

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS

***ASPECTOS METODOLÓGICOS DO PROCESSO DE ENQUADRAMENTO DOS
CORPOS DE ÁGUA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRACICABA***

Ana Luiza Cunha

BELO HORIZONTE

2013

Ana Luiza Cunha

***ASPECTOS METODOLÓGICOS DO PROCESSO DE ENQUADRAMENTO DOS
CORPOS DE ÁGUA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRACICABA***

Monografia apresentada ao Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial à obtenção do título de especialista em Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Orientador: Alberto Simon Schwartzman

Co-Orientadora: Célia Maria Brandão Fróes

BELO HORIZONTE

2013

Monografia aprovada em 15/03/2013 para obtenção do título de Especialista em Gerenciamento Municipal de Recursos Hídricos.

Banca Examinadora:

Orientador

Alberto Simon Schwartzman

Professora Convidada

Paulina Maia Barbosa

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, à minha irmã e ao Tiaguin por estarem sempre comigo me inspirando para novas conquistas.

Agradeço a LUME Estratégia Ambiental por viabilizar a participação neste curso e por ter contribuído significativamente com as informações que deram origem a esta monografia.

Agradeço ao Paulo Maciel Junior, inspirador dos trabalhos na área de recursos hídricos e principal incentivador para a realização deste curso.

Agradeço ao meu orientador Alberto Simon Schvartzman e à minha co-orientadora Célia Maria Brandão Fróes, por acreditarem no meu trabalho e contribuírem com a experiência nos aspectos da gestão de recursos hídricos.

Agradeço a todos os professores do Curso de Especialização em Gerenciamento de Recursos Hídricos por tudo que aprendi, em especial à Luiza Camargos e Paulina Barbosa pelas contribuições para este trabalho.

Agradeço a todos os colegas de especialização, que caminharam junto comigo e me propiciaram momentos de alegria e aprendizado.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	2
2.1 OBJETIVO GERAL	2
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
3. METODOLOGIA.....	3
4. RESULTADOS.....	4
4.1 INSTRUMENTOS DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS.....	4
4.2 O ENQUADRAMENTO DOS CORPOS DE ÁGUA.....	7
4.3 A BACIA DO RIO PIRACICABA	10
4.4 O ENQUADRAMENTO DA BACIA DO RIO PIRACICABA.....	17
5. DISCUSSÃO	29
6. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES	30
6.1 CONCLUSÕES DA PESQUISA	30
6.2 RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS	31
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	33

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Instrumentos de Gestão dos Recursos Hídricos	6
Figura 2– Delimitação da UPGRH DO2	11
Figura 3– Biomas da bacia do rio Doce	12
Figura 4 - Objetivos de Qualidade – Bacia do Rio Piracicaba – 1996	20
Figura 5 - Distribuição dos trechos a serem propostos para inclusão e alteração de classe na Deliberação Normativa COPAM N° 09/1994.....	28

LISTA DE QUADROS

Quadro 1– Relação de unidades de conservação da UPGRH DO2.....	13
Quadro 2 – Usos das águas doces por classe de qualidade.....	21
Quadro 3 – Propostas de Alterações no Enquadramento das Águas Superficiais da Bacia do Rio Piracicaba.....	25

LISTA DE SIGLAS

ANA - Agência Nacional de Águas

CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente

COPAM - Conselho Estadual de Política Ambiental

CTIG - Câmara Técnica de Instrumentos de Gestão

EMATER - Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais

FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICE – Índice de Conformidade com o Enquadramento

IEF - Instituto Estadual de Florestas

IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas

IQA – Índice de Qualidade de Água

PARH DO2- Plano de Ação de Recursos Hídricos da Unidade de Planejamento e Gestão DO2

PERD - Parque Estadual do Rio Doce

PIRH Doce - Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Doce

UC - Unidades de Conservação

UPGRH - Unidade de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos

RESUMO

A gestão de recursos hídricos vem sendo aplicada no Brasil, desde o Código das Águas de 1934, porém, somente em 1997 com a promulgação da Lei Federal nº 9.433 os instrumentos de gestão foram instituídos. Foram estabelecidos seis instrumentos de gestão, no qual dois são voltados para o planejamento dos usos das águas, sendo o enquadramento de corpos de água, um destes instrumentos e objeto de estudo desta monografia.

O Enquadramento dos corpos d'água em classes de uso é importante para se estabelecer objetivos de qualidade e garantir aos usuários a qualidade necessária ao atendimento de seus usos.

A escolha pela sistematização do processo de enquadramento das águas superficiais da bacia do rio Piracicaba deve-se a metodologia adotada na década de 90 e na utilizada para a sua atualização, que se baseou na Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos n.º 91, de 05 de novembro de 2008, legislação mais atual que estabelece os procedimentos de enquadramento. A construção do trabalho pautou-se em análise de diversas fontes bibliográficas, dentre elas, de documentos institucionais da Agência Nacional de Águas (ANA) e do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), visando sempre identificar aspectos que pudessem contribuir de algum modo para o aperfeiçoamento do modelo adotado.

ABSTRACT

The management of water resources has been applied in Brazil, since the Water Code of 1934, however, only in 1997 with the enactment of the Federal Law No. 9,433 the management tools were introduced. We established six instruments of management, in which two are meant for planning the uses of the waters, being the framework of water bodies, one of these instruments and the study discussed in this monograph.

Water Quality Objectives/Standards is important to establish quality objectives and ensure users the necessary quality of service to its uses.

The choice for systematizing the process of Water Quality Objectives/Standards from Piracicaba's basin river due to the methodology adopted in the 90s and for its update, which was based on the resolution of the National Water Resources n. ° 91 of 5 November 2008, current legislation procedures for establishing the Water Quality Objectives/Standards. This analysing work was based on various literature sources, among them institutional documents of the National Water Agency (ANA) and the Mining Institute of Water Management (IGAM), always seeking to identify aspects that could contribute in some way for the improvement of their models.

1. INTRODUÇÃO

A gestão integrada e participativa dos recursos hídricos é um dos temas mais importantes e desafiadores da atualidade, recorrente nas agendas de diversos países e foco das políticas ambientais em nível global. O processo de valorização e modernização da gestão da água permitiu e exigiu um maior envolvimento e participação da sociedade, o que levou a uma maior conscientização social e aos princípios de gestão descentralizada e participativa (Muñoz, 2000). Contudo, a implementação dos princípios de gestão integrada, participativa e descentralizada apresenta-se como desafio constante aos atuais sistemas de gerenciamento de recursos hídricos e sua operacionalização é um desafio científico, político e institucional ainda não solucionado (Magalhães Jr., 2007).

A Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei 9.433/1997) e a Política Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais (Lei 13.199/1999) propugnam que os Comitês de Bacias Hidrográficas são entes do Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos responsáveis por aprovar o Plano de Recursos Hídricos das bacias hidrográficas e deliberar sobre proposta para o enquadramento dos corpos de água em classes de usos preponderantes, com o apoio de audiências públicas, assegurando o uso prioritário para o abastecimento público (Lei 13.199/1999). Os comitês de bacia devem se envolver diretamente na condução dos processos de elaboração e implementação dos instrumentos de gestão a fim de garantir a efetividade e cumprimento dos acordos produzidos ao longo dos processos de elaboração dos instrumentos.

Em alguns estados há a necessidade da atualização do enquadramento de bacias, devido à mudança da Legislação Ambiental e a evolução das leis de Recursos Hídricos, como é o caso da bacia do rio Piracicaba, que teve seu enquadramento proposto em 1994 e sua atualização proposta em 2010.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Apresentação dos aspectos metodológicos e dos fatores intervenientes para a elaboração do enquadramento de corpos de água superficiais da Bacia do rio Piracicaba - MG.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- apresentar os instrumentos de gestão de recursos hídricos, a fim de estabelecer as interrelações entre os instrumentos com o enquadramento de corpos de águas superficiais;
- apresentar os principais pontos a serem considerados no processo de enquadramento a partir da Resolução Nº 91, de 5 de novembro de 2008, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH;
- apresentar a atualização do enquadramento da Bacia do Rio Piracicaba, identificando os fatores intervenientes da proposta.

3. METODOLOGIA

As informações utilizadas nesse estudo foram obtidas por meio de pesquisas bibliográficas junto à legislação brasileira de Recursos Hídricos, estudos desenvolvidos pela Fundação Estadual de Meio Ambiente (FEAM) para a o enquadramento da bacia do rio Piracicaba em 1993 e estudos desenvolvidos pelo IGAM para a atualização do enquadramento em 2008.

Com base nessas informações, foi realizada a apresentação do enquadramento proposto em 1994 e sua atualização em 2008, identificando as principais modificações metodológicas no processo de enquadramento no decorrer dos anos.

4. RESULTADOS

4.1 INSTRUMENTOS DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

A Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Os fundamentos da Política Nacional de Recursos Hídricos são que a água é um bem de domínio público e um recurso natural limitado, dotado de valor econômico que em situações de escassez, o uso prioritário é o consumo humano e a dessedentação de animais.

A gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas tendo como unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos a bacia hidrográfica. A gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

Os principais objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos são: (i) assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos; (ii) a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável; e (iii) a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais.

A Lei Federal nº 9.433/97 em seu art. 5º determina que:

"são instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos:

I - os Planos de Recursos Hídricos;

II - o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes;

III - a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos;

IV - a cobrança pelo uso dos recursos hídricos;

V - a compensação a municípios;

VI - o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos. "

O primeiro instrumento de gestão é o Plano de Recursos Hídricos chamado de Plano Diretor de Recursos Hídricos, elaborado por bacia (ou conjunto de bacias) hidrográfica, e que se consolida no Plano Nacional de Recursos Hídricos. O conceito de Plano de Recursos Hídricos como instrumento de gestão revela que o mesmo não se constitui apenas em um produto final consolidado, mas em uma ferramenta de trabalho das Agências, dos Comitês de Bacias, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, enfim do Sistema Nacional de Recursos Hídricos. O Plano deve ser dinâmico, permitindo inserir as mudanças e ajustes

necessários, de acordo com a evolução do setor de recursos hídricos em nível de bacias e Brasil.

O Enquadramento dos corpos d'água em classes de uso é importante para se estabelecer objetivos de qualidade e garantir aos usuários a qualidade necessária ao atendimento de seus usos. O processo de Enquadramento baseia-se em três fases: o Enquadramento, a Avaliação da Condição e a Efetivação do Enquadramento. Trata-se de um instrumento para subsidiar tanto a gestão de recursos hídricos como a gestão ambiental (MACIEL, 2000).

A Outorga de Direito de Uso dos Recursos Hídricos é a autorização, ou concessão, para que o usuário possa captar, usar e lançar as águas servidas nos cursos d'água. Através deste instrumento, o Sistema de Gestão poderá fazer o controle para o uso racional dos recursos hídricos, garantir a disponibilidade aos usuários outorgados e subsidiar a cobrança pelo uso dos recursos hídricos(MACIEL, 2000).

A Cobrança pelo uso da água é o instrumento que possibilitará financiar as ações dos Planos de Recursos Hídricos, assim como operacionalizar as Agências de Água. A Cobrança é essencial para dar equilíbrio entre a oferta e a demanda de água, evitando desperdícios "dando ao usuário uma indicação de seu real valor" (art.19 - inciso I, da Lei nº 9.433/97).

A Compensação aos municípios acabou tendo seu artigo vetado.

O Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos, "é um sistema de coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de informações sobre os recursos hídricos e fatores intervenientes em sua gestão" (art. 25 da Lei 9.433/97). Este sistema permitirá que o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos tenha as informações necessárias para a gestão e que os dados estejam disponíveis para os usuários.

A Figura 1 apresenta os instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos definidos pela Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997.



Figura 1 – Instrumentos de Gestão dos Recursos Hídricos

No Estado de Minas Gerais foi aprovada em 29 de janeiro de 1999, a Lei Estadual nº 13.199 que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e dá outras providências. A Política Estadual de Recursos Hídricos especifica dentre seus fundamentos o direito de acesso de todos aos recursos hídricos, com prioridade para o abastecimento público e a manutenção dos ecossistemas, o gerenciamento integrado dos recursos hídricos com vistas ao uso múltiplo, o reconhecimento dos recursos hídricos como bem natural de valor ecológico, social e econômico, cuja utilização deve ser orientada pelos princípios do desenvolvimento sustentável (MINAS GERAIS, 1999).

A Lei preconiza também a adoção da bacia hidrográfica como unidade físico-territorial de planejamento e gerenciamento; a compensação ao município afetado por inundação resultante da implantação de reservatório ou por restrição decorrente de lei ou outorga relacionada com os recursos hídricos; a descentralização da gestão dos recursos hídricos e a participação do poder público, dos usuários e das comunidades na gestão dos recursos hídricos (MINAS GERAIS, 1999).

Os usos da água são condicionados pela sua qualidade. As águas com maior qualidade possibilitam a existência de usos mais exigentes, enquanto águas com pior qualidade permitem apenas os usos menos exigentes.

No Art. 9º da referida Lei os instrumentos da Política Estadual de Recursos Hídricos definidos são:

I - o Plano Estadual de Recursos Hídricos;
II - os Planos Diretores de Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas;
III - o Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos;
IV - o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo seus usos preponderantes;
V - a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos;
VI - a cobrança pelo uso de recursos hídricos;
VII - a compensação a municípios pela exploração e restrição de uso de recursos hídricos;
VIII - o rateio de custos das obras de uso múltiplo, de interesse comum ou coletivo;
IX - as penalidades”.

4.20 ENQUADRAMENTO DOS CORPOS DE ÁGUA

Em âmbito federal, a classificação das águas interiores segundo seus usos preponderantes foi instituída por meio da Portaria GM 013 do Ministério do Interior, de 15 de janeiro de 1976. Posteriormente, em decorrência da execução da Política Nacional do Meio Ambiente, a citada Portaria foi aperfeiçoada, sendo substituída pela Resolução nº 20 de 18 de junho de 1986, do Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA relativa à classificação das águas doces, salobras e salinas no Território Nacional (IGAM, 2010).

No contexto do Estado de Minas Gerais, o enquadramento foi inserido pela Deliberação Normativa nº 10, de 16 de dezembro de 1986, do Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM que define normas e padrões para qualidade das águas e lançamento de efluentes nas coleções de águas. Tendo como referência legal a Deliberação Normativa COPAM nº 10/86, foi publicada em 19 de abril de 1994 a Deliberação Normativa COPAM nº 09, que dispõe sobre o enquadramento da bacia do rio Piracicaba. Os trabalhos técnicos foram conduzidos pela Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM, por solicitação do Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM.

O Enquadramento dos corpos de água é o único instrumento de gestão de recursos hídricos que compatibiliza a Política de Meio Ambiente com a Política de Recursos Hídricos, o que contribuiu para a aprovação da Resolução CONAMA nº 357, em 17 de março de 2005, que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para enquadramento dos corpos de águas superficiais, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Nesse processo, no Estado de Minas Gerais, foi publicada a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº1, em 05 de maio de 2008.

Os conceitos introduzidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 reforçaram a necessidade de atualização das diretrizes para enquadramento das águas. Dessa

forma, foi aprovada a Resolução CNRH nº 91, de 5 de novembro de 2008, que fixa procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos. Esta resolução estabelece no Artigo 14 que os corpos de água já enquadrados com base na legislação anterior à publicação desta Resolução deverão ser objeto de adequação aos procedimentos adotados. O enquadramento visa assegurar qualidade de água compatível com os usos mais exigentes e diminuir os custos de combate à poluição da água, mediante ações preventivas permanentes. Deve estar baseado não necessariamente na condição de qualidade atual das águas, mas nos níveis que essas deveriam possuir para atender às necessidades da comunidade (IGAM, 2010).

Assim sendo, o enquadramento representa uma visão prospectiva da bacia, permitindo traçar planos de ação escalonados, desde diretrizes e orientações de cunho amplo até ações específicas localizadas. Ademais, é uma valiosa ferramenta de planejamento que permite articular os aspectos de quantidade e qualidade dos recursos hídricos, pois ao se definir o uso prioritário da água, naturalmente estão sendo estabelecidas as respectivas condições e padrões de qualidade que darão sustentação a esse uso (IGAM, 2010).

Conforme ANA (2009) o enquadramento das águas doces superficiais deve considerar três aspectos, quais sejam: o rio que temos, o rio que queremos e o rio que podemos. A condição de qualidade atual das águas define os usos possíveis de um corpo hídrico e reproduz “o rio que temos”. A expectativa dos usuários expressa “o rio que queremos”, representando uma visão de futuro dos usos das águas que, em geral, não considera questões técnicas e de custos. O contexto real, que incorpora as limitações tecnológicas e financeiras, bem como as influências políticas e sociais, desdobra-se na expressão “o rio que podemos”. Dessa forma, especifica que:

“... o processo de enquadramento deve considerar todos esses aspectos para que sejam estabelecidas metas de qualidade das águas factíveis de serem alcançadas no horizonte de planejamento estabelecido.”

Há uma clara interação do enquadramento com os demais instrumentos da Política de Recursos Hídricos, no âmbito Federal e Estadual, majoritariamente com o plano de recursos hídricos, outorga dos direitos de uso de recursos hídricos e cobrança pelo uso de recursos hídricos. No que se refere à vinculação com o plano de recursos hídricos, o enquadramento é mencionado por ANA (2005), como:

“um processo que envolve um extenso diagnóstico da bacia para determinar os usos atuais e futuros associados à vocação e as características sócio-econômico-culturais da região, além de estudos hidrológicos envolvendo a quantidade e a qualidade da água. Portanto,

é essencial que as propostas de enquadramento, quando possível, estejam incluídas na elaboração de todos os Planos de Bacia”.

Segundo Rodrigues (2005), na gestão adequada dos processos de outorga e cobrança pelos usos da água, que indiscutivelmente deve focalizar a quantidade e a qualidade, é necessário considerar de forma articulada o enquadramento em classes de uso, o regime de vazão e a capacidade de autodepuração do corpo hídrico. A autora observa ainda que:

“A decisão do enquadramento do corpo hídrico em sua respectiva classe de uso também deve ser tomada com base nas vazões que serão disponibilizadas naquele corpo hídrico para outorga, nos custos unitários de captação e lançamento, assim como nos valores cobrados dos usuários e o conseqüente montante arrecadado.”

Do mesmo modo é relevante enfatizar a ligação do enquadramento com o licenciamento ambiental. Conforme destaca Costa (2008), nos processos de licenciamento ambiental integrado, que incluem a solicitação de outorga, devem ser avaliados paralelamente os padrões de lançamento de efluentes e do corpo receptor com base nas classes de enquadramento, tendo como orientação as respectivas metas progressivas.

O autor ressalta que os órgãos ambientais deverão definir a carga poluidora máxima para o lançamento, de forma que as metas progressivas definidas no enquadramento do corpo hídrico não fiquem comprometidas. Considera que para o alcance do enquadramento, é necessário um planejamento eficaz, pautado na definição de metas realizáveis, na correta priorização de ações e na otimização de investimentos. À tradicional abordagem do licenciamento ambiental focada exclusivamente no comando e controle, ou seja, verificação do atendimento ao padrão de lançamento e aplicação de penalidade e multa, deve-se incorporar os instrumentos da Política de Recursos Hídricos, especialmente o enquadramento, outorga e cobrança.

Essa visão contemporânea está explicitada na Lei Nº n° 11.445, de 5 de janeiro de 2007, relativa às diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico, que dentre seus princípios fundamentais especifica a utilização de tecnologias apropriadas, considerando a capacidade de pagamento dos usuários e a adoção de soluções graduais e progressivas, e a integração das infra-estruturas e serviços com a gestão eficiente dos recursos hídricos.

Adicionalmente, no Parágrafo 2º do Artigo 44 da citada Lei, referente aos aspectos técnicos, é mencionado o tema enquadramento:

“A autoridade ambiental competente estabelecerá metas progressivas para que a qualidade dos efluentes de unidades de tratamento de esgotos sanitários atenda aos padrões das classes dos corpos hídricos em que forem lançados, a partir dos níveis presentes de tratamento e considerando a capacidade de pagamento das populações e usuários envolvidos.”.

Num enfoque mais amplo verifica-se uma forte interconexão entre o enquadramento e o uso e a ocupação do solo, implicando automaticamente em interface com o zoneamento ecológico econômico, planos diretores municipais, planos de saneamento básico, planos de desenvolvimento e planos setoriais.

Maciel Jr. (2000) ressalta a importância do enquadramento ao correspondê-lo ao zoneamento ambiental, instrumento da Política de Meio Ambiente. Considera que ao dividir os corpos hídricos em trechos de usos preponderantes das águas e assim em classes de qualidade, é efetuada uma ordenação de unidades ambientais e são definidas diretrizes de atuação, processo que equivale a um zoneamento das águas.

4.3A BACIA DO RIO PIRACICABA

De acordo com IGAM (2010), a Unidade de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos (UPGRH) DO2 é composta pela bacia do rio Piracicaba e por uma área incremental a jusante da foz deste rio (Figura 2). O rio Piracicaba é afluente da margem esquerda do rio Doce e estende-se por cerca de 241 km. A sua bacia hidrográfica ocupa uma área de 5.465,38 km². A pequena área incremental a jusante da confluência do rio Piracicaba com o rio Doce, incluindo um trecho deste, tem uma superfície de 216,13 km², sendo o principal curso d'água o ribeirão Ipanema.

Os municípios da bacia pertencem às mesorregiões Metropolitana de Belo Horizonte e Vale do Rio Doce e, com maior relevância, às microrregiões Itabira e Ipatinga, de acordo com a divisão do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

As principais rodovias federais que dão acesso à UPGRH DO2 são a BR-120, que passa pelo município de Itabira, a BR-262, que passa nos municípios de Barão dos Cocais e Santa Bárbara, a BR-381, que passa pelos municípios de Rio Piracicaba, Bela Vista de Minas, Nova Era, Antônio Dias, Coronel Fabriciano e Ipatinga. Além disso, algumas rodovias estaduais como a MG-326, a MG-434, a MG123, a MG-232 e a MG 458 dão acesso aos municípios da região. A região conta ainda com o aeroporto de Ipatinga, com linhas aéreas regulares.

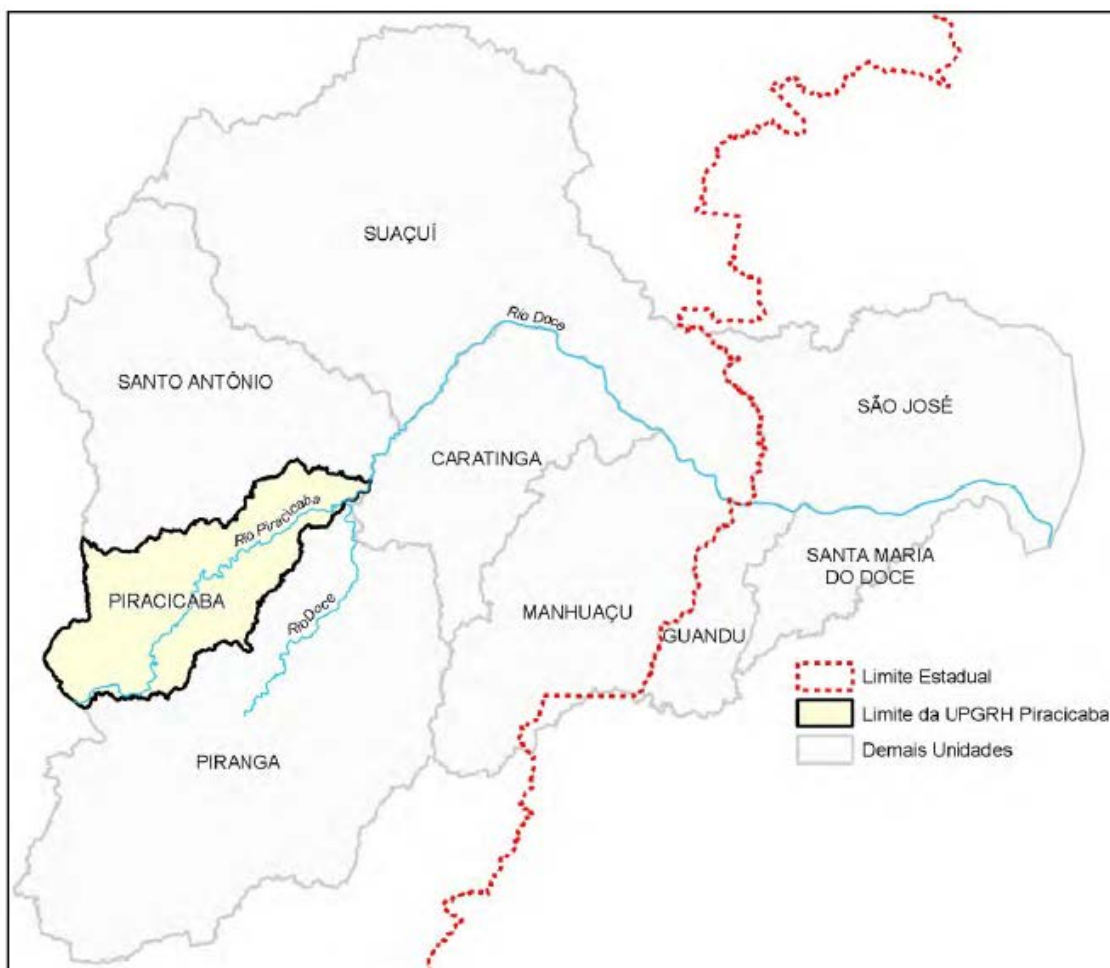


Figura 2– Delimitação da UPGRH DO2

Fonte: IGAM, 2010.

O rio Piracicaba é o principal curso d'água da região. Suas nascentes localizam-se no município de Ouro Preto, a 1.680m de altitude. O rio Piracicaba percorre 241 km até encontrar o rio Doce, na divisa dos municípios de Ipatinga e Timóteo. Ao longo deste percurso, passa por cidades como Rio Piracicaba, Nova Era, Antônio Dias e pela Região Metropolitana do Vale do Aço, formada por Coronel Fabriciano e Ipatinga, na margem esquerda e Timóteo, na margem direita.

Ainda segundo IGAM (2010), a bacia hidrográfica do rio Piracicaba é composta pelas sub-bacias do rio do Peixe e do rio Santa Bárbara, pela margem esquerda, e pela sub-bacia do rio da Prata, pela margem direita. O rio Santa Bárbara tem como afluentes principais os rios Conceição e Una. As cidades de Barão de Cocais, Santa Bárbara e São Gonçalo do Rio Abaixo se localizam às margens do rio Santa Bárbara, e São Domingos do Prata é cortada pelo rio da Prata. Além dos rios mais significativos, ao longo do seu curso o rio Piracicaba recebe a descarga de quase uma centena de córregos e ribeirões, os quais compõem sua rede de drenagem.

A UPGRH DO2 desenvolve-se predominantemente sobre o bioma da Mata Atlântica, o qual representa um dos maiores repositórios de biodiversidade do planeta, e possui ainda parte de sua área sobre o bioma do Cerrado (Figura 3).

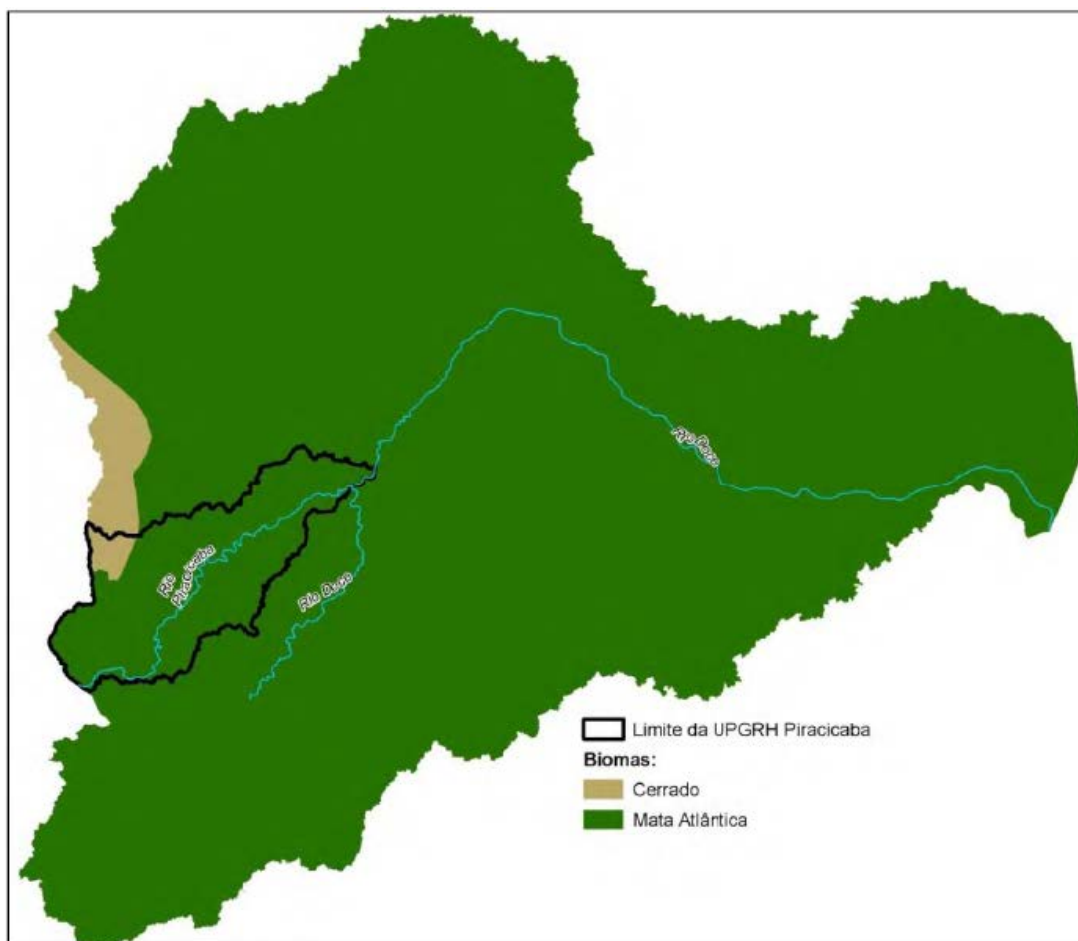


Figura 3– Biomas da bacia do rio Doce

Fonte: IGAM, 2010.

O bioma Mata Atlântica divide-se em duas principais ecorregiões: a floresta Atlântica costeira e a do interior, incluindo as florestas nos diferentes gradientes de altitude (desde o nível do mar até 1.800 m), com conseqüente variação de tipos de solos, de umidade, temperatura e outros fatores cuja combinação resulta em uma diversidade de paisagens com extraordinária diversidade biológica.

O Cerrado é uma unidade ecológica típica da zona tropical, caracterizado por uma vegetação de fisionomia e flora próprias (PINTO, 1994). Dentro do Bioma Cerrado, cerca de 85% do terreno é coberto com a vegetação típica de savana, apresentando vários graus de densidade. O restante é composto por áreas florestadas de fundo de vale, ou por veredas, além de manchas de floresta em terrenos de interflúvio (EITEN, 1994). Considerado como um dos *hotspots* mundiais de biodiversidade, o Cerrado apresenta extrema abundância de espécies endêmicas e sofre uma excepcional perda de habitat (MMA, 2008).

A UPGRH do Piracicaba, que é formada pela bacia do rio homônimo desde suas nascentes no Quadrilátero Ferrífero até sua confluência com o rio Doce, nas proximidades do Parque Estadual do Rio Doce (PERD), destaca-se por abrigar a Região Metropolitana do Vale do Aço, importante pólo da siderurgia em Minas Gerais. Neste contexto, o uso e cobertura do solo estão associados a estas atividades, marcando peculiarmente esta unidade de planejamento.

Na bacia do rio Doce existem atualmente regularizadas e implementadas 19 Unidades de Conservação (UCs) de Proteção Integral, distribuídas nas categorias Parque (dois nacionais, sete estaduais, três municipais), Estação Ecológica (uma estadual e outra municipal), Reserva Biológica (três federais e uma municipal) e um Monumento Natural Federal. Existem também, 74 UC's de Uso Sustentável em toda a bacia do rio Doce. Destas, estão situadas na UPGRH DO2 15 unidades de Uso Sustentável e 03 unidades de Proteção Integral (Quadro 1).

Quadro 1– Relação de unidades de conservação da UPGRH DO2

Tipo	Nome	Legislação	Cidade	Uso
RPPNF	Santuário da Serra do Caraça	Port. IBAMA 32/94-N de 30/03/94	Santa Bárbara / Catas Altas	Uso Sustentável
RPPNF	Itajuru ou Sobrado	Portaria IBAMA nº 109/02 N, de 08/04/02	Santa Bárbara	Uso Sustentável
RPPNF	Comodato Reserva Peti	Portaria IBAMA nº 99/01, de 13/09/01	São Gonçalo do Rio Abaixo	Uso Sustentável
RPPNF	Belgo Mineira	Portaria IBAMA nº 17/93-N, 19/02/93	João Monlevade	Uso Sustentável
RPPNF	Vila Ana Angélica	Portaria nº 140/98 de 02/10/98	Antônio Dias	Uso Sustentável
APAF	Morro da Pedreira	Dec. nº 98.891 de 26/01/90	Itabira / Itambé do Mato Dentro / Jabuticatubas / Morro do Pilar / Nova União / Santana do Riacho / Taquaraçu de Minas	Uso Sustentável
RPPNE	Guilman Amorim	Portaria nº 06/98 - IEF, 22/01/98	Antônio Dias	Uso Sustentável
APAE	APA Sul	Dec.35624 de 08/06/1994 e Dec. 37812 de 08/03/1996	Belo Horizonte/Brumadinho/Caeté/Ibirité/Itabirito/Nova Lima/Raposos/Rio Acima/Santa Bárbara	Uso Sustentável
APEE	Áreas Adjacentes ao PAQE do Rio Doce	Dec. 38155 de 24/07/96	Marliéria / Timóteo	Outros
RBM	Mata do Bispo	Lei nº 3.783, 16/07/03	Itabira	Proteção Integral

Tipo	Nome	Legislação	Cidade	Uso
PAQM	Ribeirão São José	Lei nº 3.465 de 10/12/98	Itabira	Proteção Integral
PAQM	EliciRolla Guerra	Lei nº 219 de 05/10/98	São Domingos do Prata	Proteção Integral
APAM	Jaguaraçu	Lei nº 555, 01/12/98	Jaguaraçu	Uso Sustentável
APAM	Jacroá	Lei nº 761, 28/03/01	Marliéria	Uso Sustentável
APAM	Belém	Lei nº 782 de 20/06/02	Marliéria	Uso Sustentável
APAM	Nova Era	Decreto nº 1012, 13/11/98 e Decreto nº 1016, 04/12	Nova Era	Uso Sustentável
APAM	Hematita	Lei nº 1,325, 20/08/03	Antônio Dias	Uso Sustentável
APAM	Antônio Dias	Lei nº 1.291 de 14/06/02	Antônio Dias	Uso Sustentável
APAM	Ipanema	Lei nº 1.535 de 26/08/97	Ipatinga	Uso Sustentável

APAE – Área de Proteção Ambiental Estadual

APAF - Área de Proteção Ambiental Federal

PAQM – Parque Municipal

RPPNE – Reserva Particular do Patrimônio Natural Estadual

RPPNF – Reserva Particular do Patrimônio Natural Federal

APEE – Área de Proteção Especial Estadual

APAM – Área de Proteção Ambiental Municipal

RBM – Reserva Biológica Municipal

Fonte: IGAM, 2010

A UPGRH DO2 envolve total ou parcialmente 21 municípios mineiros, os quais reúnem cerca de 733.361 habitantes, conforme contagem de população do IBGE para o ano de 2007. Destes 21 municípios, 17 possuem a sede dentro dos limites da UPGRH DO2.

Em termos populacionais, destacam-se os municípios de Ipatinga, com 238.397 habitantes, seguido de Coronel Fabriciano, com 100.805 habitantes, Itabira, com 99.141 habitantes, Timóteo, com 76.058 habitantes e João Monlevade, com 71.658 habitantes.

Destes municípios, três - Coronel Fabriciano, Ipatinga e Timóteo - junto com Santana do Paraíso, formam a “Região Metropolitana do Vale do Aço”, de acordo com a denominação criada pela Lei Complementar número 51/98.

Dos 17 municípios que possuem suas sedes inclusas na UPGRH DO2, 11 estão totalmente inseridos da unidade de planejamento, sendo que 4 deles têm população inferior a 10 mil habitantes e 4 têm população entre 10 mil e 30 mil habitantes. Os 3 maiores municípios da UPGRH possuem, respectivamente, 71.658 habitantes em João Monlevade, 100.805 habitantes em Coronel Fabriciano e 238.397 habitantes em Ipatinga.

Sobre o esgotamento sanitário, a UPGRH DO2 coleta 84,6% do esgoto produzido, tratando apenas 19,4%. Os municípios de Catas Altas, Ipatinga e Itabira tratam 100% do esgoto produzido, e o município de São Domingos do Prata trata 30%.

Treze municípios da unidade apresentam índices de coleta de esgoto superior a 80%, entretanto, no que tange ao tratamento, a grande maioria dos municípios da bacia apresenta índice de tratamento de esgotos inexistente.

O índice médio de cobertura dos serviços de abastecimento de água na UPGRH Piracicaba é de 96,7%, sendo o índice de perdas de faturamento em sistemas de abastecimento na bacia na média de 35,3%. No que tange à adequação ao abastecimento de água, 94,94% dos domicílios possuem canalização em pelo menos um cômodo.

Em relação à destinação dos resíduos sólidos urbanos, a UPGRH Piracicaba produz um volume total de 520,9 ton/dia. Deste total, 400,4 ton/dia tem destinação adequada, o que representa um percentual de 79,9%.

Para a caracterização da qualidade de água na UPGRH DO2, foram utilizados dados coletados no período de julho de 1997 a janeiro de 2008, a partir de 8 estações de monitoramento (IGAM, 2010).

As estações de amostragem para a qualidade da água são (IGAM,2010):

- RD025, no rio Piracicaba, no município de rio Piracicaba;
- RD026, no rio Piracicaba, no município de João Monlevade;
- RD027, no rio Santa Bárbara;
- RD029, no rio Piracicaba, município de Nova Era;
- RD030, no rio do Peixe, próximo a sua foz no rio Piracicaba;
- RD032, no rio Piracicaba, a montante da confluência com o ribeirão Japão;
- RD031, no rio Piracicaba em Timóteo a montante da ETA da Acesita e;
- RD034, no rio Piracicaba a jusante de Coronel Fabriciano.

De acordo com IGAM (2010), os impactos nas águas pelo lançamento de esgotos sanitários foram refletidos na detecção de um teor elevado das contagens de coliformes termotolerantes, muito acima do limite legal.

Dentre os metais foram expressivos os percentuais de violações de manganês total, ferro e alumínio, na forma dissolvida. Embora esses metais estejam associados à geologia regional, seu transporte para as águas superficiais pode ser potencializado pela mineração, assim como pelo lançamento dos despejos da metalurgia, atividades econômicas dominantes na bacia.

Os resultados não conformes de cor verdadeira, turbidez e sólidos em suspensão totais vincularam-se principalmente à ocorrência desses metais.

A presença dos componentes tóxicos cobre dissolvido e chumbo total na UGRH DO2 resultou do impacto nas águas das atividades de metalurgia, sendo que o cobre pode ser também vinculado ao uso de agroquímicos no reflorestamento, uma vez que nessa unidade de planejamento localiza-se a maior área de plantação de eucaliptos da bacia do rio Doce.

Cerca de 44% da unidade do rio Piracicaba situa-se sobre os sistemas aquíferos das rochas cristalinas, cujo substrato são rochas granitóides de composições diversas, enquanto 36% assentam-se sobre sistemas aquíferos xistosos, ambos do tipo fissurado.

A unidade apresenta de modo geral forte suscetibilidade à erosão (52%), com produção de sedimentos entre 100 e 200 t/km²/ano.

Com relação à ictiofauna, o rio Piracicaba conta com registro de 32 espécies.

Quanto aos investimentos do PAC em habitação, tem-se Coronel Fabriciano, Itabira, João Monlevade, Santa Bárbara, São Gonçalo do Rio Abaixo e Timóteo, os quais contam com projetos de urbanização já contratados.

Quanto ao uso do solo, a bacia do rio Piracicaba contava no ano de 2006, com pouco mais de 1.738 hectares de área plantada com lavouras permanentes e 9.330 mil hectares de lavouras temporárias. Cerca de 48% da área da unidade é ocupada pela pecuária, ao passo que 35% são ocupados por Floresta Estacional Semi-Decidual e áreas de reflorestamento ocupam outros 8% (IGAM, 2010).

Destaca-se a produção de arroz, que teve crescimento do valor da produção de 99% entre os anos de 2000 e 2006, a cana-de-açúcar com taxa de crescimento de 83,91% no referido período, e ainda o milho, que apresentou crescimento da ordem de 47,63%. O café teve um incremento muito pequeno, da ordem de 1,59% do valor da produção no mesmo período.

Na pecuária tem-se também a análise dos dados de 2000 a 2006, e observou-se crescimento muito significativo nas cabeças de bubalinos (226,17%). Os bovinos tiveram um acréscimo de 24,13%. Os muares tiveram discreto crescimento de 8,41%, assim como a ovinocultura com crescimento de 9,22%.

As criações que diminuíram foram: decréscimo de -19,62% nas cabeças de asininos, decréscimo de -24,60% das cabeças de eqüinos, decréscimo de -49,39% de galos, frangos e pintos, e decréscimo de -25,94% na produção de galinhas. Os suínos tiveram decréscimo de -39,84%,

Com relação ao extrativismo, no período de 2000 a 2006, as produções que tiveram decréscimo foram: carvão vegetal (-75,38%), madeiras para outros fins que não celulose (-21,52%). A madeira para celulose teve incremento significativo no período analisado de 231,42%.

A indústria na bacia do Piracicaba demonstra o seguinte perfil (IGAM, 2010):

- Indústrias extrativistas - +38,18% (2000 a 2005)
- Indústrias de transformação - +18,07% (2000 a 2005)
- Exportação municipal - +25,80% (2005 a 2007)
- Importação municipal – -8,29% (2005 a 2007)

4.4O ENQUADRAMENTO DA BACIA DO RIO PIRACICABA

A metodologia utilizada pela FEAM nos trabalhos de enquadramento compreendeu três fases distintas: normativa, avaliação da condição de qualidade das águas e efetivação do enquadramento. Considerou como pressuposto básico que o enquadramento é estabelecido a partir do conhecimento dos usos das águas e de suas respectivas necessidades de qualidade, tomando-se como referência o uso mais restritivo, independente da condição de qualidade atual das águas, sendo uma meta a ser atingida ou uma situação a ser conservada (IGAM, 2010).

Na fase normativa foram identificados e localizados os usos das águas, por meio de dados secundários e de levantamentos de campo, informações que fundamentaram a elaboração do diagnóstico dos usos das águas, a partir do qual foi organizada a proposta de enquadramento.

Salienta-se que nesta fase não é considerada a situação atual de qualidade dos corpos de água assim como a identificação das fontes degradadoras, mas apenas seus usos preponderantes atuais e futuros.

A proposta de Enquadramento elaborada é avaliada pelo Conselho de Política

Ambiental (COPAM) e posteriormente divulgada nos municípios pertencentes à bacia por meio de reuniões públicas com o apoio das prefeituras locais. Na sequência, realiza-se a sua discussão com os usuários das águas da região. O resultado do processo participativo consolida-se na proposta de norma legal relativa ao enquadramento das águas da bacia, que é novamente apreciada pelo COPAM e após sua aprovação é publicada como Deliberação Normativa (IGAM, 2010).

A fase subsequente consistiu na caracterização física, química e biológica das águas dos diversos trechos enquadrados, para identificação das não conformidades entre a condição de qualidade e a sua meta final, definida no enquadramento. As desconformidades registradas são associadas ao uso e ocupação do solo da região e às suas características naturais, de forma a embasar o estabelecimento de relações causais e identificar os potenciais agentes poluidores ou degradadores. O trabalho se completa com a elaboração de programa de ações a serem implementadas na área para adequação da qualidade das águas aos respectivos usos preponderantes atuais e futuros.

O Enquadramento de corpos de água da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba teve início no ano de 1993 e sua aprovação em 1994, por meio da Deliberação Normativa nº 009/94 (MACIEL JR, 2000).

No Enquadramento foram cumpridas as três fases metodológicas (normativa, qualitativa e operativa) definidas pela FEAM (MACIEL JR, 2000; FEAM, 1994).

A primeira etapa foi realizada concomitantemente à segunda. Na primeira etapa realizaram-se levantamentos dos usos dos recursos hídricos, seja pelas atividades de abastecimento de água doméstico ou industrial, como no lançamento de efluentes, e até mesmo considerando os aspectos de balneabilidade da bacia (FEAM, 1994).

De acordo com a documentação estudada, no processo de avaliação da condição de qualidade foram adotados os seguintes passos: definição da rede de monitoramento de qualidade das águas; escolha dos parâmetros e limites; realização de monitoramentos (FEAM, 1994).

Para a escolha dos parâmetros de análises e dos limites, o enquadramento dos corpos de água valeu-se da DN COPAM nº 010/86, inclusive, para os procedimentos de identificação das classes em que se encontravam os corpos de água, segundo os usos preponderantes. Na identificação dos trechos considerados como especiais foi adotado um monitoramento simplificado (FEAM, 1994).

Os monitoramentos das águas da bacia para o enquadramento foram feitos até o ano de 1996, sendo sempre duas campanhas, uma para o período de seca, outra

para o período chuvoso, apesar do enquadramento ter sido aprovado em 1994 (FEAM, 1994).

Para avaliar as classes de qualidade, a FEAM desenvolveu um software chamado “AQUACLASSE”, que, segundo o Órgão, fornece a classe de qualidade por parâmetros, por trecho, por campanha e a classificação geral, assumindo a pior condição de qualidade encontrada nas três campanhas. O software foi utilizado apenas para avaliar o atendimento das classes, conforme o monitoramento (FEAM, 1994).

O enquadramento dos corpos de água da bacia do rio Piracicaba desenvolveu-se sobre: levantamentos de campo; estudos de dados secundários dos aspectos físicos, biológicos, econômicos e sociais; realizações de monitoramentos de qualidade da água; realizações de audiências públicas e apresentações de vídeos, para esclarecer à sociedade a proposta.

Medidas emergenciais foram propostas, além de sugestões para que se cumprisse a fase III - Efetivação do Enquadramento (FEAM, 1994).

Concluída a avaliação dos cursos de água definidos para o enquadramento dos corpos de água da bacia do rio Piracicaba, inclusive, com a identificação dos poluentes e das prováveis causas, a FEAM levou o instrumento para aprovação junto ao COPAM que deliberou por aprová-lo, através da DN COPAM 009/94 (FEAM, 1994). De acordo com a FEAM (1994), algumas medidas emergenciais e atividades a serem desenvolvidas para a fase de efetivação do enquadramento foram propostas. Dentre as medidas emergenciais, destacam-se: o desenvolvimento e implantação de sistema de proteção de mananciais de captação e melhoria da qualidade das águas de abastecimento doméstico de alguns municípios; a sinalização e impedimento dos usos das águas em alguns trechos que são usados para contato primário, inclusive de balneabilidade; e o desenvolvimento e implantação do sistema de tratamento de esgoto e destinação de lixo urbano, principalmente, para os municípios do pólo siderúrgico (João Monlevade, Itabira, Coronel Fabriciano, Timóteo e Ipatinga).

A Figura 4 apresenta o resultado dos objetivos de qualidade da bacia do rio Piracicaba em 1996.

De acordo com IGAM (2010), a partir da elaboração do Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Doce e dos Planos de Ações de Recursos Hídricos para as Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos no Âmbito da Bacia do Rio Doce em 2008, assim como de estudos complementares e, orientando-se pela metodologia indicada na Resolução CNRH Nº 91/2008, os trabalhos para a atualização do enquadramento foram conduzidos a partir das seguintes etapas:

- Diagnóstico
- Prognóstico
- Propostas de metas relativas às alternativas de enquadramento
- Programa para efetivação

Nesse sentido, o diagnóstico do PIRH Doce foi aprimorado no âmbito da bacia do rio Piracicaba no que se refere aos usos atuais e futuros das águas, avaliação da qualidade de água superficiais e cadastro de usuários dos recursos hídricos (IGAM, 2010).

A validação dos usos preponderantes das águas foi realizada por meio de trabalhos de campo realizados em 2008. Foram visitados os 17 municípios cuja sede localiza-se na bacia e percorridos os trechos de cursos de água enquadrados, assim como efetuados contatos com entidades locais, tais como prefeituras municipais, serviços autônomos de água e esgoto e escritórios dos regionais da COPASA.

Em linhas gerais, as atividades englobaram a atualização e georreferenciamento dos usos preponderantes das águas nos trechos enquadrados, identificação de usos futuros previstos voltados ao abastecimento humano, seleção de novos trechos a serem enquadrados, levantamento de unidades de conservação e de fontes de degradação mais expressivas dos recursos hídricos.

Foram considerados os usos das águas doces da Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG Nº 1, de 05 de maio de 2008, indicados no Quadro 2, além da geração de energia.

Quadro 2 – Usos das águas doces por classe de qualidade

Classes	Usos
Especial	Águas destinadas: a) ao abastecimento para consumo humano, com filtração e desinfecção; b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

Classes	Usos
1	Águas que podem ser destinadas: a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA N. 274, de 29 de novembro 2000; d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.
2	Águas que podem ser destinadas: a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 29 de novembro 2000. d) 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; e e) à aqüicultura e à atividade de pesca.
3	Águas que podem ser destinadas: a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; c) à pesca amadora; d) à recreação de contato secundário; e e) à dessedentação de animais.
4	Águas que podem ser destinadas: a) à navegação; b) à harmonia paisagística; e c) aos usos menos exigentes.

Fonte: Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG Nº 1, de 05 de maio de 2008

Ainda de acordo com IGAM (2010), as informações do cadastro de usuários dos recursos hídricos repassado pelo CBH Piracicaba e IGAM também foram espacializadas no que se refere ao tipo de ponto de interferência, captação ou lançamento, tipo de ponto de captação e de corpo receptor no caso de lançamento e finalidade de uso. Não foram considerados os dados de vazão e carga apresentados nesse cadastro, o qual foi disponibilizado na forma bruta, salientando-se que não é objeto do presente trabalho a consistência desse banco de dados.

Em relação ao aprimoramento dos estudos da qualidade das águas, a série histórica do Projeto Águas de Minas foi atualizada, incluindo resultados de sete amostragens realizadas entre abril de 2008 a outubro de 2009, ressaltando-se que a partir de outubro de 2008 foram implantadas quatro novas estações de monitoramento na bacia do rio Piracicaba(IGAM, 2010).

Adicionalmente, foram incorporados resultados laboratoriais da COPASA de água bruta de 9 captações de abastecimento público, relativos ao intervalo de 2007 a 2010, e de corpos receptores realizados por empreendimentos entre 2007 a 2009.

Assim, o banco de dados foi complementado e sistematizado, possibilitando a ampliação do conhecimento da qualidade das águas e a identificação da sua condição em espaços temporais distintos, incluindo o período histórico de 1997 a 2006 e a fase recente de 2007 a 2009, bem como o comportamento sazonal, representado pela época de chuva e estiagem.

Cabe salientar que o conjunto de dados avaliados foram provenientes de fontes diversas, podendo apresentar discrepâncias entre eles, uma vez que os procedimentos de coleta e ensaios foram realizados por diferentes laboratórios, cuja confiabilidade metrológica não foi previamente avaliada(IGAM, 2010).

Foram identificados os parâmetros com ocorrência de não conformidades e avaliada a condição média frente às classes de qualidade, que em alguns casos foi obtida com base em apenas dois resultados, de forma a promover a máxima utilização das informações disponibilizadas(IGAM, 2010).

Empregou-se a média aritmética, exceto em relação ao parâmetro coliformes termotolerantes para o qual foi adotada a média geométrica. Nos trechos enquadrados na Classe Especial, os registros foram comparados com os limites definidos para classe 1. Para o parâmetro cor verdadeira, definido na classe 1 como nível de cor natural do curso de água, foi adotado o padrão da classe 2 (75,0 mgPt /L)(IGAM, 2010).

Ainda segundo IGAM (2010), além do Índice de Qualidade de Água - (IQA), utilizado na fase de diagnóstico do PIRH Doce, foi incluído o Índice de Conformidade com o Enquadramento - (ICE).

A abordagem adotada no aprimoramento do diagnóstico possibilitou a definição do conjunto de parâmetros prioritários que orientarão o acompanhamento da evolução da condição das águas frente às classes de enquadramento.

O prognóstico foi aperfeiçoado quanto aos aspectos qualitativos, abrangendo a quantificação parcial das cargas poluidoras lançadas nos recursos hídricos, a partir do levantamento de dados digitais do acervo de informações do Sistema Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SISEMA). Foram realizadas consultas ao Sistema Integrado de Informação Ambiental – (SIAM) (www.siam.mg.gov.br), onde estão registradas informações administrativas e técnicas de processos de regularização ambiental, sendo avaliados 37 processos de revalidação de licença de operação de empreendimentos minerários, industriais e de infra-estrutura.

Prioritariamente, buscou-se resultados de automonitoramento de efluentes líquidos e de corpos receptores, vazão do efluente líquido e dados característicos da atividade desenvolvida, tais como produção e número de empregados, sendo adotado corte temporal a partir de 2007. Também foram avaliadas as declarações

de carga poluidora do ano base de 2008, disponibilizadas pela Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM.

Quanto ao saneamento básico, foram consideradas as informações disponíveis no Atlas Abastecimento urbano de água (ANA, 2009) que apresenta para vários municípios da bacia do rio Piracicaba a avaliação das disponibilidades hídricas e da capacidade do sistema produtor de água para abastecimento, associada às demandas previstas, à necessidade de adequação dos sistemas existentes e à proteção dos mananciais.

O enfoque do esgotamento sanitário inclui a implantação e ampliação de redes coletoras e de estações de tratamento, identificando as sedes urbanas localizadas a montante dos sistemas produtores de forma que a qualidade das águas captadas são potencialmente comprometidas por lançamento de esgotos domésticos.

Na sequência, segundo IGAM (2010), procedeu-se à avaliação integrada, incorporando na análise das informações obtidas para o desenvolvimento do presente trabalho os resultados da segunda etapa do PIRH Doce “Prognósticos, Compatibilização e Articulação” e do relatório “RP-06 Diretrizes para Implementação dos Instrumentos de Gestão na Bacia do Rio Doce”.

Com base nos resultados das etapas anteriores foi delineada a proposta de atualização do enquadramento das águas da bacia. Simultaneamente, alinhando-se ao prognóstico e aos planos e programas propostos para gestão dos recursos hídricos da bacia do rio Doce, definiu-se um conjunto de medidas para melhoria da qualidade das águas, como programas para a universalização do Saneamento, de Controle de Atividades Geradoras de Sedimentos, de Educação Ambiental, de treinamento e capacitação de gestores dos recursos hídricos, de Recomposição de APP's e nascentes, dentre outros, estabelecendo-se prioridades de curto, médio e longo prazos, reproduzidas em metas intermediárias e finais.

A elaboração do Programa para Efetivação do Enquadramento englobou o detalhamento das ações e intervenções sugeridas, com respectivo prazo de execução e estimativa de custo.

Os resultados deste trabalho foram apresentados e discutidos em reuniões públicas setoriais, realizadas entre os dias 19 e 20 de abril de 2010, com enfoque nos 4 temas seguintes: Usos Diversos (recreação, balneabilidade, pesca, ecológico, entre outros); Agropecuária; Saneamento e Mineração, Indústria, Serviços e Energia, tendo como sede os municípios de Santa Bárbara, São Gonçalo do Rio Abaixo, Coronel Fabriciano e João Monlevade respectivamente(IGAM, 2010).

Com base nos levantamentos de campo realizados em 2008 foram propostas inclusão de trecho e alteração de classe na Deliberação Normativa COPAM nº 09/1994, englobando mudanças em metas de qualidade, divisão e inclusão de trechos, ajustes na denominação de cursos de água, conforme discriminado no Quadro 3. Ainda, foram incluídas as sugestões de alterações encaminhadas pelos usuários após as discussões realizadas nas consultas públicas. A distribuição desses trechos na bacia é apresentada na Figura 5.

Quadro 3– Propostas de Alterações no Enquadramento das Águas Superficiais da Bacia do Rio Piracicaba

Sub-Bacia	Propostas de alterações
<p>ALTO RIO PIRACICABA das nascentes até a confluência com o rio Santa Bárbara</p>	<ul style="list-style-type: none"> • alterar o nome da SAMITRI para Vale – trecho 6 • alterar o enquadramento da classe 1 para classe 2 em vista da pressão da atividade minerária – trecho 6 • alterar descrição do trecho do córrego Talho Aberto para córrego Jacuí e avaliar mudança da classe – trecho 13 • incluir trecho no ribeirão Padre Pinto ou Caxambu das nascentes até a confluência com o rio Piracicaba – classe 1 (abastecimento humano com ETA convencional do distrito de Padre Pinto/Rio Piracicaba, dessedentação de animais, pesca em áreas de fazenda e recreação de contato primário e lançamento da ETE do distrito) • alterar o enquadramento da classe 1 para classe 2 em vista da pressão da atividade minerária – trecho 17 • alterar o enquadramento da classe especial para classe 2 em vista da pressão da atividade minerária – trecho 24 • alterar o enquadramento da classe 1 para classe 2 em vista da pressão da atividade minerária – trecho 25 • enquadrar trecho de curso de água inserido na RPPNF Belgo Mineira na classe 1
<p>ALTO E MÉDIO RIO SANTA BÁRBARA das nascentes até o ponto de escoamento da represa de Peti</p>	<ul style="list-style-type: none"> • enquadrar trecho da Comodato Reserva Peti • dividir trecho, sendo córrego das Flechas de suas nascentes até a montante da barragem de Capanema classe especial, e da barragem Capanema até o ponto de captação de água para uso doméstico da VALE classe 2 – trecho 20 • alterar o enquadramento da classe especial para classe 1 em vista da pressão da atividade minerária – trecho 22 • alterar o enquadramento da classe 1 para classe 2 em vista da pressão da atividade minerária – trecho 30 • alterar o nome do córrego Castro para Três Moinhos – trecho 34 • alterar o enquadramento da classe 1 para classe 2 em vista de usos incompatíveis – trecho 38 • incluir trecho no córrego Maria Casimira das nascentes na Serra da Paula até o ponto de captação da comunidade de André/Santa Bárbara na classe especial (nessa sub-bacia predomina vegetação florestal em estágios médios a avançado de regeneração) • incluir trecho no córrego Maria Casimira do ponto de captação da comunidade de André/Santa Bárbara até a confluência com o rio São

Sub-Bacia	Propostas de alterações
	João ou Barão de Cocais na classe 1 (embora o curso de água receba os esgotos sanitários brutos da comunidade foram identificados os usos para recreação e pesca pelos moradores)
<p>BAIXO RIO SANTA BÁRBARA do ponto de escoamento da represa de Peti até a confluência com o rio Piracicaba</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Alterar o trecho para classe 1 devido a usos incompatíveis a montante do ponto de captação e a denominação do córrego de Lajinha para Cavahada – trecho 40 • Alterar denominação do trecho e a classe de especial para 2 devido a usos incompatíveis – trecho 43 • Alterar denominação do trecho e a classe de 1 para 2 devido a usos incompatíveis – trecho 44 • Alterar o nome do córrego de Fonseca para Olaria – trecho 46 • Incluir trecho no córrego Diogo das nascentes na Serra do Machado até o ponto de captação da sede municipal de São Gonçalo do Rio Abaixo na classe especial (atualmente é o principal manancial que abastece a sede com tratamento convencional, e embora haja atividades minerárias na área não há interferência na captação, e a cobertura vegetal preservada, predominando floresta estacional semidecidual em estágio médio a avançado de regeneração)
<p>MÉDIO RIO PIRACICABA da confluência com o rio Santa Bárbara até a confluência com o córrego Onça Grande, inclusive, exceto o rio do Peixe</p>	<ul style="list-style-type: none"> • enquadrar trechos de cursos de água inseridos na RPPNE Guilman Amorim, RPPNF Vila Ana Angélica e PAQM ElciRolla Guerra na classe especial • alterar trecho da classe 1 para classe especial - trecho 65 (mata ciliar – fragmento de mata atlântica em estágio médio a avançado de regeneração) • alterar base cartográfica já que o córrego Jacroá deságua no córrego Antunes e não no Onça Grande – trecho 68 • alterar trecho da classe especial para classe 1 em vista de usos incompatíveis - trecho 69
<p>RIO DO PEIXE</p>	<ul style="list-style-type: none"> • alterar a classe de enquadramento da classe 1 para classe 2 em vista de pressão de esgotos sanitários e efluentes industriais - trecho 56 • alterar a classe de enquadramento da classe 1 para classe 2 em vista de pressão da atividade minerária - trecho 61 • incluir trecho no córrego do Tambor Preto das nascentes até a confluência com o rio do Peixe - classe 1 (esse córrego é utilizado para abastecimento público da localidade de Capoeirana, município de Nova Era, após tratamento convencional) • incluir trecho no córrego do Engenho das nascentes até a confluência com o rio do Peixe na classe 1 (esse córrego é utilizado para abastecimento público da localidade de Engenho, município de Itabira, após tratamento convencional)

Sub-Bacia	Propostas de alterações
<p>BAIXO RIO PIRACICABA da confluência com o córrego Onça Grande até a confluência com o rio Doce</p>	<ul style="list-style-type: none"> • reduzir extensão do trecho, córrego Melo Viana das nascentes até a captação de água da Prefeitura de Coronel Fabriciano - trecho 77 • aumentar extensão do trecho, córrego Melo Viana da captação de água da Prefeitura de Coronel Fabriciano até a confluência com o ribeirão Caladão - trecho 78 • incluir trecho no córrego Antunes das nascentes até a confluência com o córrego Onça Grande classe especial (esse córrego apresenta-se como opção de manancial futuro para a sede de Marliéria • incluir trecho, afluentes da margem direita do rio Piracicaba dentro do Parque Estadual do rio Doce no município de Timóteo - classe especial

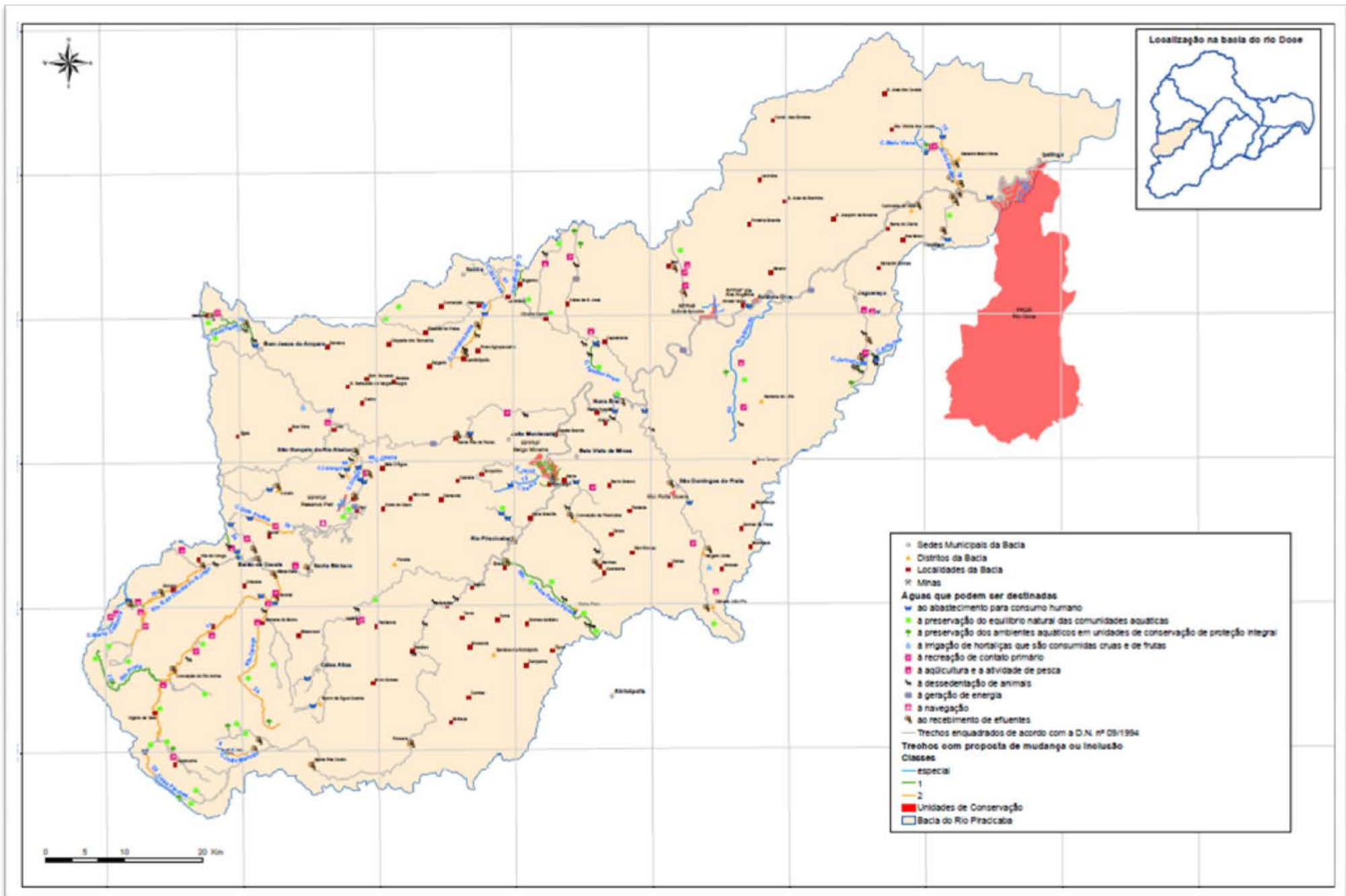


Figura 5 - Distribuição dos trechos a serem propostos para inclusão e alteração de classe na Deliberação Normativa COPAM Nº 09/1994

5. DISCUSSÃO

A abordagem comparativa entre as etapas dos trabalhos de enquadramento realizados na década de 90 e os regulamentos e procedimentos em vigência, indicam a necessidade de aperfeiçoamento do diagnóstico e prognóstico e elaboração do programa para efetivação.

A identificação dos usuários e usos é uma primordial ferramenta para o enquadramento de corpos d'água, pois a partir dela é que se orienta o planejamento dos usos preponderantes mais restritivos da água, atuais ou pretendidos.

Uma forma de se fazer a identificação dos usos e usuários de uma bacia é a partir de dados do cadastro de usuários, quando existentes ou de estudos anteriores existentes na bacia. Outra forma é através de levantamento de dados em instituições governamentais ou que trabalham com o uso de recursos hídricos. Os trabalhos para identificação dos usos preponderantes da bacia do rio Piracicaba orientaram-se pelas duas vertentes apresentadas; pois, primeiro valeu-se dos resultados de caracterização dos usos da Bacia que deram origem à DN COPAM nº 09/94; e também consultou-se dados das entidades governamentais, como o banco de dados de empreendimentos no SIAM e em consultas a outros órgãos governamentais e entidade locais, como Escritórios Regionais do Instituto Estadual de Florestas (IEF), Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais (Emater), prefeituras, e Sindicatos (MUNDIM, 2011).

As análises utilizadas para a qualidade de água permitiram verificar a condição que o corpo de água se encontra e a classe de qualidade. Buscando ampliar a percepção da qualidade das águas da bacia, adotou-se a aplicação da metodologia dos índices IQA e ICE, para que indicasse as condições de qualidades dos trechos enquadrados.

A adoção de métodos como o IQA e o ICE serviu para representar a qualidade dos corpos de águas, mas não aos objetivos do enquadramento; já que os critérios de julgamento adotados por eles classificam o estado da água entre critérios que variam de “muito ruim” a “ótimo”, ao invés de classes, conforme prevê o enquadramento.

6. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

6.1 CONCLUSÕES DA PESQUISA

Diante de todo o processo de enquadramento e do acúmulo de conhecimento há que se partir para a prática objetivando a execução das ações do Programa de Efetivação.

Espera-se que a sistematização deste trabalho sirva de referência ou auxílio técnico para definição dos procedimentos futuros de elaborações de novas propostas, sejam de enquadramento e/ou atualizações.

Na identificação dos usos preponderantes verificou-se que, adotando os procedimentos sugeridos pela Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, quando os levantamentos são decorrentes de dados secundários, as respostas podem ser consideradas como satisfatórias; mesmo que não representem o universo dos usos e usuários. Por outro lado, é recomendável que se realize antes do enquadramento, o cadastro de usuários, para que se tenha o universo melhor representado dos usuários e usos, favorecendo conhecer e identificar os usos que preponderam sobre os demais (MUNDIM, 2011).

A identificação da condição das águas foi possível, a partir da análise dos relatórios de monitoramento do IGAM e de outras redes adotadas pelo trabalho; mas a avaliação para atendimento ao enquadramento aplicou o IQA e o ICE como critério de avaliação do enquadramento, índices que podem não refletir a real situação dos recursos hídricos. Isso pode vir a ocorrer devido ao fato da adoção de um conjunto de parâmetros para formação dos índices podem mascarar os resultados, tanto positiva, como negativamente(IGAM, 2010).

O diagnóstico das fontes de poluição baseado nos dados disponíveis apontou para como principais causas de poluição da bacia o lançamento de esgotos sanitários brutos e o lançamento de efluentes de atividades minerárias, mas para uma melhor caracterização seria importante a bacia dispor do cadastro de usuários para identificar as fontes de poluições; bem como o Estado possuir um Sistema de Informações em que agregasse o conjunto de informações em único banco de dados, facilitando o armazenamento, consulta e disponibilização destes.

O processo participativo trouxe grande aprendizado, principalmente, por ser apresentado dissociado do Plano Diretor de Recursos Hídricos, o que permitiu aos usuários e à sociedade uma melhor compreensão dos estudos e dos objetivos a que se propõe o enquadramento de corpos de água.

O enquadramento das águas e os planos diretores de recursos hídricos de bacias hidrográficas são referência para os demais instrumentos de gestão de recursos hídricos, em especial, a outorga dos direitos de usos dos recursos hídricos e a

cobrança pelo uso dos recursos hídricos, e de gestão ambiental, licenciamento ambiental, zoneamento ambiental e monitoramento, principalmente.

Nesse sentido, é imprescindível a integração do Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CERH – MG com o Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM no processo de enquadramento. Tal integração vem acontecendo através das atividades exercidas pela Câmara Técnica de Instrumentos de Gestão (CTIG). A CTIG vem elaborando uma Minuta de Deliberação Normativa Conjunta CERH/COPAM que disporá sobre as diretrizes para o enquadramento dos corpos de água.

Ademais, as medidas necessárias à gradativa recuperação da qualidade das águas abrangem vários setores, exigindo uma forte articulação entre o Comitê, órgãos públicos e privados, usuários e sociedade (IGAM, 2010).

É recomendável que os Órgãos Gestores de Recursos Hídricos e Meio Ambiente adotem o Programa para efetivação do enquadramento como um instrumento legal na análise dos processos de outorga e licenciamento ambiental, de forma que os efluentes atendam não apenas o padrão de lançamento, mas também as metas de qualidade estabelecidas para o curso de água receptor.

Finalmente, o Comitê da Bacia Hidrográfica deve ser o protagonista na divulgação do Programa para Efetivação do Enquadramento da bacia, entre os usuários das águas e com o apoio do Estado. Nesse sentido ressalta-se a importância da busca e elaboração de instrumentos jurídicos, entre atores sociais da bacia, tais como: Termos de Cooperação Técnica, Termo de Compromisso, dentre outros, onde cada ator estabelecerá sua competência, visando a efetivação do Enquadramento.

6.2 RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

O processo de Enquadramento deve ser participativo para legitimar as metas estabelecidas, por isso, é importante que durante o diagnóstico e o prognóstico sejam consultadas as entidades públicas e privadas atuantes nas áreas de recursos hídricos e de meio ambiente na bacia, para se obter informações e para identificar os possíveis conflitos de uso. Os atores devem ser convidados para consultas públicas onde serão identificados, com base nos usos preponderantes da água, os usos desejados de água para cada trecho dos corpos hídricos da bacia.

O processo de Enquadramento das águas, e principalmente as consultas públicas permitem uma aproximação entre o sistema de gestão de recursos hídricos e a população da bacia, por isso a necessidade de um processo de divulgação e convite das pessoas para não somente conhecer, mas também ter a possibilidade de exercer sua cidadania a partir do momento que escolhem a água que queremos ter no futuro.

Quando ocorre uma ampla divulgação do processo de Enquadramento através da imprensa se permite também uma divulgação do sistema de gestão de recursos hídricos e do próprio Comitê da bacia. A partir dessa divulgação e consequente conhecimento das ações desenvolvidas é possível iniciar maiores discussões com a sociedade sobre as questões ambientais.

A discussão do processo do Enquadramento das Águas deve se pautar no saber teórico, mas especialmente no saber prático dos atores que residem na bacia, visando obter um cenário de enquadramento que permita o crescimento da bacia mas que ao mesmo tempo preserve os recursos naturais. Esse processo pode e deve ser revisto, se o comitê de bacia considerar necessário em virtudes de novos acontecimentos.

Há necessidade de refletir e aprofundar em metodologias participativas, para que a participação pública no processo de Enquadramento seja efetiva, e que os participantes se apropriem do conhecimento deste processo.

A discussão sobre o Enquadramento também possibilita o amadurecimento do Comitê, pois propicia o exercício da representatividade e consequentemente, pode contribuir para o fortalecimento do Comitê, no seu papel de gestor das águas de sua bacia.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. Panorama do enquadramento dos corpos d'água. Brasília: ANA, 2005. 43 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. Implementação do enquadramento em bacias hidrográficas no Brasil; Sistema nacional de informações sobre recursos hídricos – Snirh no Brasil: arquitetura computacional e sistêmica. Brasília: ANA, 2009. 145 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. Atlas abastecimento urbano de água. Brasília: ANA, 2009.

BRASIL. Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 20, de 18 de junho de 1986.

BRASIL. Resolução CONAMA nº357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

BRASIL. Resolução CNRH nº 91, de 5 de novembro de 2008. Dispõe sobre procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos.

COSTA, M. P. Instrumentos de Gestão Enquadramento dos corpos d'água. In. X Encontro Nacional de Comitês de Bacia Hidrográficas. Rio de Janeiro: Curso Agência Nacional de Águas. 2008.

EITEN, G.(1994) Vegetação. In: PINTO, M. N (Org.). Cerrado: caracterização, ocupação e perspectiva. Brasília, Editora da UNB. p. 17-73.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE – FEAM. Enquadramento dos corpos de água da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba. Belo Horizonte. 1994.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS - IGAM. Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Doce e Planos de Ações de Recursos Hídricos. Belo Horizonte: 2010.

MACIEL JR., P. (2000). Zoneamento das Águas – um instrumento de gestão dos recursos hídricos. Belo Horizonte. 2000, 112 p.

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa COPAM nº 09, de 19 de abril de 1994. Dispõe sobre o enquadramento da bacia do rio Piracicaba. Belo Horizonte: COPAM, 1994.

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 1, de 5 de maio de 2008. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Belo Horizonte: COPAM, 2008.

MINAS GERAIS. Lei Estadual nº 13.199, de 29 de janeiro de 1999. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e dá outras providências. Belo Horizonte: 1999.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. O Bioma Cerrado. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=201&idConteudo=8447&idMenu=8981>. Acesso em agosto de 2008.

MAGALHÃES Jr. A. P. 2007. Indicadores Ambientais e Recursos Hídricos: realidade e perspectivas para o Brasil a partir da experiência francesa. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 688p.

MUNDIM, Rodrigo Antônio Di Lorenzo. Fatores intervenientes no processo de enquadramento [manuscrito] : o caso da Bacia Hidrográfica do Rio Verde / Rodrigo Antônio Di Lorenzo Mundim – 2011.

MUÑOZ, H.R. 2000. Razões para um debate sobre as interfaces da gestão dos recursos hídricos no contexto da Lei das Águas de 1997. In: Interfaces da gestão de recursos hídricos – Desafios da Lei de Águas de 1997 (Organizado por H. R. Muñoz). 2 ed. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos. 422p.

PINTO, M. N. Introdução. In: PINTO, M. N (Org.). Cerrado: caracterização, ocupação e perspectiva. Brasília, Editora da UNB. p. 11-13, 1994.

RODRIGUES, R. B. SSD RB – Sistema de suporte a decisão proposto para a gestão quali-quantitativa dos processos de outorga e cobrança pelo uso da água. São Paulo, Tese (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. 2005, 155p.