :

Categoria 1: Água e Afloramento Rochoso (não foi considerado a litologia da rocha);

Categoria 2: Mata ciliar e Mata Seca;

Categoria 3: Cerrado, Campo e Campo Rupestre;

Categoria 4: Área de Cultivo, Eucalipto e Pastagem;

Categoria 5: Mancha Urbana;



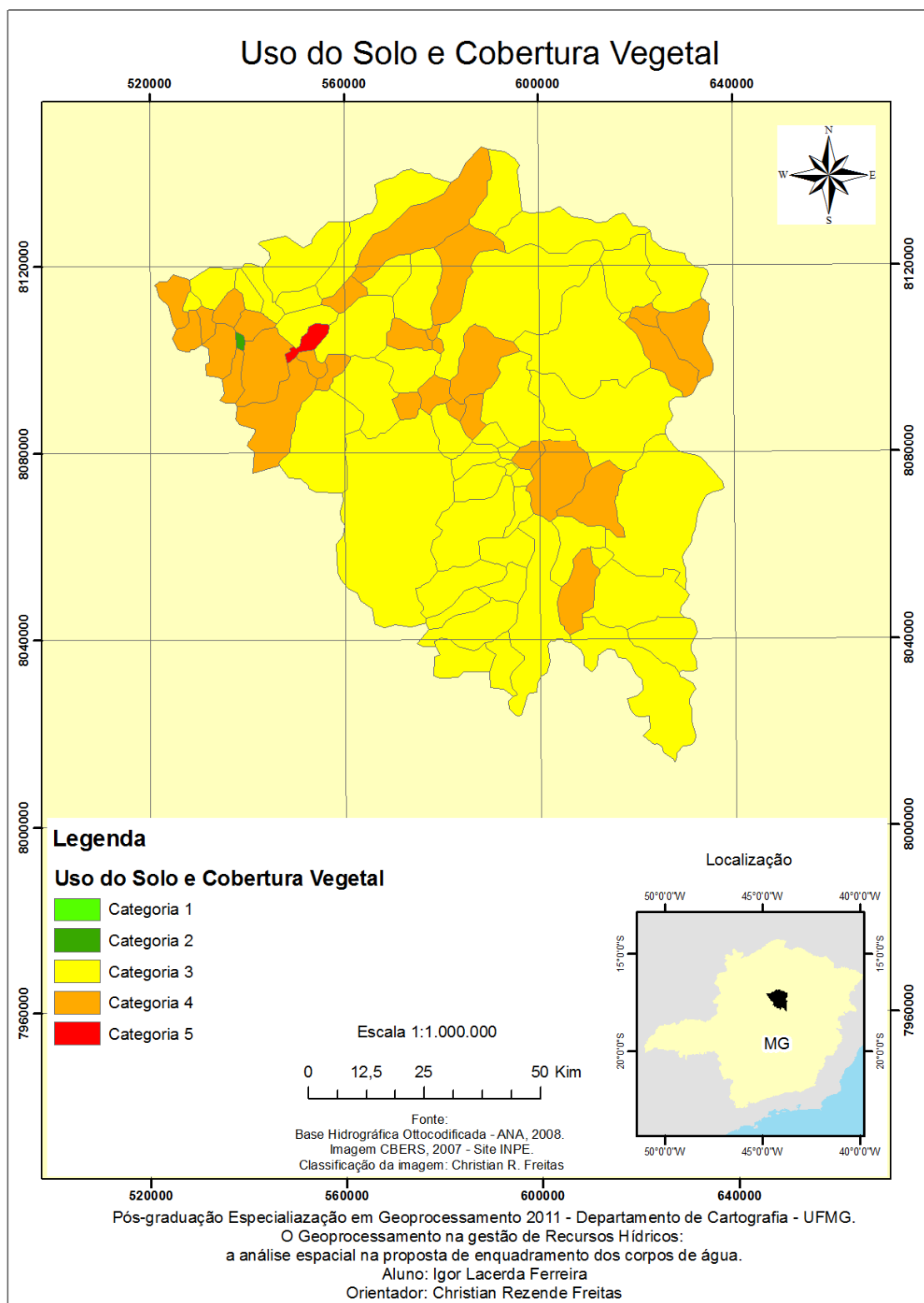


Figura 9 - Categorias de Uso do solo e Cobertura Vegetal para as ottobacias

### **Finalidade de uso das outorgas superficiais**

Esse tema foi classificado a partir das finalidades declaradas pelo outorgante de captação e intervenção nas águas superficiais, segue abaixo as finalidades de uso da água utilizadas nesse estudo:

- Abastecimento público;
- Consumo Humano;
- Dessedentação de animais;
- Consumo industrial;
- Consumo agroindustrial;
- Lavagem de veículos;
- Consumo Humano;
- Paisagismo;
- Outros Usos Diversos (Intervenções);

As classes foram agrupadas pelo critério de usos mais impactantes sobre os corpos de água, prevalecendo sempre a mais restritiva a maior categoria dentro da outorga, como segue abaixo:

Categoria 1: Nenhuma outorga;

Categoria 2: Abastecimento Público, Dessedentação de animais e Consumo Humano;

Categoria 3: Lavagem de veículos, Paisagismo, Outros Usos diversos (intervenções);

Categoria 4: Irrigação;

Categoria 5: Consumo Industrial, Extração Mineral e Consumo Agroindustrial;

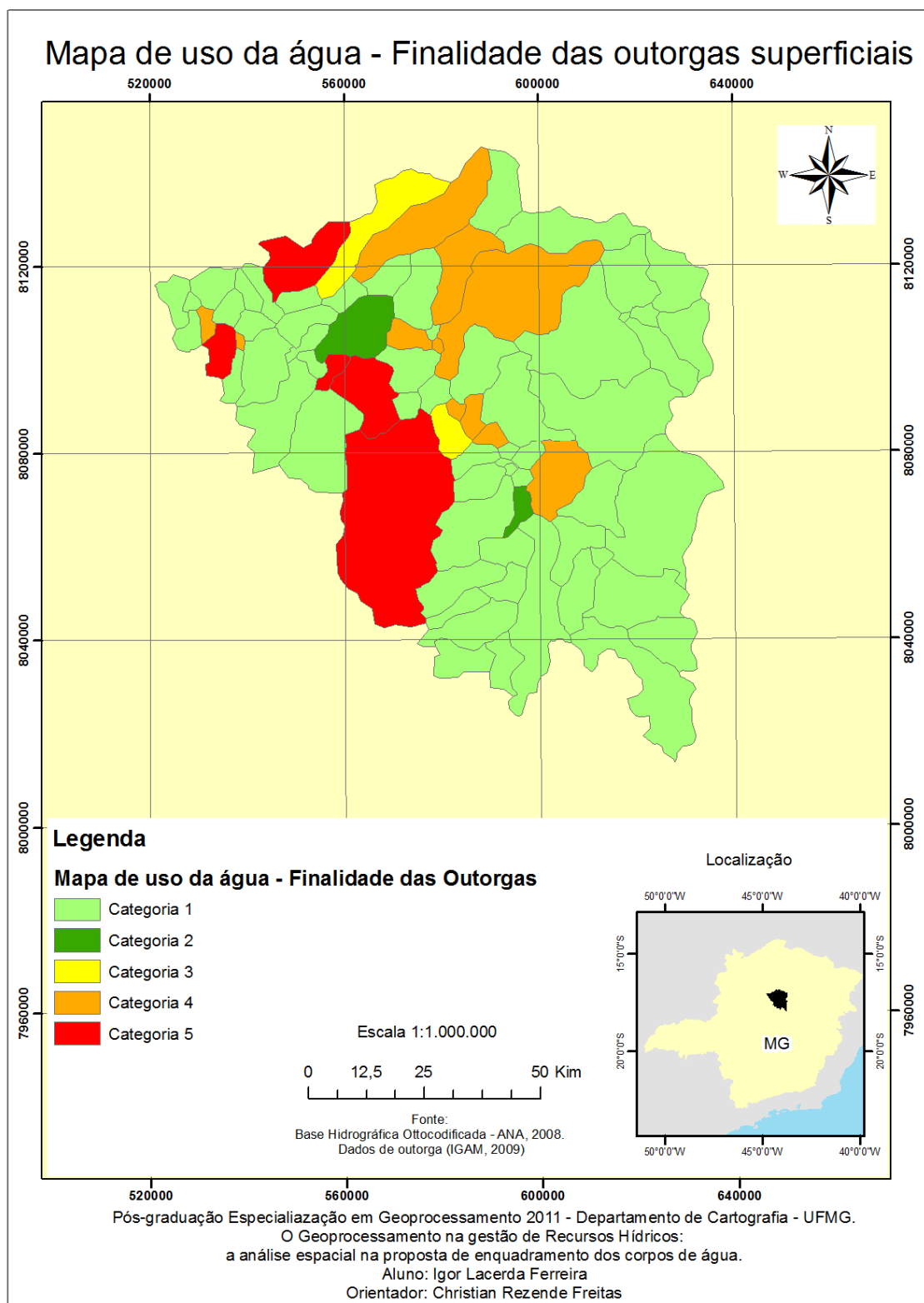


Figura 10 - Categorias de Finalidades de uso das outorgas superficiais para as ottobacias

### **Finalidade de uso das outorgas subterrâneas**

Esse tema foi classificado a partir das finalidades declaradas pelo outorgante de captação, sobretudo em poço tubular, das águas subterrâneas, segue abaixo as finalidades de uso da água utilizadas nesse estudo:

- Abastecimento público;
- Consumo Humano;
- Dessedentação de animais;
- Consumo industrial;
- Consumo agroindustrial;
- Lavagem de veículos;
- Consumo Humano;
- Paisagismo;
- Outros Usos Diversos (Intervenções);

As classes foram agrupadas pelo critério de usos mais impactantes sobre os corpos de água, prevalecendo sempre a mais restritiva a maior categoria dentro da outorga. A classificação foi estabelecida da seguinte forma:

Categoria 1: Nenhuma outorga

Categoria 2: Abastecimento Público, Dessedentação de animais e Consumo Humano

Categoria 3: Lavagem de veículos, Paisagismo, Outros Usos diversos (intervenções)

Categoria 4: Irrigação

Categoria 5: Consumo Industrial, Extração Mineral e Consumo Agroindustrial



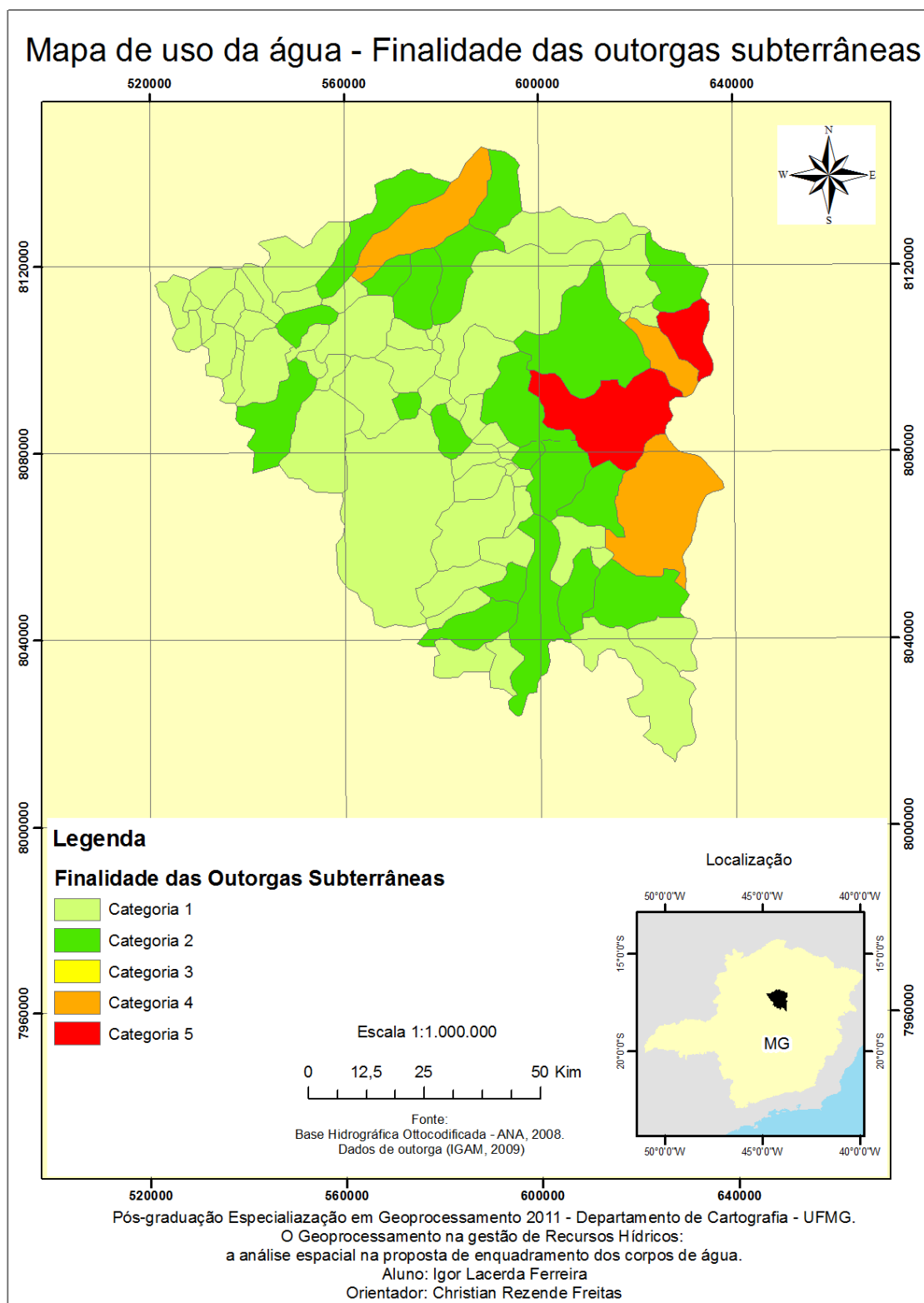


Figura 11 - Categoria de finalidades das outorgas subterrâneas para as ottobacias

### **Vazão Outorgada nas Águas Superficiais**

Esse tema foi classificado a partir da vazão outorgada das águas superficiais, segue abaixo os intervalos de classe de volume de água outorgada em m<sup>3</sup>/s utilizadas nesse estudo:

As classes foram agrupadas da seguinte forma:

Categoria 1: 0 a 0,001 m<sup>3</sup>/s

Categoria 2: 0,0012 a 0,01 m<sup>3</sup>/s

Categoria 3: 0,011 a 0,05 m<sup>3</sup>/s

Categoria 4: 0,051 a 0,1 m<sup>3</sup>/s

Categoria 5: acima de 0,11 m<sup>3</sup>/s

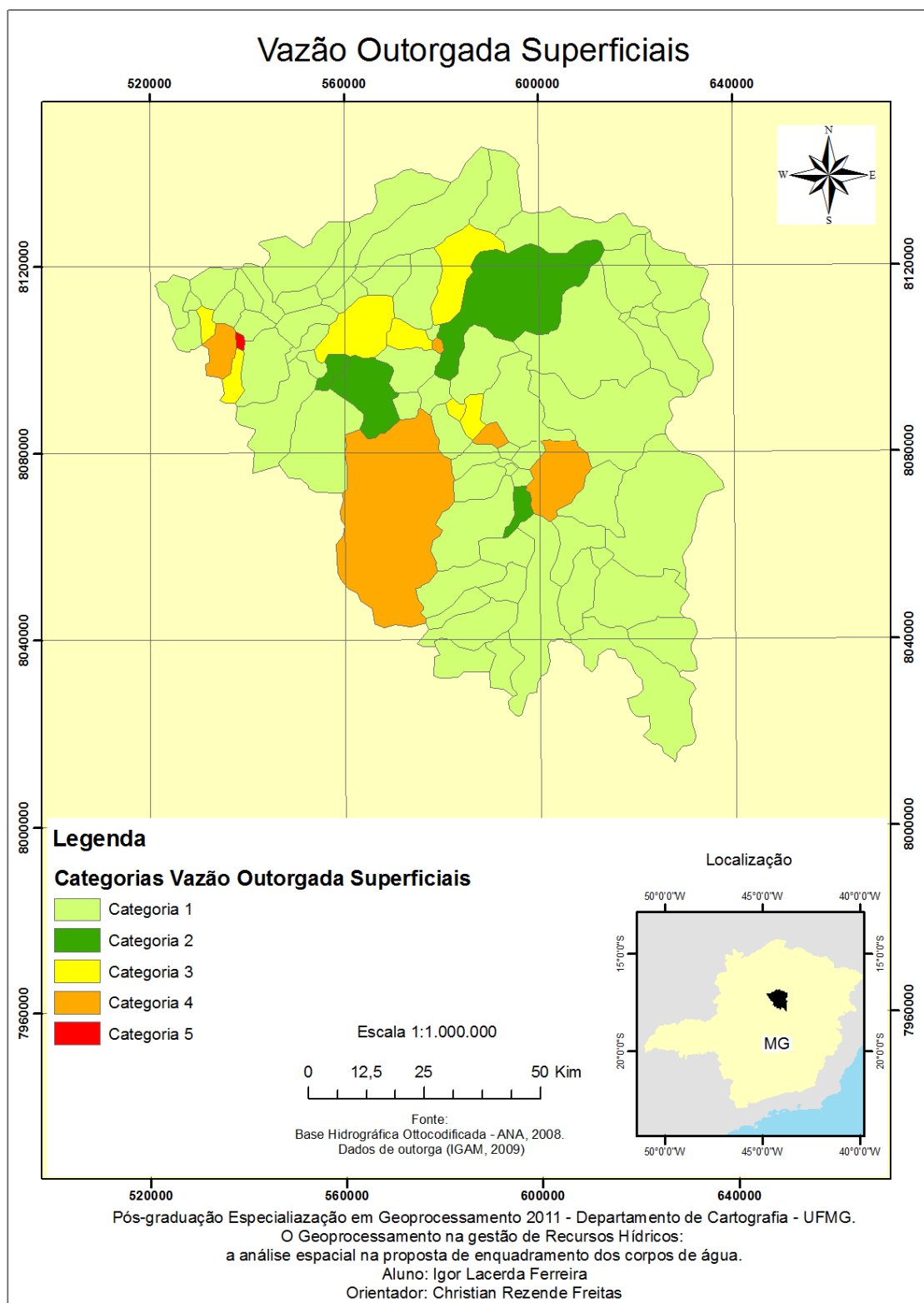


Figura 12 - Categorias de vazão Outorgada nas Águas Superficiais

### **Vazão outorgada subterrânea**

Esse tema foi classificado a partir da vazão outorgada das águas subterrâneas, sobretudo em poços tubulares, segue abaixo os intervalos de classe de volume de água outorgada em m<sup>3</sup>/s inferidos a partir de histograma e mediana dos valores utilizados nesse estudo.

As classes foram agrupadas da seguinte forma:

Categoria 1: 0 a 0,0012 m<sup>3</sup>/s

Categoria 2: 0,0013 a 0,002 m<sup>3</sup>/s

Categoria 3: 0,003 a 0,005 m<sup>3</sup>/s

Categoria 4: 0,0051 a 0,02 m<sup>3</sup>/s

Categoria 5: acima de 0,021 m<sup>3</sup>/s

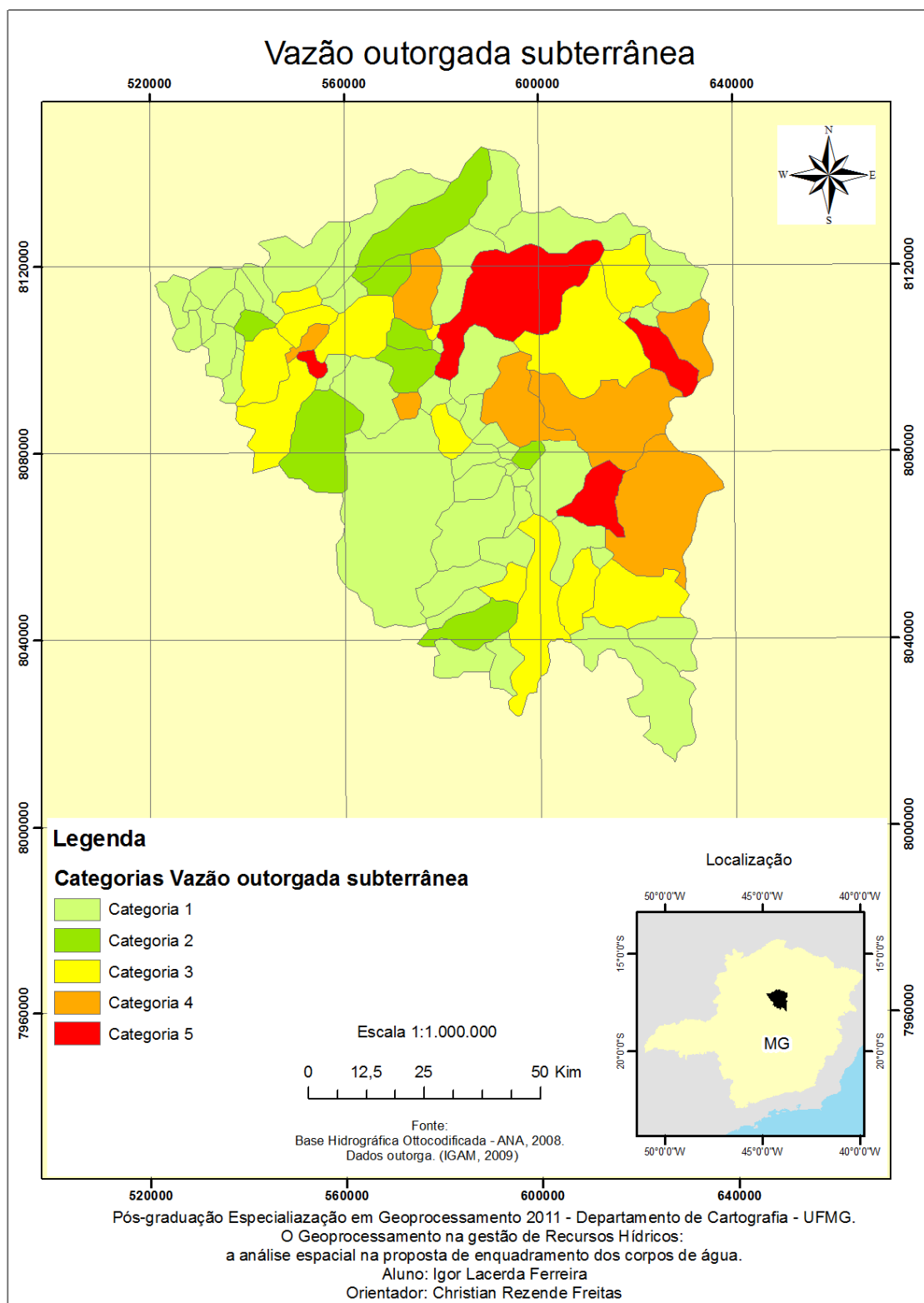


Figura 13 - Categorias de vazão outorgada nas águas subterrâneas

## **Os Deflúvios Superficiais no Estado de Minas Gerais**

Esse tema foi classificado a partir do rendimento específico mínimo em L/s/Km<sup>2</sup> para as cotobacias. As áreas com menor rendimento são mais secas com isso a oferta de água é mais restrita:

As classes foram agrupadas da seguinte forma:

Categoria 1: acima de 2

Categoria 2: 1,5 a 2

Categoria 3: 1 a 1,5

Categoria 4: 0,5 a 1

Categoria 5: 0,5 ou menor

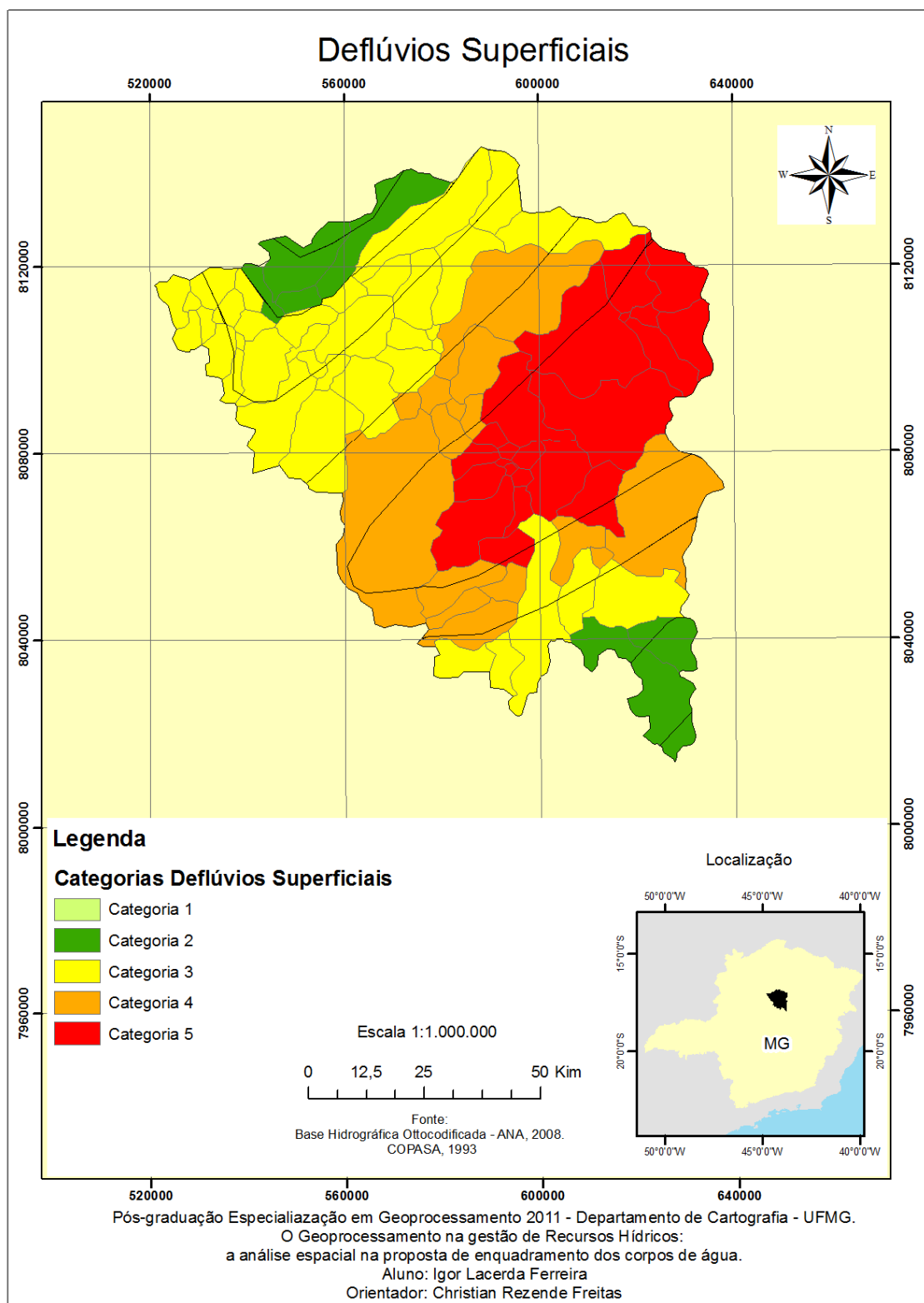


Figura 14 - Categorias dos Deflúvios Superficiais do Estado de Minas Gerais para as ottobacias

### **Setor Censitário**

Os setores censitários também foram agrupados em 5 cinco classes de acordo com a população residente de cada setor e transferidos os valores das categoria para as ottobacias.

As categorias para os intervalos de classe de população são:

Categoria 1: 0 a 100

Categoria 2: 101 a 200

Categoria 3: 201 a 400

Categoria 4: 401 a 600

Categoria 5: acima de 600



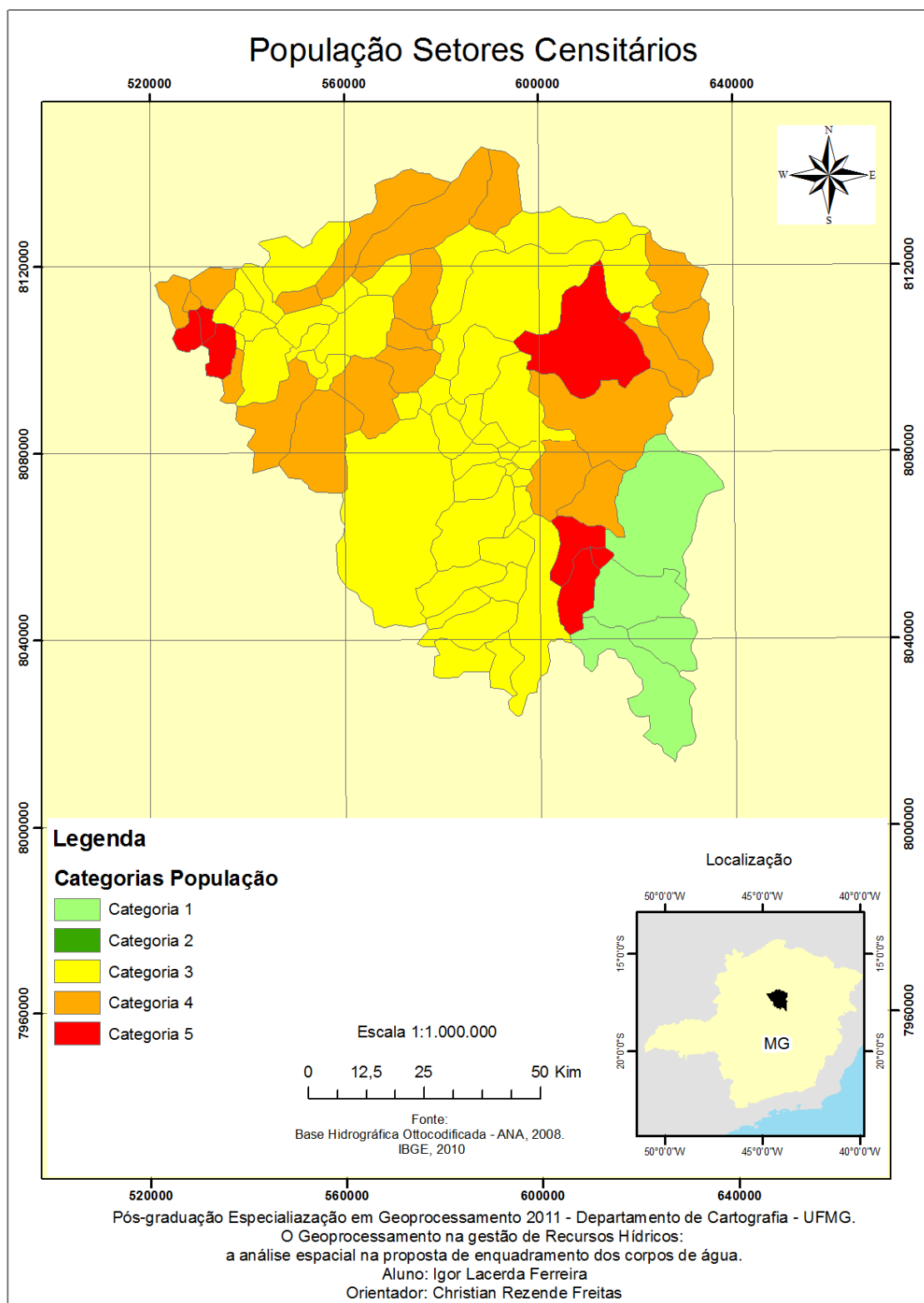


Figura 15 - Categorias da população residente por setor censitário nas ottobacias

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Análise Multicritérios e o Mapa síntese

Os resultados encontrados na análise dos dados foram somados de forma ponderada, assim as variáveis levantadas no estudo receberam pesos diferentes. O mapeamento do uso do solo (peso 0.25), Finalidades de outorga superficiais (peso 0.1) , Finalidades de outorga subterrâneas (peso 0.1), Vazão Outorgada superficial (peso 0.1), Vazão Outorgada Subterrânea (peso 0.1), População residente por setor censitário (peso 0.2) e Deflúvios Superficiais do Estado de Minas Gerais (peso 0.15). Após a análise multicritérios foi gerado o mapa síntese com as intervalos de classes de acordo com as soma das categorias por tema trabalhado gerando intervalo de valores correspondente as classes de enquadramento. Segue a tabela de pontuação das categorias após soma ponderada por classes de enquadramento:

Soma ponderada dos valores das categorias	Enquadramento correspondente
1,20 a 1,50	Classe Especial
1,51 a 2,10	Classe 1
2,11 a 3,00	Classe 2
3,01 a 3,20	Classe 3
acima de 3,21	Classe 4

Tabela 2 - Resultado da Análise Multicritérios de mapas para o enquadramento

As classes com intervalo mais abrangente, como a classe 2, foi estabelecida pois essa classe permite maior números de usos da água, segundo Resolução CONAMA N° 357/2005, pois expressa a meta mais equilibrada no conflito entre atividades antrópicas impactantes e preservação ambiental para os corpos de água. A seguir o Mapa Síntese.

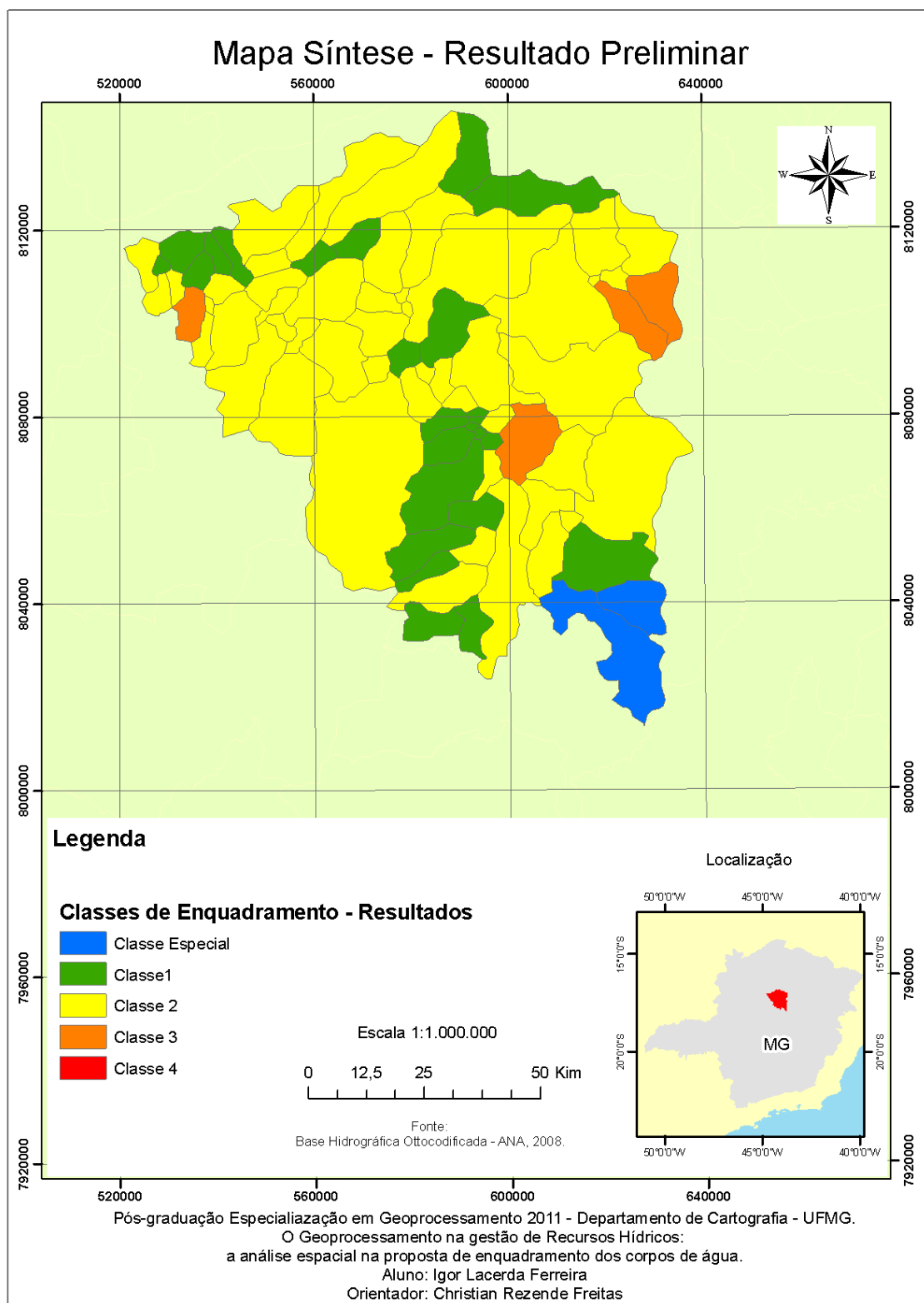


Figura 16 - Mapa síntese - Resultado Preliminar

#### 4.1.2 Mapa síntese com as unidades de conservação

Ao mapa síntese foram sobrepostas as unidades de conservação uma vez que as unidades de conservação de proteção integral determina a existência de cursos de água enquadrados na classe especial na áreas da unidade de conservação. Segundo trecho extraído da Resolução 357/2005:

Classe especial: águas destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;
- b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e,
- c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.**

Na bacia do rio Jequitaiá encontra-se a unidade de conservação de proteção integral chamada **Parque Sempre Viva** a única unidade de proteção integral na bacia do rio Jequitaiá. As outras unidades de conservação são APAs – Áreas de Proteção Ambiental classificadas como áreas de uso sustentável. Na área do **Parque Sempre Viva** as subbacias serão classificadas como **Classe Especial**.

Segue o mapa síntese com a unidade de conservação.

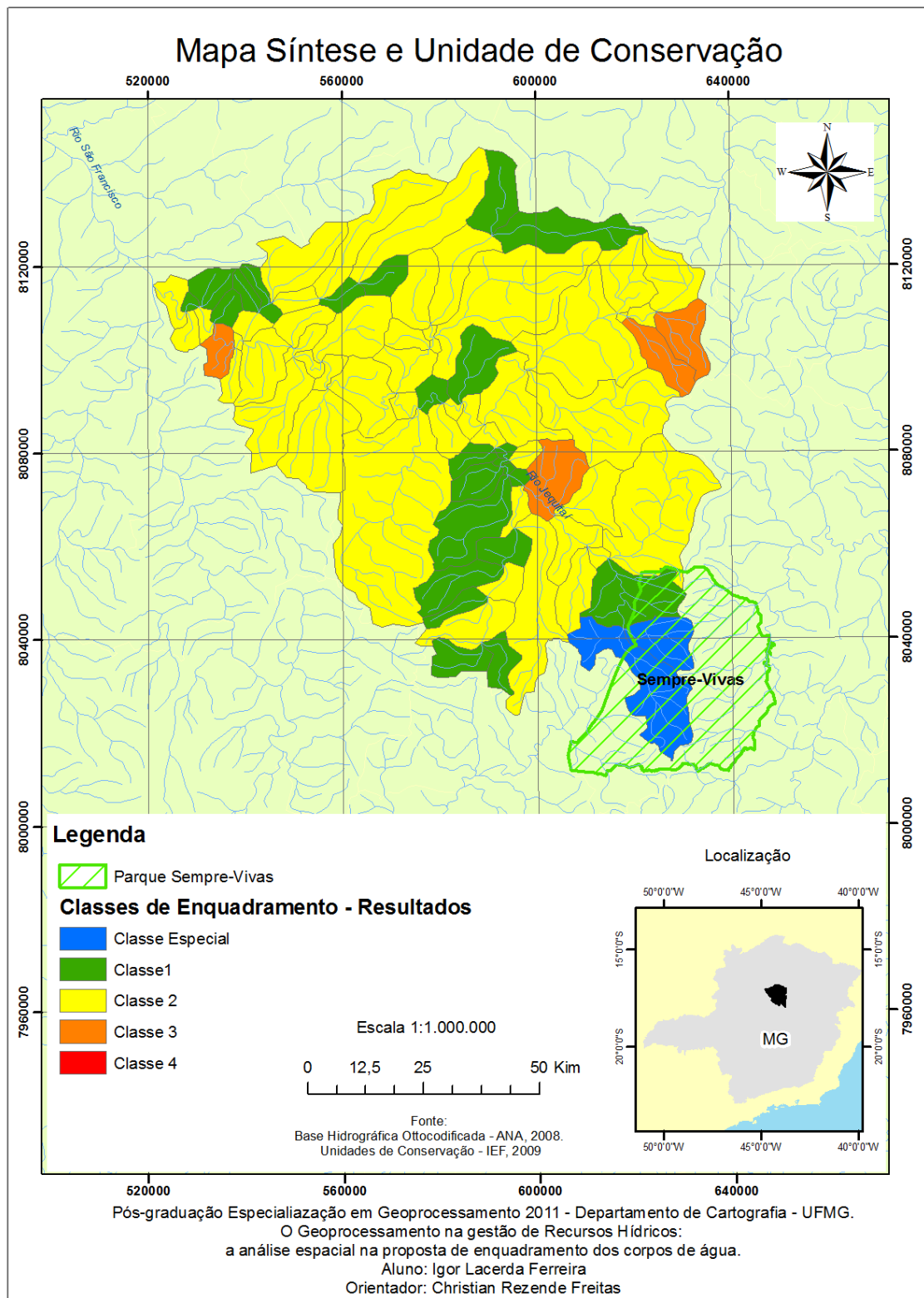


Figura 17 - Mapa síntese com Unidades de Conservação

### 4.1.3 – Mapa síntese para o enquadramento

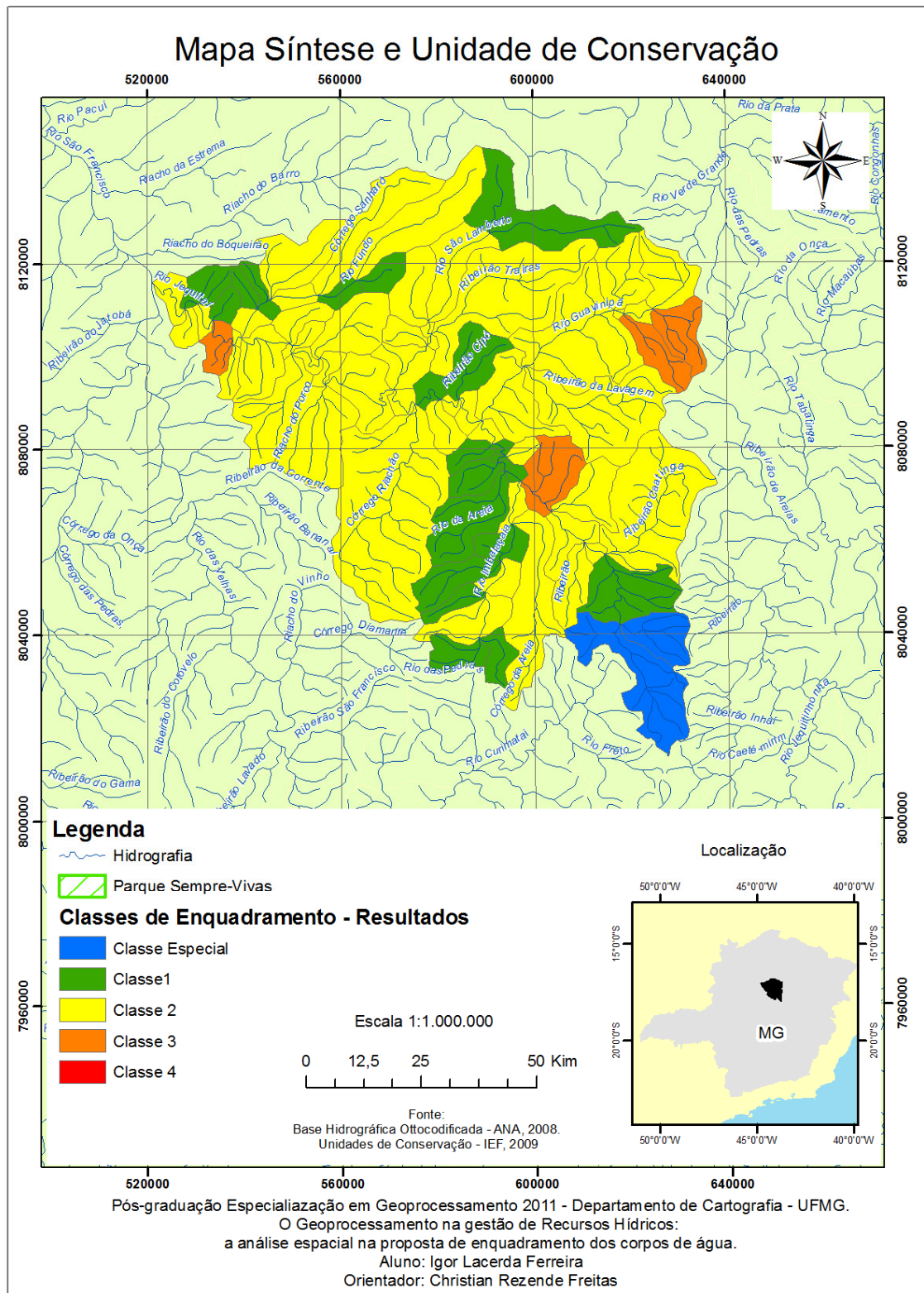


Figura 18 - Mapa síntese para enquadramento dos corpos de água

#### 4.2 - Comparações dos resultados com dados de qualidade do rio Jequitaiá

Ao analisar os dados de qualidade do “Projeto Águas de Minas” da Estação SF021 localizada no rio Jequitaiá, próximo a sua foz no rio São Francisco, no ano de 2009 verificamos que Índice de Qualidade das Águas - IQA tem resultado bom, médio e ruim nos trimestres. Esses resultados trimestrais resultam numa média anual de IQA igual a médio. Essa estação de amostragem da qualidade das águas do rio Jequitaiá sintetiza o comportamento do principal curso de água da bacia, assim como remete a situação da bacia, pois a estação se encontra no exutório dessa bacia. Segundo a Tabela 3 abaixo verificamos uma variação do IQA significativo durante os trimestres anuais demonstrando que a sazonalidade das chuvas infere diretamente na qualidade das águas da bacia.

Estação SF021- Rio Jequitaiá próximo a sua foz no rio São Francisco		
Trimestre	IQA	Resultado do IQA
1º	66	MÉDIO
2º	76,1	BAIXO
3º	78,7	BAIXO
4º	44,5	RUIM

Tabela 3 - IQA da Estação SF021 no rio Jequitaiá

Podemos concluir que o rio Jequitaiá deve ser Enquadrado na Classe 2, pois sua qualidade corresponde a usos mais permissivos e que não exigem uma boa qualidade da água segundo a Resolução CONAMA 357/2005, artigo 4, a classe dois é definida como:

III - classe 2: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- b) a proteção das comunidades aquáticas;
- c) a recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000;
- d) a irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e
- e) a aquicultura e a atividade de pesca.

Assim, esse estudo que elaborou um mapa síntese para o enquadramento corresponde as análises feita a partir dos dados de qualidades da água da Estação SF021 do IGAM.

## 5 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Podemos concluir que o mapa síntese para enquadramento representa em boa medida o que estabelece a Resolução CONAMA 357/2005 para bacia do rio Jequitaiá. As condições sócio-ambientais da bacia representam uma bacia impactada mais que devido ao pouco desenvolvimento econômico não é um região degradada como uma região industrial ou metropolitana e que seu desenvolvimento está baseado na atividade rural. Os impactos e usos preponderantes direcionam a classificação de maior parte da bacia como Classe 2 de enquadramento dos corpos de água.

Os fatores espaciais influenciam na classificação para o enquadramento das águas e com isso o geoprocessamento auxilia no processo de diagnóstico da bacia. O estudo desenvolvido foi a possibilidade de criar uma metodologia que contribuísse para sistematização de dados através do geoprocessamento com intuito de direcionar a tomada de decisão quanto ao enquadramento dos corpos d'água. O tratamento dos informações georreferenciadas podem ser muito úteis para elaboração de estudos ambientais e sobretudo nas pesquisas relacionadas aos recursos hídrico.

A elaboração dessa metodologia consiste em aplicar um tratamento aos dados que possibilite espacializar as informações de forma que contextualize social e ambientalmente uma região. Contudo, acreditamos que essa metodologia possa ser aperfeiçoada para alcançar resultados mais precisos.

Por último esclarecemos que o Enquadramento dos corpos de água é um ato político que depende de aprovação em audiência pública e que tem que ter respaldo pela comunidade e para sua aprovação é necessária a mobilização social. Assim, esse estudo é aplicação de técnicas de tratamento da informação espacial pelo geoprocessamento que serve para diagnosticar com mais respaldo técnico a situação sócio ambiental de bacias hidrográficas e apontar a direção para o enquadramento dos corpos de água.



## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida, M. A. B., Schwarzbald, A., 2003. **Avaliação sazonal da qualidade das águas do Arroio da Cria Montenegro, RS com aplicação de um índice de qualidade de água (IQA)**, *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 8 (1): 81-97.

ANA, 2008. **Dados Hidrológicos**, URL: <http://www.hidroweb.ana.gov>, Agência Nacional de Águas, Brasília, Distrito Federal (último acesso: 9 outubro de 2010).

ANA – Agência Nacional de Águas (Brasil). **Manual de Construção da Base Hidrográfica Ottocodificada: fase 1 – construção da base topológica de hidrografia e ottobacias conforme a codificação de bacias hidrográficas de Otto Pfafstetter: versão 2.1.** de 17/03/2008. Brasília: ANA, SGI, 2008

BRAGA, Benedito; REBOUÇAS, Aldo da C. **Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação.** São Paulo:Escrituras, 2002,703p.

BRASOL – Brasil Ação Solidária. **Plano Diretor de Recursos Rídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios Jequitaí, Pacuí e trechos do São Francisco - UPGRH SF6.** Belo Horizonte, 2010, 710p.

### CONSELHO

CAMARGOS, Luiza de Marillac Moreira (coord.). **Plano Diretor da bacia hidrográfica do rio das Velhas: resumo executivo de dezembro de 2004.** Belo Horizonte: Instituto Mineiro de Gestão das Águas, Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas, 245 p.

GALVÃO, W. S. e MENESES, P. R. **Avaliação dos sistemas de classificação e codificação das bacias hidrográficas brasileiras para fins de planejamento de redes hidrométricas.** In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Anais, INPE: Gioânia, Brasil, 2005. P. 2511-2518.

GUERRA, A.J.; CUNHA, S.B. **Degradação Ambiental. In: Geomorfologia e Meio Ambiente.** 1.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil,1996. p. 337-373

HENKES, Silvana Lúcia. **Política nacional de recursos hídricos e sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos.** Jus Navigandi, Teresina, ano 7, n. 64, abr. 2003. Disponível em: <<http://jus2.uol.com.br/doutrina/texto.asp?id=3970>>. Acesso em: 21 out. 2010

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Home page oficial Disponível em: [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br). Acesso em: maio a dezembro de 2011.

IGAM - INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. Home page oficial Disponível em: [www.igam.mg.gov.br](http://www.igam.mg.gov.br). Acesso em: maio a dezembro de 2011.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Relatório anual do monitoramento da qualidade das águas superficiais na sub-bacia do rio das Velhas em 2008.** Belo Horizonte: IGAM, 2009. 138p

NEGHETTINI, Mauro. **Notas de aula:** Engenharia de recursos hídricos. Belo Horizonte: UFMG: Departamento de engenharia hidráulica e recursos hídricos, escola de engenharia, 1999, 252p.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. 2005. Resolução Conama no 357. Disponível em:< [www.mma.conama.gov.br/conama](http://www.mma.conama.gov.br/conama)> Acesso em 31/05/2011.

SILVA, P. A. **Classificação e codificação das bacias hidrográficas brasileiras segundo método Pfafstetter, com uso de geoprocessamento.** ENCUESTRO DE LAS AGUAS, 2, 1999, Montevideo. Proceedings... Montevideo, URUGUAY: IICA, 1999. (<http://www.iica.org.uy>)

VON SPERLING, Marcos. 2005. Noções de qualidade da água, **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 3 ed. pp.11-50.

