

O uso de técnicas de geoprocessamento como subsídio para a elaboração de propostas de enquadramento dos corpos de água: o caso da bacia hidrográfica do Rio Paracatu

Nádia Antônia Pinheiro Santos^{1,2}
Luiza de Marillac Moreira Camargos¹
Carolina Fumian Serpa¹

Instituto Mineiro de Gestão das Águas¹
Rua Santa Catarina, n° 1.354 – Lourdes – CEP: 30170-081 – Belo Horizonte
psnadia@yahoo.com.br, luiza.marillac@igam.mg.gov.br, fscarolina@yahoo.com.br

Faculdade Santa Rita²
Campus II - Estrada Real Km 02 - Conselheiro Lafaiete
psnadia@yahoo.com.br

Abstract

The water courses classification is one of the National and Statual water resources Polits main instruments. The classification establishes quality goals for the water courses aiming to ensure the main uses. These ones were used like a subsidy for the offer elaboration of the Paracatu hydrographic basin water courses classification. To raise the main uses techniques were used like remote sensing and Geographic Information System (GIS), that permitted to manage the informations in soil uses and coverures and water uses maps. The intense human activity in the basin, but mainly in the basins of the rivers Entre-Ribeiros, Escuro, Santa Catarina, Verde, Prata and Rico are determinatives for the classification definition in accordance with the CONAMA n° 357. In function of the main uses, the water agriculture has a significant part of the classified rivers in the class two, like the rivers Verde, Rico, Entre-Ribeiros.

Palavras-chave: Remote Sensing, Geographic Information System (GIS), water resources management, water courses classification, sensoriamento remoto, Sistema de informação geográfica, gestão de recursos hídricos, enquadramento dos corpos de água.

1. Introdução

Segundo a Lei n° 13.199/99, o enquadramento dos corpos de água visa a estabelecer metas de qualidade para os corpos de água, a fim de assegurar os usos preponderantes. Devido a esta função, é um importante instrumento da gestão de recursos hídricos que possibilita compatibilizar desenvolvimento econômico com a manutenção da qualidade ambiental, auxiliando no planejamento ambiental de bacias hidrográficas e no uso sustentável dos recursos naturais. Além disso, fornece subsídios a outros instrumentos da gestão de recursos hídricos, tais como a outorga e a 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.

Esse instrumento está relacionado às metas de qualidade de água pretendidas para um corpo hídrico e, não necessariamente, às condições atuais do mesmo (Marciel Jr., 2000). A Resolução CONAMA n.º 357/2005 classifica as águas doces em cinco classes, como apresentados na **Figura 1**. Conforme versa a Resolução CONAMA n.º 357/2005, a elaboração do enquadramento dos corpos de água deve ser feita de forma participativa e descentralizada, estando, portanto, de acordo com as expectativas e necessidades dos usuários. A sua implantação deve ser efetuada no âmbito da bacia hidrográfica, sendo o respectivo Comitê de Bacia Hidrográfica (CBH, no caso o CBH-Paracatu), responsável pela sua aprovação.

Para a elaboração da proposta de enquadramento, é fundamental a identificação das condições atuais da qualidade da água e dos usos preponderantes da bacia. Para tal, o uso de técnicas de geoprocessamento auxilia no levantamento e sistematização de dados, contribuindo para a rapidez na obtenção das informações e permitindo o estudo de extensas áreas. O objetivo deste trabalho é a elaboração de uma proposta de enquadramento dos corpos de água da bacia hidrográfica do Rio Paracatu. Como objetivo específico, tem-se a definição de uma metodologia de enquadramento específica para a realidade do Estado de Minas Gerais, apoiada, sobretudo, no emprego de técnicas de geoprocessamento.

Figura 1: Definição as classes de água doce segundo a Resolução n° 357/2005.

CLASSE	COR	USOS POSSÍVEIS
ESPECIAL		Abastecimento para consumo humano com desinfecção; Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; Preservação dos ambientes aquáticas em unidades de conservação de proteção integral.
1		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		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 aquicultura e à atividade de pesca.
3		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		À navegação; À harmonia paisagística.

2. Área de Estudo

Aflente da margem esquerda do rio São Francisco, a bacia hidrográfica do rio Paracatu abrange uma área de 45.600 Km², sendo que 92% dessa área, aproximadamente 41.600 Km², pertencem ao estado de Minas Gerais, e o restante, 5% e 3%, está distribuído entre o estado de Goiás e o Distrito Federal, respectivamente (**Figura 2**). A nascente do rio Paracatu está localizada no povoado de Almas, município de Lagamar. O rio Paracatu possui 485 km de extensão, desaguando no rio São Francisco, na localidade de Cachoeira da Manteiga, município de São Romão.

A bacia do rio Paracatu caracteriza-se por uma intensa utilização de suas terras, principalmente pela agricultura irrigada, pecuária e exploração minerária. O desmatamento é generalizado e é consequência da implantação de áreas de pastagem e cultivo.

Segundo o “Diagnóstico do monitoramento físico-químico e bacteriológico da bacia do rio Paracatu”, apresentado no Plano diretor de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Paracatu (2006), os corpos de água avaliados na bacia, historicamente¹, apresentam bons

¹ Os dados de qualidade de água utilizados neste trabalho são provenientes do monitoramento realizado pelo IGAM no período de 1997 a 2004.

índices de qualidade. Entretanto, alguns parâmetros apresentam desconformidades para a classe 2 como pode ser observado na **Tabela 1**.

Figura 2: Mapa de localização da Bacia do Rio Paracatu e suas bacias de contribuição.

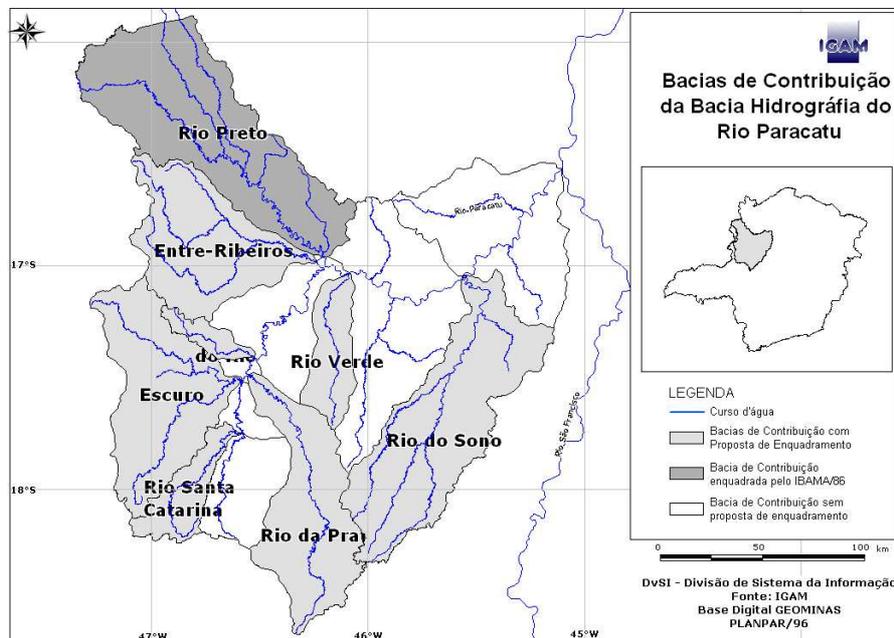


Tabela 1: Parâmetros que apresentam desconformidades para a classe 2.

Ponto	Trecho	Classe de Qualidade	Parâmetros Desconformes
PT001	Rio da Prata a jusante da Cidade de João Pinheiro	2	Turbidez, cor, fosfato total, coliforme fecais, coliforme totais e manganês.
PT003	Rio Paracatu a montante da foz do Rio da Prata	2	Cor, fosfato total, amônia NI, ferro solúvel e manganês.
PT005	Córrego Rico a jusante da cidade de Paracatu	2	Fosfato total, índices de fenóis, coliformes totais e coliformes fecais.
PT007	Rio Preto a jusante da cidade de Unai	2	Turbidez, cor, fosfato total, índice de fenóis, Coliformes fecais, coliformes totais e manganês.
PT009	Rio Paracatu a jusante de Brasilândia de Minas	2	Cor, fosfato total, índices de fenóis e manganês.
PT011	Rio do Sono próximo da sua foz no Rio Paracatu	2	Turbidez, cor, fosfato total, índices de fenóis, coliformes fecais, coliformes totais e manganês.
PT013	Rio Paracatu próximo de sua foz no Rio São Francisco	2	Turbidez, cor, fosfato total, índices de fenóis, cobre e manganês.

A desconformidade desses parâmetros está associada às intervenções antrópicas na bacia, que são responsáveis por gerarem resíduos, contaminando o sistema solo-água. A contaminação dos corpos de água na bacia ocorre, principalmente, devido à poluição difusa, carreada pelo escoamento superficial até os corpos de água. O desmatamento, as monoculturas de eucalipto, a pecuária extensiva, as minerações, a agricultura (irrigada e de sequeiro), o uso de fertilizantes e pesticidas agrícolas, o lançamento inadequado de resíduos sólidos, de efluentes industriais e domésticos e a falta de técnicas de manejo no uso do solo contribuem significativamente para a degradação dos corpos de água e, conseqüentemente, para a diminuição de sua quantidade e qualidade.

3. Materiais e métodos

O mapeamento do uso e cobertura do solo, uso da água e elaboração da proposta de enquadramentos dos corpos de água da bacia hidrográfica do rio Paracatu foi realizado a partir de técnicas de geoprocessamento, centrado, principalmente, nos usos do Sensoriamento Remoto e Sistema de Informações Geográficas (SIG).

3.1. Dados

A aquisição dos dados utilizados para o mapeamento do “uso e cobertura do solo” apoiou-se em duas fontes de informações: dados primários (relacionadas à aquisição de informações em campo) e secundários (provenientes de mapeamentos já realizados). Desta forma, utilizou-se as seguintes informações: imagens de satélite CBERS do mês de outubro de 2004, correspondente à área de interesse; mapa de uso e cobertura do solo da bacia hidrográfica do Paracatu – 1996; Atlas Digital da Flora Nativa e Reflorestamento de Minas Gerais – Inventário Florestal de Minas Gerais – IEF/UFLA – 2005; pontos de controle levantados em campo – 2005; limites das áreas de reflorestamento da White Martins e mapas do IBGE na escala de 1:100.000.

Para a confecção do mapa de “uso da água” foi realizado com base em informações secundárias obtidas nos órgãos do Sistema Estadual de Meio Ambiente (SISEMA), ou seja, Instituto Estadual de Florestas (IEF), Fundação Estadual de Meio Ambiente (FEAM) e Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM). Desta forma, foram utilizadas as seguintes informações: outorgas de uso da água; empreendimentos licenciados pela FEAM; empreendimentos licenciados pelo IEF; localização das unidades de conservação da bacia e localização das veredas.

A elaboração da proposta de enquadramento foi feita a partir das informações geradas nos mapas anteriores e da análise de Qualidade da água medida através de parâmetros físicos, químicos e biológicos.

3.2. Elaboração do mapa de uso e cobertura do solo

Para o Processamento Digital de Imagens (PDI) houve a correção geométrica, que consiste na reorganização dos pixels da imagem em relação a um sistema de projeção cartográfica. Esse procedimento é realizado a partir da identificação de pontos de controle conhecidos nos mapas topográficos e que são facilmente identificados na imagem de satélite. A interferência dos efeitos atmosféricos foi insignificante, não tendo sido necessário, portanto, nenhuma técnica de correção específica. Para a compatibilização das imagens, foi realizado o ajustamento do histograma, a fim de realizar a normalização radiométrica, possibilitando assim, a união das mesmas em um mosaico.

Para a construção do mosaico, foi avaliada a forma mais adequada de disposição entre as imagens, com o objetivo de obter a melhor configuração entre as mesmas. Procurou-se eliminar, sempre que possível, as regiões com problemas na área de sobreposição, possibilitando, dessa forma, uma imagem final de melhor qualidade. O recorte da área de interesse foi realizado com base no limite da bacia hidrográfica do rio Paracatu.

A chave de classificação é proveniente da adaptação do “sistema de classificação” proposto por Anderson *et al.* (1976) e do “sistema de classificação de uso atual da terra” de Sokolonski (1999). Consiste em dois níveis de detalhamento (I e II), cuja interpretação abrange categorias do uso e cobertura do solo, sendo elas: cerrado, mata, reflorestamento, campo, pastagem, agricultura irrigada, mineração, cerrado com solo exposto e área urbana.

O método supervisionado de classificação da imagem utilizado para a determinação das classes de uso e cobertura do solo foi o de máxima verossimilhança. A delimitação das áreas de teste e treinamento baseou-se em informações de dados secundários provenientes, sobretudo, do mapa de uso e cobertura do solo do Plano Diretor de Recursos Hídricos da bacia hidrográfica do rio Paracatu de 1996.

Como o objetivo de aprimorar e atualizar a classificação da imagem, foi realizado, em agosto de 2005, um trabalho de campo na área de interesse, com o intuito de coletar pontos de controle. Procurou-se abranger uma área significativa da bacia e informações de todas as classes mapeadas.

3.3. Elaboração do mapa de uso da água e da proposta de enquadramento

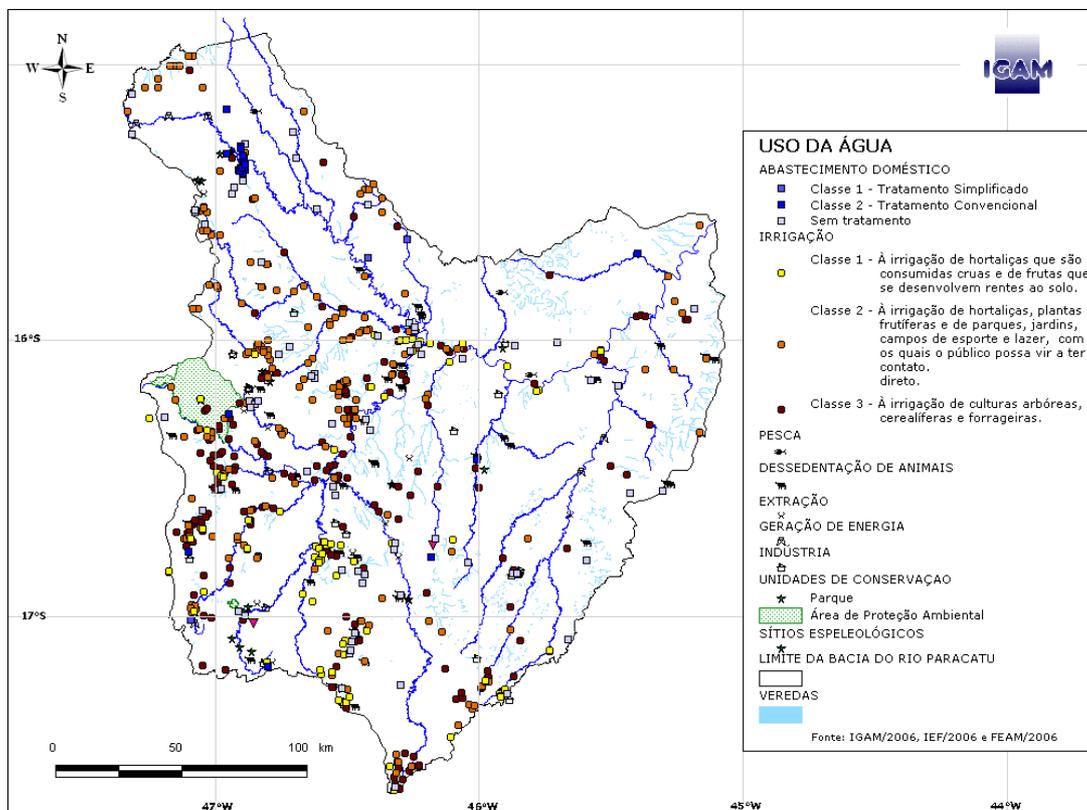
Para a elaboração do mapa de uso da água, foi realizado o levantamento dos usos múltiplos estabelecidos na bacia hidrográfica do Paracatu e a sistematização dos dados obtidos nos três órgãos dos SISEMA, conforme determinado na classificação da Resolução CONAMA n.º 357/2005. Assim, as áreas de irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem rentes ao solo foram classificadas como “classe 1”. As destinadas 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 foram classificadas como “classe 2”. Aquelas destinadas à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras foram definidas como “classe 3”. As áreas de captação para consumo humano, de acordo como o tratamento utilizado, ou seja, com desinfecção, simplificado, convencional e avançado, foram classificados, respectivamente em “especial”, “classe 1”, “classe 2” e “classe 3”. Essas informações sobrepostas formaram um banco de dados, que juntamente como o mapa de uso e cobertura do solo e os dados obtidos nas oficinas de enquadramento², subsidiaram a elaboração da proposta de enquadramento.

4. Resultados e discussões

O uso de técnicas de geoprocessamento foi fundamental para a sistematização e sobreposição de informações relativas ao uso da água na bacia hidrográfica do rio Paracatu. A incorporação destas técnicas possibilitou sistematizar o grande volume de informações, previstos na Resolução CNRH n.º12/2000 para o enquadramento, em um único banco de dados. A dificuldade de manipulação destes dados em formato analógico, enfrentada em enquadramentos anteriores, foi superada, possibilitando avançar nas análises feitas e otimizando o tempo gasto neste processo. O mapa de uso da água (**Figura 3**), permitiu avaliar e representar *onde, como e para quê* é utilizada esta água. Permitiu verificar também onde estão as áreas de conflito no uso da água, como é o caso, das sub-bacias do Rio Preto, Entre-Ribeiros, Escuro e Prata, excessivamente, utilizadas pela agricultura irrigada.

² Reuniões públicas para discussão da proposta de enquadramento realizadas nas cidades de Lagamar, Paracatu e João Pinheiro.

Figura 3: Mapa de uso da água da bacia hidrográfica do Paracatu.



O mapa de “uso e cobertura do solo” (**Figura 4**) permitiu identificar, mapear e quantificar as seguintes classes encontradas na bacia: cerrado, mata, reflorestamento, campo, pastagem, agricultura irrigada, mineração, cerrado com solo exposto e área urbana. Com base nestes dados, foi possível identificar as áreas potenciais de disponibilização de poluição, tanto difusa, quanto pontual.

A proposta de enquadramento dos corpos de água da bacia hidrográfica do rio Paracatu está apresentada na **Figura 5**. Os usos múltiplos distribuídos em toda a bacia hidrográfica do rio Paracatu (agricultura, irrigada e de sequeiro, a pecuária extensiva e a mineração), mas principalmente em áreas de nascentes, são determinantes para o elevado grau de degradação da região. As áreas de nascentes, como a do rio Paracatu e de rios mais preservados como o Sono e ribeirão dos Órfãos foram classificados, respectivamente, em classe Especial e 1. Entretanto, a maioria dos cursos de água foram classificados em classe 2 devido ao uso preponderante estabelecido em toda a bacia.

A implementação da proposta de enquadramento dos corpos de água é um esforço importante que garante a manutenção e melhoria da qualidade ambiental da bacia do rio Paracatu. Todos os empreendimentos que porventura venham a ser autorizados na bacia deverão, obrigatoriamente, respeitar a classe de enquadramento do rio. Dessa forma, há um controle, por parte dos órgãos ambientais, do limite de lançamento de efluentes no curso de água.

Figura 4: Mapa de uso e cobertura do solo da bacia hidrográfica do Paracatu.

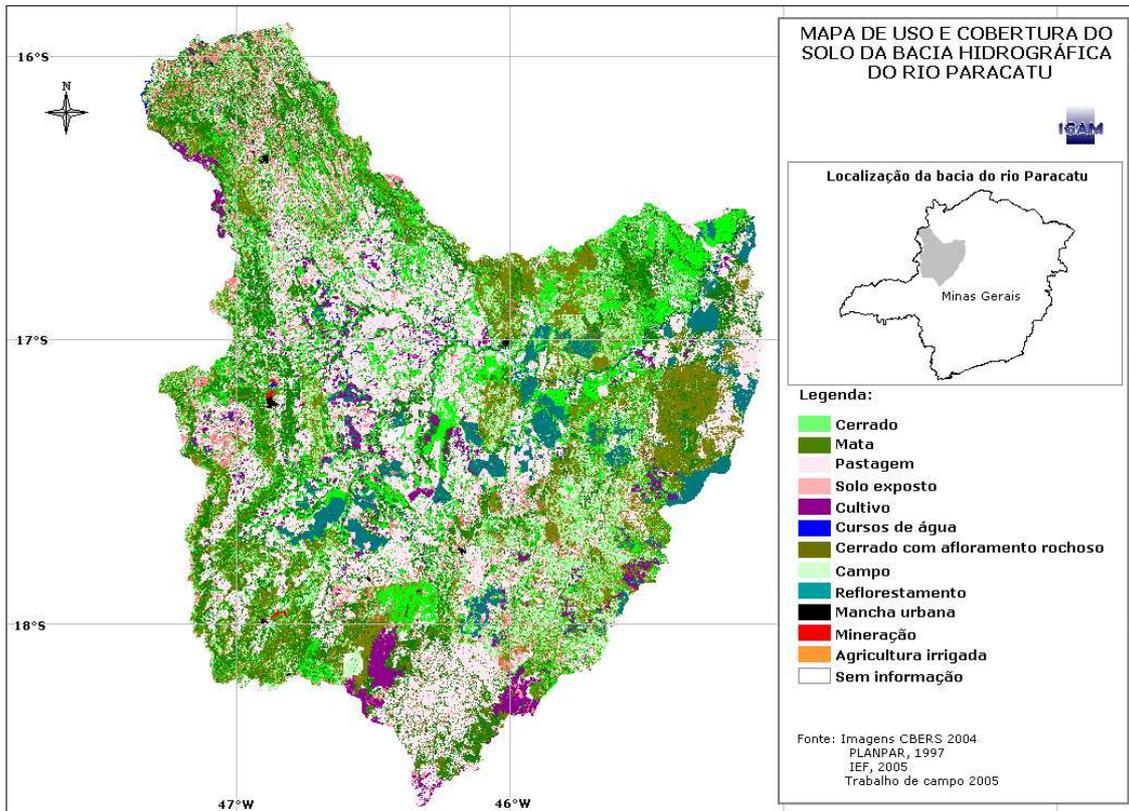
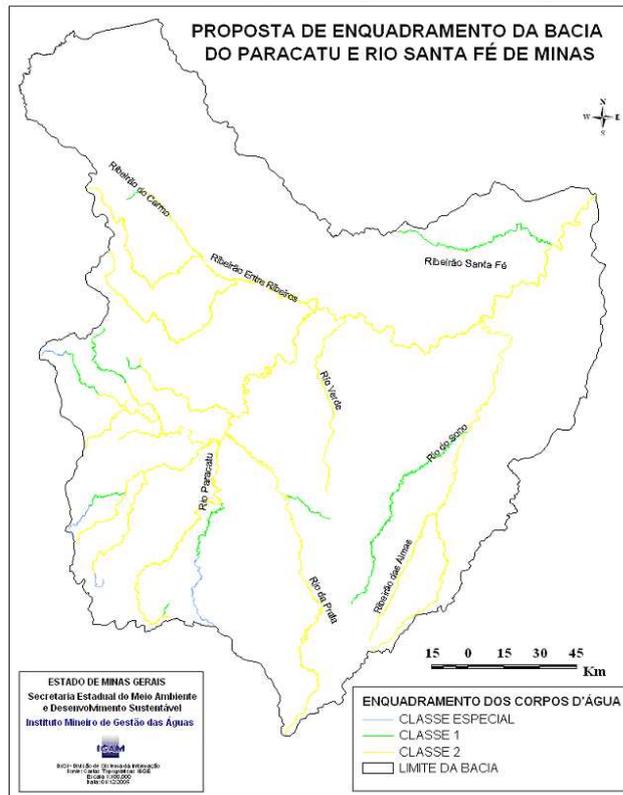


Figura 5: Enquadramento dos corpos de água bacia hidrográfica do Paracatu.



5. Considerações finais

A proposta de enquadramento apresentada foi de extrema importância para a bacia, pois, a partir dela, foi possível definir as ações necessárias para melhorar a qualidade ambiental da bacia, indicar áreas sujeitas à restrição de usos e ampliar a rede de monitoramento, que passou de sete estações para vinte e seis. Além disso, a proposta servirá de apoio para o comitê da bacia hidrográfica do rio Paracatu nas suas tomadas de decisão e também de alerta a população, que passará a ter conhecimento sobre as condições ambientais da bacia.

Conforme prevista na Lei nº 13.199/99, compete aos comitês de bacia hidrográficas, com apoio de audiências públicas, deliberar sobre proposta para o enquadramento dos corpos de água. Segundo estabelecido na Resolução CNRH nº 12/2000, a proposta de enquadramento deve ser amplamente discutida, observando-se os seus benefícios socioeconômicos e ambientais, o plano de medidas e de intervenções a se implantar e os custos e prazos decorrentes. Observando estas considerações, a proposta de enquadramento foi divulgada e avaliada em audiências públicas, realizadas de 28 a 31 de março de 2006, nos municípios de Vazante, Unaí, Paracatu e João Pinheiro. Em reunião do CBH-Paracatu, realizada em 28 de abril de 2006, a proposta de enquadramento foi aprovada por meio da Deliberação Normativa CBH-Paracatu nº 02.

Ressalte-se que este trabalho propiciou a elaboração da Minuta de Deliberação Normativa conjunta do Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH-MG) e Conselho de Política Ambiental (COPAM), que estabelece as diretrizes gerais para o enquadramento dos corpos de água, conforme Art 23 do Decreto nº 41.578 de 2001. Dessa forma, o enquadramento realizado servirá como modelo a ser adotado em todas as bacias hidrográficas do Estado de Minas Gerais. A avaliação final desta proposta será submetida ao Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH) e COPAM, e caso seja aprovada, o enquadramento dos corpos de água da bacia hidrográfica do rio Paracatu será estabelecido por meio de Deliberação Normativa Conjunta CERH/COPAM. Portanto, o enquadramento torna-se uma norma legal a ser cumprida por todos os usuários de águas, visando a proteção e recuperação das águas da bacia.

6- Referências bibliográficas

- Congalton, R.G.A., Review of assessing the accuracy of classifications of remotely data, **Remote sensing of the Environment**, 37:35-46, 1991.
- IGAM, **Plano diretor de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Paracatu**, 384 p, 2006.
- IEF, **Inventário Florestal de Minas Gerais: mapeamento da flora nativa e reflorestamentos de Minas Gerais**, 2005.
- Lei nº 13.199, de 29 de janeiro de 1999.
- Marciel Jr, P. Legislação – principais conceitos, **Zoneamento das águas**, Belo Horizonte, Minas Gerais, 112 p, 2000.
- PLANPAR, **Plano diretor de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Paracatu**, MMA/SRH/SEAPA/RURALMINAS/SEMAD/IGAM/AS/SEMATEC, 1996.
- Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005.
- Resolução CNRH 12, de 19 de julho de 2000.