

Outorga e Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos: Aplicação à Bacia do Rio Paraopeba, MG

Alberto Simon Schwartzman

*Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM - Rua Santa Catarina, 1354, 7º andar
30170-081 Belo Horizonte, MG - Fone: (31) 3337-3355 ramal 161 - alberto@igam.mg.gov.br*

Nilo de Oliveira Nascimento

*Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos - EE-UFMG - Av. do Contorno, 842, 8º andar
30110-060 Belo Horizonte, MG - Fone: (31) 3238-1870 - niloon@ehr.ufmg.br*

Marcos von Sperling

*Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - EE-UFMG - Av. do Contorno, 842, 7º andar
30110-060 Belo Horizonte, MG - Fone: (31) 3238-1935 - marcos@desa.ufmg.br*

Recebido: 27/06/01 - revisão: 18/09/01 - aceito: 22/01/02

RESUMO

Este trabalho apresenta uma metodologia para a aplicação dos instrumentos de outorga e cobrança, desenvolvida na bacia do rio Paraopeba, no Estado de Minas Gerais. São apresentadas simulações da aplicação do instrumento da outorga tomando-se por base as demandas de água na bacia, estimadas em 1996 e previstas para o ano de 2006, considerando-se os critérios atualmente adotados pelo órgão gestor de recursos hídricos no Estado.

Foi efetuado um estudo sobre os riscos de não atendimento às demandas de água, baseado nas séries históricas de vazão, em pontos de controle pré-determinados na bacia. Nestes pontos de controle foram ainda avaliados aspectos relacionados à qualidade das águas e simulada a evolução da poluição no principal curso d'água da bacia.

Foram simuladas intervenções, visando à melhoria da qualidade dos recursos hídricos da bacia do rio Paraopeba, para se atingir as metas de qualidade previstas no enquadramento das águas da bacia. A partir das intervenções, representadas pelo tratamento dos esgotos domésticos urbanos, foi efetuada uma previsão dos custos envolvidos e, então, proposta uma forma de tarifação e cobrança pelo uso de recursos hídricos, de maneira a arrecadar fundos para implementação das obras consideradas necessárias.

Palavras-chave: *gestão; outorga; cobrança.*

INTRODUÇÃO

Com a Lei Federal nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997 foi instituída a Política Nacional de Recursos Hídricos. Através desta lei, foram definidos os instrumentos para a gestão das águas, tendo como unidade de planejamento a bacia hidrográfica.

Três instrumentos de gestão se destacam como principais ferramentas a serem utilizadas no gerenciamento da quantidade e qualidade das águas. O primeiro instrumento é o enquadramento dos corpos de água em classes de uso, que visa estabelecer níveis de qualidade da água de acordo com os usos a que se destinam os trechos dos corpos de água. O segundo e terceiro instrumentos são, respectivamente, a outorga de direito de uso e a cobrança pelo uso da água. Com o instrumento da

outorga o poder público faz a repartição dos recursos hídricos aos diversos usuários requerentes, de acordo com as prioridades estabelecidas nos planos diretores de bacia hidrográfica.

O Brasil possui uma grande extensão territorial, com diversas realidades regionais. Os problemas são muito distintos por região. Alguns estão relacionados à carência de recursos hídricos, que atua como forte inibidor de desenvolvimento. Outros estão relacionados com carência de infraestrutura para redução da poluição e falta de meios para aplicação da legislação, resultando em deterioração da qualidade das águas. Também a diversidade do clima, relevo e vegetação ao longo do território brasileiro é representada nos diferentes valores das disponibilidades hídricas superficiais. Essa diversidade conduz à necessidade de se estu-

dar a aplicação dos instrumentos de gestão previstos na lei, tendo em vista identificar dificuldades e potencialidades de sua aplicação em contextos diferenciados.

A metodologia adotada no presente estudo tem por objetivo determinar quais serão as intervenções necessárias para melhoria da oferta de recursos hídricos ou melhoria da qualidade da água, de maneira a garantir os usos previstos para a bacia.

A primeira etapa da metodologia de trabalho consiste em identificar os principais usos e demandas dos recursos hídricos na bacia. Em seguida é feito um balanço entre as disponibilidades e demandas dos recursos hídricos, quando é verificado o critério de outorga adotado no Estado de Minas Gerais.

Quanto à qualidade dos recursos hídricos ao longo da bacia, é proposta uma avaliação dos principais parâmetros indicadores da poluição verificados nas campanhas de monitoramento. Nesta etapa são propostas alternativas para remoção da poluição segundo cenários estabelecidos para demanda atual e futura.

Numa etapa posterior é adotada a alternativa de tratamento escolhida, quando então é realizado um levantamento dos custos. São estabelecidos critérios para precificação e cobrança pelo uso de recursos hídricos.

APLICAÇÃO DOS INSTRUMENTOS DE GESTÃO NO ESTADO DE MINAS GERAIS

Até o presente momento, os principais instrumentos de gestão utilizados no Brasil têm sido os planos diretores de recursos hídricos de bacias hidrográficas, o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo seus usos preponderantes, e a outorga de direito de uso dos recursos hídricos. A cobrança pelo uso dos recursos hídricos é praticada no Estado do Ceará e vem se dando sob a forma de tarifa, efetuada pela COGERH, órgão técnico responsável pela gestão dos recursos hídricos naquele Estado. Alguns Estados, como a Bahia, São Paulo e Rio Grande do Sul, têm elaborado estudos técnicos visando estabelecer preços a serem cobrados em diversas bacias hidrográficas.

O Estado de Minas Gerais se localiza na região sudeste do país, importante região produtora agropecuária, mineradora e industrial com grandes concentrações urbanas.

O Estado de Minas Gerais ainda não possui um Plano Estadual de Recursos Hídricos. Sua for-

mulação não deverá ser uma agregação de Planos de Bacia, entretanto, conforme explicitado no artigo 55 da Lei Estadual nº13.199/99, deverá levar em conta planos, programas e projetos aprovados ou em processo de implantação, andamento ou conclusão, que com ele interfiram ou se interconectem. Para a sua formulação deverão ser considerados especialmente os seguintes planos:

- Plano Diretor de Recursos Hídricos para os Vales do Jequitinhonha e Pardo.
- Plano Diretor de Irrigação dos Municípios da Bacia do Baixo Rio Grande.
- Plano de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Verde Grande.
- Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paracatu.
- Plano Diretor de Recursos Hídricos das Bacias Afluentes do Rio São Francisco em Minas Gerais (compreendendo os rios do alto São Francisco, bacias dos rios Pará, Paraopeba, Velhas, Abaeté, Indaiá, Borrachudo, Jequitaiá, Urucuia, Caririnha e ainda bacias de rios afluentes das margens esquerda e direita do rio São Francisco, após a confluência com o rio das Velhas, no trecho denominado alto/médio São Francisco).
- Plano Diretor de Recursos Hídricos das Bacias do Leste (compreendendo as bacias dos rios Mucuri, São Mateus, Jucuruçu, Itanhém, Buranhém e Peruípe).
- Plano Diretor da Bacia do Rio Paranaíba.

O enquadramento dos corpos de água em classes de uso, que segue normas e padrões propostos na Resolução nº20/86 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA e, em Minas Gerais, pela legislação estadual, através da Deliberação Normativa nº10/86 do Conselho Estadual de Política Ambiental - COPAM, visa assegurar às águas qualidade compatível para atendimento aos usos mais exigentes a que forem destinadas. Trata-se de um instrumento para subsidiar tanto a gestão de recursos hídricos como a gestão ambiental.

Os enquadramentos dos cursos de água em Minas Gerais têm sido definidos pelo COPAM (conforme prevê o Artigo 54 da lei nº 13.199) até a implantação dos comitês e das agências de bacias, que deverão propor e deliberar sobre o enquadramento das águas nas suas respectivas bacias hidrográficas.

São os seguintes os rios e afluentes enquadrados através das deliberações normativas do COPAM:

- córrego Mingú - bacia do rio das Velhas (D.N. 05 de 22/01/93);
- rio Piracicaba e seus afluentes - bacia do rio Doce (D.N. 09 de 27/04/94);
- rio Paraopeba e seus afluentes - bacia do rio São Francisco (D.N. 14 de 28/12/95);
- afluentes estaduais do rio Paraibuna - bacia do rio Paraíba do Sul (D.N. 16 de 24/09/96);
- rio da Velhas e seus afluentes - bacia do rio São Francisco (D.N. 20 de 27/06/97);
- rio Pará e seus afluentes - bacia do rio São Francisco (D.N. 28 de 09/09/98);
- rio Verde e seus afluentes - bacia do rio Grande (D.N. 33 de 18/12/98).

A partir do estabelecimento do domínio público das águas, com as promulgações da Constituição Federal e das Constituições Estaduais, a outorga de direito de uso de recursos hídricos tornou-se, talvez, o mais importante instrumento de gestão. Todos os usuários de recursos hídricos, excetuando-se os casos isentos previstos em lei, devem dirigir-se ao órgão gestor e solicitar a outorga para garantir seus direitos de uso de determinada vazão ou volume de água. São ainda passíveis de outorga todos os usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um curso de água, excetuando-se aqueles usos considerados insignificantes de acordo com as especificidades de cada bacia hidrográfica.

Conforme estabelecido na Lei Estadual nº 13.199, o Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM é o órgão gestor dos recursos hídricos do Estado de Minas Gerais e o responsável pela emissão das outorgas. O modelo aplicado é o da *outorga controlada por objetivos* (é fixada a vazão residual mínima, que deve ser mantida a jusante de cada captação), e o critério adotado para emissão das outorgas é o *critério da vazão referencial*. A vazão de referência adotada em todo o Estado de Minas Gerais é a $Q_{7,10}$ (IGAM, 1998). A vazão a ser garantida a jusante de cada captação no curso de água, em condições naturais, ou após regularização, deverá ser de 70% (setenta por cento) da $Q_{7,10}$. Significa dizer que esta é a vazão residual que deve ser assegurada para a manutenção do meio biótico em cada seção de um curso de água.

O instrumento da outorga de direito de uso dos recursos hídricos tem sido bastante divulgado nas campanhas de educação ambiental desenvolvidas no âmbito do Estado de Minas Gerais. Diversos usuários se dirigem espontaneamente ao órgão gestor e solicitam a outorga para captação de água ou execução de intervenção no curso de água (barragens, desvios, dragagem, etc.), no sentido de garantir uma vazão de água para o desenvolvimento de suas atividades, principalmente a agricultura irrigada, que possui forte uso consuntivo. As outorgas são emitidas em função dos usos a que se destinam, podendo ter validade de 20 anos, no caso de uma concessão destinada a abastecimento público, e 5 ou 3 anos para autorização e permissão, respectivamente, para utilização de recursos hídricos com fins privados.

A Figura 1 mostra a evolução do número acumulado de outorgas concedidas em Minas Gerais a partir do ano de 1987.

As 4.615 outorgas emitidas até 31/12/2000 se referem à captação de águas superficiais, exploração de águas subterrâneas e intervenções diversas nos cursos de água (construção de barramentos, açudes, diques, desvios, etc.). Deste total, aproximadamente 60% são outorgas emitidas para irrigantes, enquanto um terço refere-se a concessões emitidas à companhia estadual de saneamento e às companhias de serviços autônomos de abastecimento e saneamento dos diversos municípios do Estado.

Apesar do número ainda pouco expressivo de outorgas concedidas, se comparadas com o total de usuários em todas as bacias hidrográficas, verifica-se uma evolução crescente no número de pedidos a cada ano.

A outorga de direito de uso de recursos hídricos é, atualmente, indispensável para obtenção de licenciamento de diversas atividades junto aos órgãos ambientais, e obtenção de financiamentos junto a instituições financeiras públicas e privadas. É ainda um documento necessário para obtenção de certificação de qualidade, quando se trata de empreendimento industrial.

Em algumas bacias hidrográficas situadas na região nordeste do Estado de Minas Gerais, já existem conflitos instalados entre usuários irrigantes em função da escassez de recursos hídricos em épocas de estiagem; em outras bacias, como por exemplo a bacia do rio Paracatu, têm-se problemas de construções irregulares de barramentos que impedem o fluxo normal das águas para os usuá-

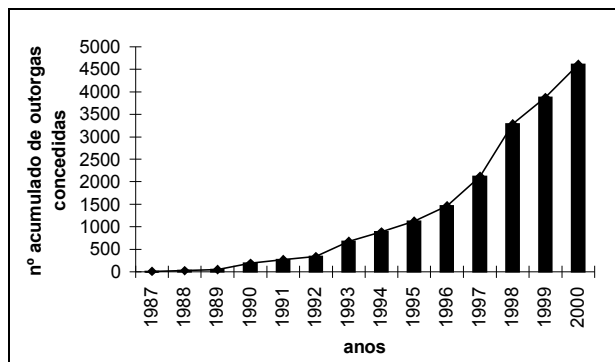


Figura 1. Outorgas concedidas pelo IGAM no Estado de Minas Gerais. Fonte: IGAM.

rios de jusante. Na maioria destes casos, a outorga de direito de uso tem sido o instrumento utilizado para dirimir as questões, repartindo os recursos hídricos disponíveis entre os usuários e regularizando aqueles barramentos construídos de forma irregular e clandestina.

O IGAM ainda não está emitindo outorgas para lançamento de efluentes, apesar de fazer parte de suas atribuições dentro do sistema de gestão dos recursos hídricos no Estado. É relevante observar que o IGAM, ao analisar os processos de outorga, considera que todas as vazões outorgadas para os diversos usos (abastecimento, irrigação, dessedentação de animais e uso industrial) são totalmente consuntivas, não havendo retorno das águas servidas no cálculo de novas vazões outorgáveis. Não se prevê também a eventual sazonalidade das vazões outorgadas, sendo considerados os fluxos constantes ao longo dos diversos períodos do ano. Para a agricultura irrigada, por exemplo, poderiam ser outorgadas vazões diferenciadas para períodos secos e chuvosos do ano.

Pode-se fazer duas observações quanto ao critério adotado:

1. o critério de se outorgar apenas 30% de $Q_{7,10}$ poderá ser adequado em algumas bacias hidrográficas do Estado de maneira a proteger os mananciais de uma exploração excessiva, mas poderá se tornar restritivo em bacias onde há maior disponibilidade de recursos hídricos; e
2. o critério de se manter 70% de $Q_{7,10}$ em todos os cursos de água do Estado não tem fundamento técnico, podendo ser eventualmente insuficiente para a manutenção do meio biótico. Segundo Sarmento e Pelissari (1999), a vazão residual dos rios no País, a

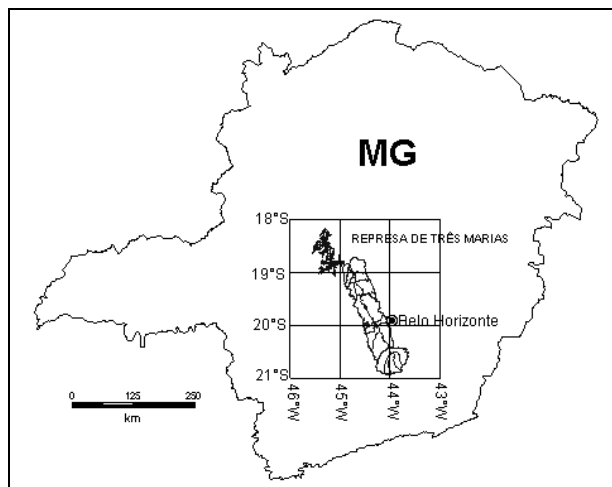


Figura 2. Bacia do rio Paraopeba no Estado de Minas Gerais.

ser considerada nos empreendimentos que envolvem o uso da água, não tem merecido muita atenção dos órgãos gestores. Esses autores recomendam o uso combinado de diversas metodologias, que visem à fixação de vazões residuais, o que poderia flexibilizar o percentual ou mesmo alterar a vazão de referência.

Estes fatos demonstram a necessidade de se evoluir nos critérios de emissão de outorga, com estudos mais aprofundados e específicos nas diversas bacias hidrográficas do Estado, com a adoção de novas vazões de referência, estudos sobre vazões residuais e sobre sazonalidade das vazões a serem outorgadas em função dos diversos usos a que se destinam os recursos hídricos.

DESCRIÇÃO DA BACIA DO RIO PARAOPEBA

Com o objetivo de se estudar a aplicação dos instrumentos da outorga e cobrança, é simulada neste trabalho a aplicação destes instrumentos na bacia do rio Paraopeba. Esta bacia hidrográfica contribui significativamente com o abastecimento da Região Metropolitana de Belo Horizonte, situa-se na área central do Estado, compreendendo quarenta e oito municípios, com uma população de aproximadamente 933.000 habitantes. Possui uma área de cerca de 13.300 km² o que corresponde a 2,5% da área total do Estado (Figura 2).

O rio Paraopeba, principal curso d'água que dá denominação à bacia, nasce ao sul do muni-

cípio de Cristiano Ottoni e percorre aproximadamente 510 km, até sua foz no lago da represa de Três Marias, no município de Felixlândia. Quarenta e oito municípios mineiros integram a bacia, sendo que 26 destes municípios situam-se inteiramente dentro da área de drenagem da bacia.

A ocupação da bacia do Paraopeba iniciou-se nas últimas décadas do século XVII com a procura de riquezas minerais, através das rotas seguidas pelas entradas e bandeiras (MMA/SRH, 1998). Com a descoberta do ouro foram surgindo povoações mais densas no alto e médio cursos do rio, sendo que a principal atividade econômica da região era a mineração. A ocupação e povoamento da região do baixo Paraopeba deveram-se, inicialmente, às rotas de comércio, com a criação de diversos pontos de apoio. A utilização dos rios São Francisco e Paraopeba, como rotas de transporte e comércio de mercadorias, favoreceu a instalação de fazendas e atividades agropecuárias.

Com a intensificação do processo de industrialização, a partir da segunda metade do século XX, diversos municípios tiveram seu desenvolvimento acelerado. Os municípios de Sete Lagoas, Conselheiro Lafaiete, Curvelo e Pará de Minas destacaram-se e passaram a exercer polarização de cunho microregional sobre os diversos municípios vizinhos.

O Estado de Minas Gerais detém há vários anos a liderança nacional na produção mineral. Dentro da região minerária inserida na bacia do rio Paraopeba, mais de 21 municípios apresentam alguma atividade regular ligada à mineração, correspondendo a aproximadamente 10% da produção mineral do Estado.

Nas regiões do alto e médio Paraopeba, as atividades mais importantes desenvolvidas são a lavra de minério de ferro e de manganês utilizado na indústria metalúrgica do Estado. A mineração de pedra ardósia também se apresenta como uma forte atividade nos municípios de Papagaios, Pompéu, Paraopeba, Curvelo, Caetanópolis e Sete Lagoas.

As atividades de agricultura e pecuária são disseminadas ao longo da bacia, sendo que na região média das sub-bacias do ribeirão Sarzedo e do rio Manso há uma cultura mais intensiva de hortaliças que abastecem os municípios da bacia hidrográfica e da Região Metropolitana de Belo Horizonte. Na análise da produção agrícola, destacam-se como principais produtos: o arroz, o feijão, o milho, a cana, o café e a olericultura (em especial

a batata), responsáveis pela maior parte da área cultivada. O milho, pela extensão da área plantada, se destaca como principal produto regional, sendo os maiores produtores os municípios de Entre Rios de Minas, Lagoa Dourada e Itaverava, que representam aproximadamente 24% da área colhida.

Na pecuária, a bovinocultura constitui-se numa das principais atividades econômicas no norte da Bacia, onde as extensas áreas de cerrado são aproveitadas para o pasto natural, sendo entretanto pouco expressiva em termos de participação no total do rebanho do Estado (em torno de 3,5% do efetivo mineiro). A atividade pecuarista está mais concentrada nos municípios ao centro da bacia e ao norte, destacando-se os municípios de Curvelo e Pompéu.

A avicultura ocupa posição de destaque a nível estadual, principalmente pelo desempenho dos municípios de Pará de Minas e Brumadinho.

A população total da bacia do rio Paraopeba no ano de 1996, era de cerca de 933.600 habitantes, sendo que a relação total na bacia entre população urbana e rural é de aproximadamente 5:1 (IBGE, 1996).

Para o desenvolvimento deste trabalho adotou-se o seguinte critério: a população urbana é equivalente à população das sedes municipais dentro da área da bacia. A população rural foi considerada homogeneamente distribuída nas áreas contidas dentro da bacia.

A população total concentra-se, preponderantemente, em 14 dos 48 municípios da bacia, com aproximadamente 80% localizados, principalmente, nas regiões do alto curso e parte superior do baixo curso do rio Paraopeba. Somente a população do município de Betim (249.451 habitantes), que se encontra totalmente na área da bacia, representa 26,7% do total. Para o município de Contagem, neste trabalho, considerou-se uma população urbana de 110.862 na área da bacia, conforme dados do Plano Diretor do Município. Considerou-se ainda que Contagem não possui população rural na área inserida na bacia do rio Paraopeba.

O estudo realizado sobre as rendas das famílias residentes na bacia, baseado no recenseamento de 1991 do IBGE, mostrou os seguintes resultados (CETEC/IGA, 1996):

- os municípios que apresentavam os mais baixos rendimentos, com média mensal que variava de US\$ 85 a US\$ 158 por unidade familiar, correspondendo a uma faixa sala-

rial de 1 a 2 salários mínimos, coincidiam com aqueles situados na região do alto Paraopeba e que tinham a agropecuária como a principal fonte de renda;

- os municípios situados no baixo vale do Paraopeba, e ainda os municípios de Mateus Leme, Juatuba e Igarapé situados no médio vale, apresentavam uma renda próxima a US\$ 183, equivalentes a dois salários mínimos vigentes à época (1991);
- encontravam-se mesclados no alto e médio vale, municípios responsáveis pelo maior número de empregos e os melhores índices de renda, com médias salariais entre US\$ 183 e US\$ 389, variando de 2 a 4 salários mínimos. Nesta faixa destacam-se os municípios de Ouro Branco (siderurgia), Congonhas, Ouro Preto e Brumadinho (extrativa mineral), Betim e Contagem (parques industriais), Sete Lagoas e Itaúna (siderurgia), Pará de Minas (extração de minerais e atividades terciárias) e Florestal e Conselheiro Lafaiete (atividades terciárias).

DISCRETIZAÇÃO ESPACIAL DA BACIA

As variações topográficas na área da bacia influenciam significativamente o comportamento climático da região, resultando em valores pluviométricos e térmicos distintos. Analisando-se toda a extensão da bacia, nota-se um gradiente térmico positivo do alto para o baixo curso do rio Paraopeba. As temperaturas médias anuais em torno de 18°C e 19°C se alinham em isotermas quase paralelas a partir do meridiano 44°W, no sentido leste-oeste. Já as isotermas 20°C e 21°C se apresentam de forma quase perpendicular ao curso do rio Paraopeba a partir do paralelo 20°S. Há um maior espaçamento entre as isotermas 22°C e 23°C, que dominam a região do médio e baixo curso da bacia do rio Paraopeba. As temperaturas médias do mês mais quente variam de 20°C a 25°C e as temperaturas do mês mais frio variam de 15°C a 20°C. O alto Paraopeba apresenta os menores valores de temperatura, principalmente nas proximidades das serras de Ouro Branco e Moeda, com temperaturas entre 15°C e 18°C. As maiores médias ocorrem, essencialmente, no baixo Paraopeba, devido ao relevo e, secundariamente, devido à influência da altitude, apresentando temperaturas médias entre 22°C e 23°C.

Os núcleos de maiores precipitações estão no sudeste da bacia, no seu extremo sudoeste e em

toda extensão das serras do Quadrilátero Ferrífero. Todas estas áreas têm índices pluviométricos superiores a 1500 mm anuais. No alto curso do rio Paraopeba há um núcleo de 1300 mm anuais (região de Brumadinho), índice relativamente baixo para a região, o que pode estar relacionado à condição de relevo. Verifica-se um aumento do índice pluviométrico nas proximidades de Serra Azul, em torno de 1500 mm, voltando a decrescer logo em seguida, quando se direciona para o baixo Paraopeba, atingindo 1200 mm anuais no município de Curvelo - o menor índice identificado, segundo estudo ambiental realizado na bacia pelo CETEC/IGA (1996).

As áreas que apresentam maior número médio de dias de chuva são aquelas de topografia mais pronunciada e incluem toda a orla sudeste da bacia, chegando a 130 dias de chuva por ano. De um modo geral, há um decréscimo no número de dias chuvosos tanto no sentido leste-oeste no alto Paraopeba, quanto no sentido sul-norte a partir das serras do Quadrilátero Ferrífero, variando de 130 a 105 dias por ano. Os menores números situam-se no baixo Paraopeba, chegando a índices inferiores a 90 dias de chuva no ano.

A umidade relativa do ar no mês mais seco diminui, progressivamente, desde uma média de 75% na borda sudeste da bacia no alto curso do rio Paraopeba até 51% na região noroeste próximo à cidade de João Pinheiro.

A bacia apresenta um formato estreito e alongado, aproximadamente retangular e sua ocupação tem demarcações características, que pode ser dividida em setores ou compartimentos.

Para aplicação da metodologia, a bacia do rio Paraopeba foi concebida como um sistema formado por setores controlados por Pontos de Controle - PCs (Figura 3), os quais definem seções do rio principal. Estes setores, que são formados pelas áreas de drenagem a montante dos respectivos PCs, congregam municípios que possuem grupo de usuários similares. Nestes Pontos de Controle existem, simultaneamente, estações hidrométricas com medições de vazões e postos de monitoramento de qualidade das águas.

A SIMULAÇÃO DA OUTORGA DE DIREITO DE USO DE RECURSOS HÍDRICOS NA BACIA DO PARAOPEBA

Foram levantados os principais usuários de recursos hídricos na bacia para o ano de 1996.

Um dos principais usos da água na bacia do rio Paraopeba, em relação ao volume, é o abas-

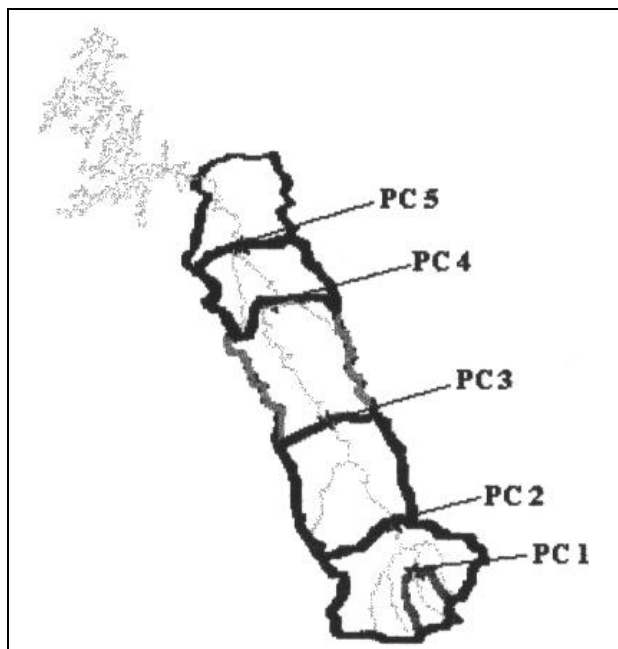


Figura 3. Divisão da bacia do rio Paraopeba em setores.

tecimento doméstico de núcleos urbanos. Através dos sistemas Vargem das Flores, Serra Azul e Manso, são exportados em torno de 5,69 m³/s de água para abastecimento de municípios da Região Metropolitana de Belo Horizonte - RMBH.

Os municípios que possuem sede na bacia do rio Paraopeba possuem um índice médio de 91,2% da população urbana abastecida e têm seus sistemas de abastecimento de água operados pelas prefeituras ou através de concessões operadas pela COPASA-MG - Companhia de Saneamento de Minas Gerais. Noventa por cento desses sistemas têm o manancial superficial como fonte de captação de água. Os demais 10% possuem sistemas mistos superficial/subterrâneo ou captações de águas subterrâneas.

Para cálculo das demandas de água para abastecimento da população urbana e rural, foram utilizados valores de consumo per capita usualmente utilizados em projetos de abastecimento e também adotados pela COPASA. Nestes consumos já estão consideradas as perdas nos sistemas de captação, adução e distribuição

Adotou-se, neste estudo, que 100% da população existente na bacia demandou água para seu consumo diário, resultante de captações superficiais. Obteve-se, desta forma, uma vazão de 2,0 m³/s para abastecimento humano em 1996.

Um outro importante uso da água na bacia do rio Paraopeba é a irrigação da agricultura, com a

Tabela 1. Usuários de recursos hídricos na bacia do rio Paraopeba (ano 1996).

Usuário	Vazão (m ³ /s)	Participação relativa (%)
População da bacia	2,00	10,54
População RMBH	5,69	29,99
Dessedentação de animais	0,29	1,53
Agricultura irrigada	10,60	55,88
Indústria	0,39	2,06
Total	18,97	100

utilização do pivô central. Apesar da agricultura irrigada, que está disseminada ao longo de toda a bacia, não se destacar como um uso preponderante nos estudos efetuados, é bastante representativo o consumo de recursos hídricos nesta atividade. Para o levantamento do consumo de água na agricultura irrigada na bacia do rio Paraopeba, utilizou-se o consumo de 1,0 l/s x ha e multiplicou-se pela área irrigada de cada município.

Considerou-se também a dessedentação de animais dos diversos rebanhos, sendo que os consumos médios de água foram estimados, a partir de dados de literatura (MAGNA, 1996). Os efetivos dos principais rebanhos animais, ou seja, bovinos, suínos, eqüinos e galináceos, foram obtidos segundo levantamentos junto ao Instituto de Desenvolvimento Industrial de Minas Gerais - INDI e ao IBGE. Obteve-se então o consumo de água do efetivo animal da bacia do rio Paraopeba no ano de 1996.

As informações sobre utilização de recursos hídricos na indústria foram obtidas junto à COPASA, INDI e Prefeitura Municipal de Betim. Não foram incluídos os consumos dos municípios cujas informações não estavam disponíveis. Porém, o valor total obtido pode ser considerado representativo do consumo industrial na bacia.

A Tabela 1 mostra os principais usuários e suas participações relativas na demanda total de recursos hídricos na bacia.

Para projeção da população para o ano de 2006, foram utilizadas curvas de tendência elaboradas a partir de estimativas feitas pelo Centro de Estatística e Informações (CEI) da Fundação João Pinheiro para o período 1991/2001, cujas fontes foram o Censo Demográfico de Minas Gerais de 1991 e Contagem da População de 1996, ambos elaborados pelo IBGE.

Das culturas temporárias, as de maior importância na bacia são as de milho e feijão. A área

colhida de milho apresentou uma elevação de 34,07% de 1985 a 1994. O feijão teve uma ampliação na área colhida de 47,72% no mesmo período devido à ampliação da área plantada. Outras culturas importantes, como arroz e hortaliças, também tiveram crescimentos expressivos nas áreas colhidas e na produção (MMA/SRH/RURALMINAS, 1998).

Apenas para composição de um cenário, tendo em vista as taxas de crescimento das diversas culturas permanentes e temporárias nos diversos municípios que compõem a bacia do Paraopeba, pode-se adotar uma taxa de crescimento da ordem de 3% ao ano, resultando em um incremento da área irrigada de 34,39% até o ano de 2006.

A atividade predominante na bacia em termos de pecuária é a bovinocultura. A partir de 1985 ocorreu um aumento do efetivo bovino de 13,07% até o ano de 1994 (MMA/SRH/RURALMINAS, 1998).

Ainda para composição do cenário futuro e tomando-se a bovinocultura como representativa do efetivo animal, pode-se projetar, a partir do efetivo de 1996, um incremento na pecuária de 14,6% até o ano de 2006.

Para a indústria, as projeções se tornam ainda mais difíceis, pois além de se estimar um crescimento econômico, que também poderá apresentar taxas negativas de crescimento, há de se considerar o desenvolvimento tecnológico, com reaproveitamento da água e mesmo diminuição do seu consumo no processo produtivo.

Assim, apenas para composição do cenário futuro, em termos de consumo de água, pode-se utilizar um valor equivalente à taxa média de crescimento anual do PIB desagregado, relativo à indústria nos municípios da bacia do Paraopeba no período 1985/1995, que foi de 1,28% ao ano (MMA/SRH/RURALMINAS, 1998).

Esta taxa aplicada no período de 1996/2006 levará a um incremento de aproximadamente 13,6% até o ano de 2006.

Para se efetuar o balanço hídrico na bacia do rio Paraopeba, onde são consideradas as demandas e as vazões outorgáveis, utilizou-se o modelo de regressão obtido por Euclides (1999) para esta bacia, para vazão específica mínima com sete dias de duração e período de retorno de dez anos, apresentada a seguir:

$$q_{7,10} = 4,843 A^{-0,051} \quad (4)$$

onde $q_{7,10}$ é a vazão mínima específica (l/s.km²) e; A a área de drenagem a montante do ponto medido (km²).

O balanço efetuado nas seções de controle para as demandas *versus* disponibilidades de recursos hídricos em 1996 (Figura 4), e demandas projetadas *versus* disponibilidades para o ano de 2006 (Figura 5), mostram que, se todos os usos de recursos hídricos forem outorgados, o limite legal de 30% da vazão de referência ($Q_{7,10}$) será ultrapassado a partir do segundo ponto de controle.

Verifica-se, para a bacia do rio Paraopeba (Schvartzman, 2000), que se todos os usuários solicitarem as respectivas outorgas, dentro do critério atualmente existente (30% de $Q_{7,10}$), o órgão gestor teria que indeferir solicitações, até mesmo da classe de prioridade 1 (abastecimento humano) no PC 05 em 1996 e indeferir solicitações da classe de prioridade 1, a partir do PC 04, no ano de 2006.

Análise do critério de não atendimento

Em algumas bacias hidrográficas, como a bacia do rio Paraopeba, o critério de outorgar-se apenas 30% da $Q_{7,10}$ poderá tornar-se muito restritivo no atendimento das demandas das diversas classes de usuários existentes. Na maior parte do tempo, provavelmente, as vazões observadas nos rios serão superiores àquelas porcentagens legalmente outorgáveis (pelo critério atualmente adotado).

Para se fazer uma discussão a respeito deste problema, admitindo-se a eventual adoção de outorga de valor superior a 30% da $Q_{7,10}$, é necessário estabelecer um critério adicional para se julgar o impacto de tal mudança sobre o uso do recurso. Uma alternativa é procurar avaliar o risco de não atendimento do critério de concessão de outorgas por classe de usuários.

Tendo em vista a adoção da discretização espacial, esta avaliação deve ser feita em cada ponto de controle (PC), quando, então, é verificado o atendimento ou o não atendimento para cada classe de prioridade. As demandas de recursos hídricos devem ser separadas por classe de prioridade (abastecimento humano, dessedentação de animais, irrigação, etc.) e então pode-se verificar, baseado na série de dados históricos de vazão ou, eventualmente, também pela geração de séries sintéticas, qual o risco de não atendimento às diversas demandas.

No presente trabalho, o risco de não atendimento para cada classe de usuários foi definido como a razão entre o número de anos da série de dados históricos de vazões disponíveis, em que exista pelo menos uma falha diária, pelo número

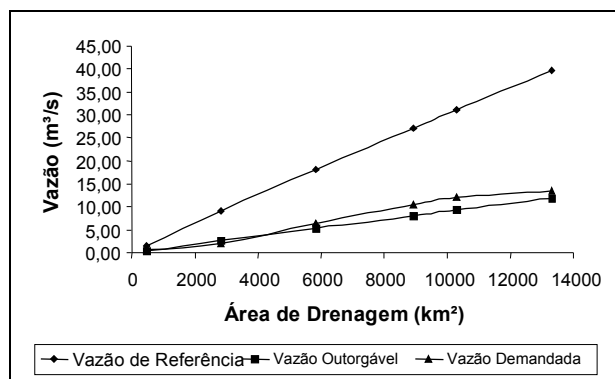


Figura 4. Simulação da outorga na bacia com demandas de água relativas a 1996.

total de anos da série analisada. Para avaliar o risco, a vazão correspondente à classe i , Q_i , deve ser adicionada às vazões de prioridade superior. Por exemplo, ao se avaliar o risco de não atendimento para demandas da classe de prioridade 3, deve ser verificado, na verdade, o risco de não atendimento para a somatória das demandas das classes de prioridades 1, 2 e 3.

$$Q_i = \sum_{j=1}^i Q_j \quad (5)$$

Por outro lado, é possível que a falha de um dia não tenha consequências operacionais significativas para uma dada classe, excetuando-se a classe de prioridade 1 (abastecimento doméstico e vazão ecológica). Torna-se, portanto, interessante avaliar o risco de não atendimento associado a uma duração superior, ou seja, n dias consecutivos de não atendimento.

Para a simulação dos riscos foi desenvolvido um programa para ambiente *Microsoft Windows*® (Figura 6) que, a partir da série de vazões diárias do posto de controle da área estudada, das vazões de demanda de cada classe de prioridade e da vazão de referência para outorga, calcula o risco de não atendimento para o critério de outorga e para cada classe prioritária de usuários (Schvartzman et al., 1999).

Uma alternativa, aparentemente simples, para atender a todos os usuários seria aumentar a fração de $Q_{7,10}$; entretanto, deve-se verificar o que isto significa em termos de risco de não atendimento. O aumento da vazão outorgável representaria também uma diminuição da vazão ecológica, que deve ser avaliada.

A questão que se coloca é: a bacia, através da série histórica de dados de vazão nos pontos

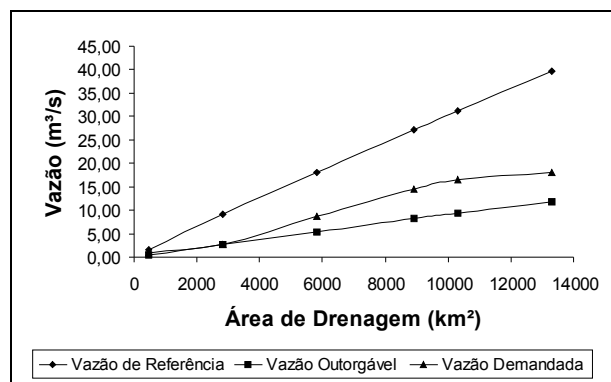


Figura 5. Simulação da outorga na bacia com demandas de água previstas para 2006.

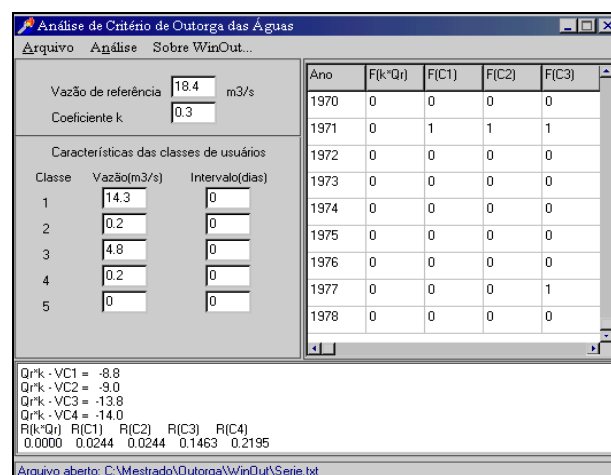


Figura 6. Tela do programa de cálculo do risco de não atendimento.

representativos, que são os PCs, poderá atender a uma fração de outorga superior a 30% de $Q_{7,10}$? Deve-se, então, avaliar o risco de não atendimento da série à fração da $Q_{7,10}$, caso a mesma seja superior a 30%.

Na bacia do Paraopeba, o risco calculado é nulo para frações inferiores a 70%, porém haverá falhas a partir de 75% de $Q_{7,10}$ nos PCs 1, 3 e 4.

Observa-se, desta maneira, que ao se outorgar vazões baseadas em frações superiores a 75% de $Q_{7,10}$ na bacia do rio Paraopeba, pode-se incorrer em risco de não atendimento às vazões demandadas.

Nas simulações efetuadas para o ano de 2006, foram obtidos riscos elevados (da ordem de 16%) associados a 1, 2, 3 e 4 dias consecutivos de não atendimento às demandas de prioridade 1. Obteve-se também risco elevado (da ordem de 6%) no PC 4 para a demanda de prioridade 1, após o atendimento dos PCs 1, 2 e 3.

Nas análises de risco de não atendimento às demandas, utilizou-se a vazão ecológica como 70% da $Q_{7,10}$, conforme adotado no Estado de Minas Gerais, sem entrar na discussão sobre a sua pertinência, tendo em vista as necessidades do meio biótico.

Verifica-se que não é suficiente fixar-se um critério para outorga mas deve-se analisar a disponibilidade hídrica na bacia, em função das demandas atuais e futuras e, através da análise de risco de não atendimento, adotar uma política coerente para atendimento das diversas demandas.

Os resultados obtidos, tanto para falhas num único dia, bem como para períodos de duração de falhas consecutivas, apresentaram riscos que podem ser considerados elevados, sobretudo, tendo em vista que a bacia ainda apresenta baixa densidade demográfica. Isso pode significar a necessidade de se equipar a bacia para fins de regularização de vazões e atendimento às demandas, se for mantido o critério atual de outorga de recursos hídricos. Por outro lado, os usuários poderão aceitar riscos maiores de não fornecimento, em função dos usos previstos para a água.

A análise de risco de não atendimento de demandas, baseada na série histórica de dados de vazão, mostra-se, igualmente, como uma ferramenta útil na análise dos processos de outorga e poderá ser objeto de negociação no âmbito dos comitês de bacia hidrográfica com os diversos usuários de água.

Finalmente, o risco de não atendimento poderá ser associado ao mecanismo de cobrança pelo uso de recursos hídricos. Em setores da bacia onde há maior garantia de fornecimento, poderão ser estabelecidos parâmetros diferenciados para os preços básicos. Da mesma forma, reduções de tarifas poderão também ser estudadas, em função de uma menor garantia no atendimento das demandas.

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA

A qualidade das águas pode ser avaliada através dos postos de monitoramento de qualidade dispostos ao longo da bacia. Através das campanhas de monitoramento podem ser colhidas informações sobre os diversos parâmetros medidores de poluição e sobre as fontes poluidoras.

Nas bacias hidrográficas da região sudeste do Brasil, uma das principais fontes de poluição são os esgotos domésticos dos centros urbanos, além das cargas poluidoras das indústrias e poluição difusa devido às atividades agropecuárias.

Novamente aqui, para aplicação da metodologia é adotada a concepção da bacia dividida

em setores monitorados por Pontos de Controle (PC). Nos cinco pontos selecionados serão utilizados dados medidos para calibrar o modelo de qualidade a ser empregado.

Neste trabalho é avaliada somente a poluição dos rios devida a efluentes domésticos urbanos. Cumpre ressaltar que outras formas de poluição oriundas da indústria, agricultura e outras fontes difusas devem ser melhor avaliadas e computadas, para adoção de medidas apropriadas ao saneamento e à qualidade ambiental da bacia.

Para fazer a avaliação proposta, as seguintes premissas são adotadas:

- são considerados os esgotos dos centros urbanos dentro da área da bacia;
- é considerado que o atendimento de água potável é para 100% da população urbana, e a taxa de retorno em forma de esgoto, é admitida como sendo de 80% da vazão de abastecimento da população;
- por uma questão de simplicidade, é considerado que as vazões de esgoto são lançadas em rios afluentes e aportam ao rio Paraopeba, de uma maneira proporcional à distribuição da população e uniforme ao longo do rio, que é dividido em trechos de aproximadamente 10 km.

As premissas adotadas permitem a avaliação da qualidade das águas em consonância com os objetivos mais gerais do presente estudo. Naturalmente que se reconhece as limitações de algumas destas premissas para aplicação em estudos mais específicos de modelagem matemática. Havendo disponibilidade de dados e estudos mais aprofundados, eles podem ser facilmente integrados à metodologia proposta no presente trabalho.

As duas variáveis modeladas foram oxigênio dissolvido e coliformes, que são parâmetros constantes da Resolução CONAMA 20/86 que disciplina o enquadramento dos cursos de água e corpos receptores. O oxigênio dissolvido é o parâmetro físico-químico mais frequentemente utilizado na modelagem matemática de qualidade das águas, devido à sua importância para o meio biótico. Do ponto de vista de saúde pública, a eventual presença de microorganismos patogênicos assume fundamental importância. Neste sentido, os coliformes têm sido tradicionalmente utilizados como indicadores de contaminação fecal, dispensando a modelagem individualizada de cada organismo patogê-

nico, a qual não é incluída nos modelos matemáticos da prática corrente. Com relação aos coliformes, adota-se neste estudo o grupo de coliformes fecais. Recentemente há uma tendência de se substituir estes pela bactéria *Escherichia coli* (real indicador de contaminação fecal), bem como o termo coliforme fecal por coliforme termotolerante. No entanto, a utilização do indicador coliformes fecais persiste ainda na maior parte dos modelos matemáticos.

O modelo utilizado se baseia nas equações de Streeter-Phelps, para cálculo do consumo de oxigênio, que de uma maneira simplificada, considera apenas a desoxigenação e a reaeração atmosférica no balanço do oxigênio dissolvido (Von Sperling, 1996).

A taxa de variação do déficit do oxigênio com o tempo é igual ao consumo de OD menos a produção de OD, ou ainda:

$$\frac{dD}{dt} = K_1 L - K_2 D \quad (1)$$

onde K_1 é o coeficiente de desoxigenação (dia^{-1}); L a concentração de DBO remanescente (mg/l); K_2 o coeficiente de reaeração (dia^{-1}); D o déficit do oxigênio dissolvido (mg/l) e; T o tempo (dia).

A integração da equação anterior conduz a:

$$D_t = \frac{K_1 L_0}{K_2 - K_1} \left(e^{-k_1 \cdot t} - e^{-k_2 \cdot t} \right) + D_0 e^{-k_2 \cdot t} \quad (2)$$

que é a equação geral que expressa a variação do déficit do oxigênio em função do tempo.

São os seguintes os dados de entrada necessários para a utilização do modelo de Streeter-Phelps:

- vazão do rio (Q_r) (m^3/s);
- vazão de esgoto (Q_e) (m^3/s);
- DBO₅ do rio (DBO_r) (mg/l);
- DBO₅ do esgoto bruto (DBO_e) (mg/l);
- oxigênio dissolvido do rio (OD_r) (mg/l);
- oxigênio dissolvido do esgoto (OD_e) (mg/l);
- concentração de saturação do oxigênio (OD_{saturação}) (mg/l);
- coeficiente de desoxigenação (K_1) (dia^{-1});
- coeficiente de reaeração (K_2) (dia^{-1});
- distância do trecho (km);
- velocidade (m/s).

Os coliformes fecais apresentam uma taxa de mortalidade natural quando expostos a condi-

ções ambientais diferentes das existentes dentro do sistema humano. Esta taxa de mortalidade é ligeiramente superior à da maioria dos organismos patogênicos, o que reforça a segurança embutida no grupo coliformes como indicadores de contaminação fecal.

O modelo utiliza o conceito da taxa de mortalidade bacteriana descrita pela lei de Chick, segundo a qual a taxa de remoção é diretamente proporcional à concentração de bactérias:

$$\frac{dN}{dt} = -K_b N \quad (3)$$

onde N é o número de coliformes (NMP/100 ml); K_b o coeficiente de decaimento bacteriano (dia^{-1}) e; t o tempo (dia).

São os seguintes os dados de entrada necessários para a utilização do modelo de Chick:

- coliformes fecais do rio (CF_r) (NMP/ml);
- coliformes fecais do esgoto (CF_e) (NMP/ml);
- coeficiente de decaimento bacteriano (K_b) (dia^{-1});
- tempo de percurso (t) (dia).

Após a calibração do modelo com utilização de dados medidos nos postos de controle, é verificada a necessidade de tratamento para remoção de DBO (demanda bioquímica de oxigênio) e coliformes fecais, de maneira a se atingir os objetivos propostos para estes dois parâmetros.

Resultados das simulações sobre qualidade das águas

Inicialmente, o modelo utilizado na simulação foi calibrado baseando-se em dados históricos das campanhas bimestrais de amostragem dos postos de monitoramento, realizadas pela Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM de agosto/93 a dezembro/96. Foram utilizadas as médias aritméticas e desvios-padrão dos dados do parâmetro oxigênio dissolvido. Para o parâmetro coliforme fecal foram obtidas as médias geométricas, devido à grande amplitude dos dados medidos nas campanhas de amostragem. Foram estabelecidos os intervalos que contêm as médias ao nível de confiança de 95%, de acordo com distribuição t de "Student", com $n - 1$ graus de liberdade.

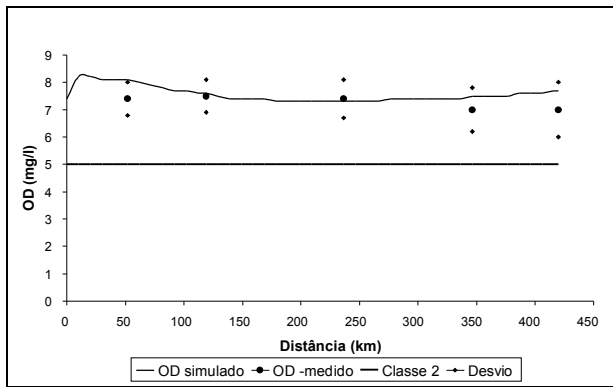


Figura 7. Resultado da calibração para oxigênio dissolvido.

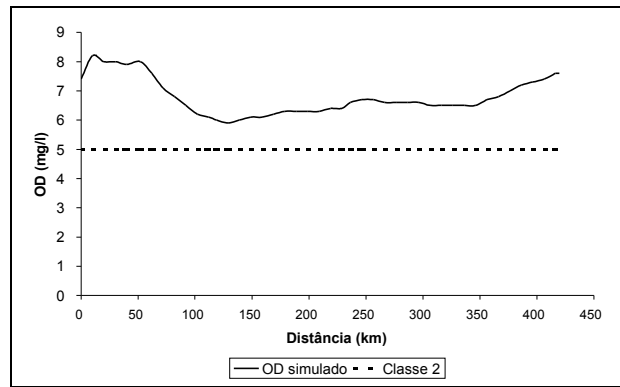


Figura 9. Perfil do OD na vazão $Q_{7,10}$ do rio em 2006 (esgotos brutos).

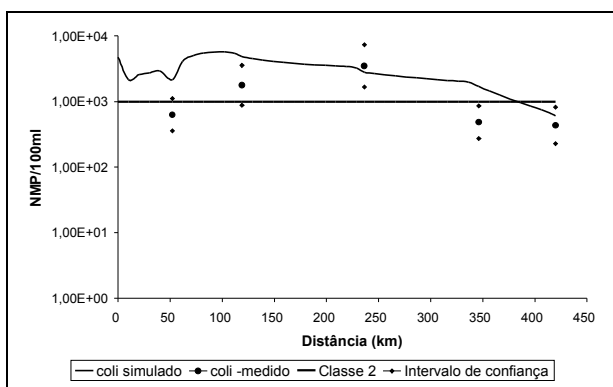


Figura 8. Resultado da calibração para coliformes fecais.

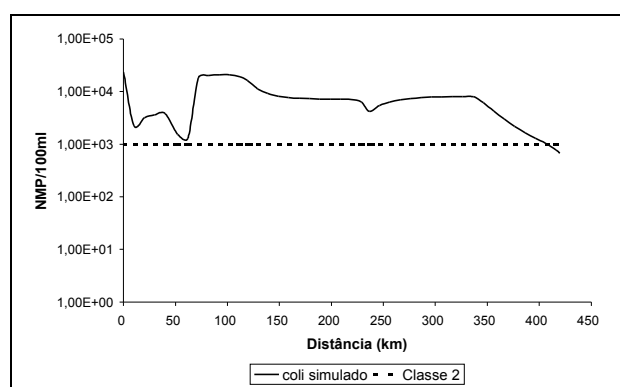


Figura 10. Perfil de CF na vazão $Q_{7,10}$ do rio em 2006 (esgotos brutos).

O modelo que reproduz a depleção do oxigênio e o decaimento das bactérias do grupo coliformes fecais foi calibrado tomando-se a vazão do rio igual à vazão média. A vazão de esgoto utilizada foi aquela produzida pela população urbana em 1996.

Apesar de se utilizar apenas cinco pontos para calibração dos indicadores, considerou-se bom o ajuste para os perfis de oxigênio dissolvido (Figura 7) e coliformes fecais (Figura 8), sendo que as curvas acompanharam as tendências dos valores medidos ao longo da bacia.

Uma vez que a quase totalidade das águas do rio Paraopeba foi enquadrada como classe 2, são utilizadas como referência as concentrações padrões exigidas nas normas ambientais para esta classe de enquadramento dos cursos de água: 5 mg/l, a concentração mínima para oxigênio dissolvido, e 1000 NMP/100 ml, a concentração máxima admitida para coliformes fecais.

As simulações de OD e CF no rio Paraopeba em 2006, considerando o lançamento de esgotos brutos urbanos de 2006 de acordo com previsões de

crescimento da população da bacia e a vazão $Q_{7,10}$ do rio, são mostradas nas Figuras 9 e 10.

Verifica-se que, à medida que a população aumenta e, conseqüentemente, aumentam os lançamentos de esgotos urbanos sem tratamento, as condições do rio e da bacia tendem a se deteriorar. As simulações relativas às concentrações de oxigênio dissolvido na água, apesar de ainda se mostrarem satisfatórias, segundo padrões definidos para a classe 2, mostram um decréscimo que deverá continuar, se nenhuma intervenção for feita na bacia no sentido de se tratar os esgotos domésticos.

As concentrações de coliformes fecais, que já mostravam em 1996 número superior ao limite estabelecido para a classe 2 de enquadramento dos cursos d'água, naturalmente permanecem fora do padrão na simulação para o ano de 2006. Nesta situação de contaminação das águas, justifica-se um tratamento para diminuição da concentração de coliformes fecais.

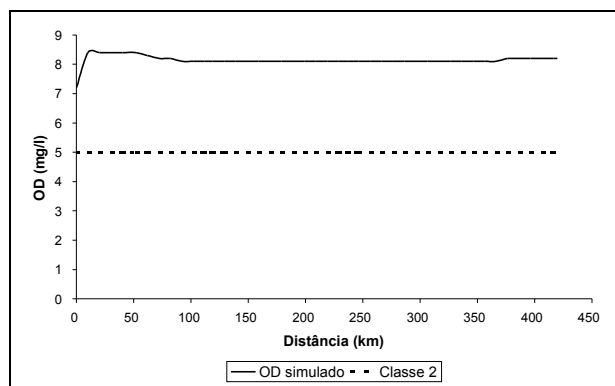


Figura 11. Perfil do OD na vazão $Q_{7,10}$ do rio em 2006, após tratamento (remoção de 85% da DBO).

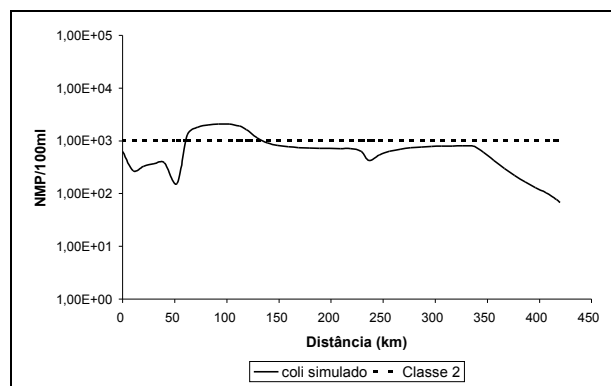


Figura 12. Perfil do CF na vazão $Q_{7,10}$ do rio em 2006, após tratamento (remoção de 90% dos coliformes fecais).

Simulação do tratamento dos esgotos urbanos para o ano de 2006

No enquadramento das águas do rio Paraopeba (Deliberação Normativa 14 de 28/12/95 do COPAM) ficou estabelecido que o trecho compreendido entre o primeiro açude até a confluência com o rio Maranhão deve possuir características que atendam aos padrões da classe 1 para os usos a que se destinam. A partir desta confluência, até a foz na Represa de Três Marias, o rio Paraopeba foi enquadrado como classe 2.

Foi adotado o cenário no qual todo o rio Paraopeba deveria atender, pelo menos, aos padrões de concentração exigidos para a classe 2.

O modelo desenvolvido permite simulações com adoção de diversas eficiências nos tratamentos de esgotos. Diversos cenários para tratamento dos esgotos urbanos foram simulados para remoção de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e para redução das concentrações de coliformes fecais.

De acordo com as simulações, os tratamentos mínimos exigidos para atendimento aos padrões da classe 2 demandaram eficiência de 85% na remoção de DBO (também para atendimento ao padrão de lançamento de esgotos estabelecido na DN nº 010/86 do COPAM) e 90% na remoção de coliformes fecais (valor usualmente obtido em tratamentos secundários convencionais). As Figuras 11 e 12 mostram os perfis de oxigênio dissolvido e coliformes fecais presentes no rio Paraopeba no ano de 2006, após tratamento de esgotos, considerando-se a vazão mínima para diluição igual à vazão $Q_{7,10}$.

Admite-se que os resultados obtidos através dos perfis de oxigênio dissolvido e de coliformes fecais mostram-se satisfatórios para o nível de

tratamento secundário que se pretende adotar, e compatíveis com as tecnologias de tratamento de esgotos usualmente utilizadas em nosso meio. Portanto, é necessária a implementação de equipamentos para atendimento aos padrões de qualidade definidos pelos usuários dos recursos hídricos no enquadramento efetuado na bacia do Paraopeba. Também é necessário o tratamento dos esgotos brutos urbanos, para atendimento aos padrões de lançamento preconizados na legislação mineira.

COBRANÇA PELO USO DOS RECURSOS HÍDRICOS

A cobrança pelo uso dos recursos hídricos, um instrumento importante e prioritário na gestão das águas, deverá ser regulamentada através de um decreto estadual. Este decreto deverá regulamentar os procedimentos e fatores para o cálculo dos preços, bem como estabelecer diretrizes de caráter técnico e administrativo inerentes à operacionalização da cobrança em todo o Estado.

A cobrança pelo uso dos recursos hídricos deve incidir sobre volumes outorgados, excetuando-se os usos para a satisfação das necessidades de pequenos núcleos populacionais distribuídos no meio rural, bem como acumulações, derivações, captações e lançamentos considerados insignificantes. Assim, a cobrança pelo uso da água bruta poderá ser relativamente fácil de ser implementada, desde que o instrumento de outorga alcance a todos os usuários. Nos atuais certificados emitidos pelo IGAM aos usuários de recursos hídricos, consta que aquela vazão outorgada será passível de cobrança tão logo esta seja regulamentada. Para o estabelecimento de valores justos, a cobrança deve-

ria ser antecedida de estudos sobre a elasticidade-preço da demanda por água nas diversas atividades econômicas. Como a elasticidade-preço refere-se a cogitações sobre quanto o consumidor estaria disposto a modificar o seu consumo de água caso houvesse uma alteração no preço, ela é um interessante conceito para subsidiar os valores a serem definidos para a cobrança pelo uso da água (Ribeiro et al., 1999). A disposição a pagar e a capacidade de pagamento dos usuários são também importantes indicadores para a formulação da cobrança, além de ampla discussão sobre impactos nas atividades econômicas nos diferentes segmentos sociais.

Ribeiro e Lanna (1997) propõem diversas referências para a cobrança de água bruta, analisando experiências estrangeiras e estudos brasileiros e concluem que, na maioria dos casos é buscada a viabilidade financeira que permita arrecadação de recursos para os investimentos previstos no sistema de gerenciamento de recursos hídricos.

A legislação mineira recomenda que, na fixação dos valores a serem cobrados pelo uso de recursos hídricos, sejam observados os aspectos relativos às características e especificidades das captações, localização dos usuários, porte e finalidade da utilização, dentre outros aspectos.

Assim, conforme proposto por Pereira et al. (1999), o modelo de precificação a ser adotado deve prever a possibilidade de se considerar uma série de fatores de ponderação para ajustar os preços unitários da água a seus atributos de disponibilidade, qualidade e confiabilidade, a categoria de uso, ou a razões de estímulo social ou econômico.

É possível também, imaginar-se uma estrutura de cobrança, com um valor anual a ser pago pelo usuário proporcional à poluição gerada, em função da carga lançada multiplicada por preços básicos unitários, que ainda seriam multiplicados por coeficientes ponderadores.

No presente estudo, não foi ainda possível levantar-se dados relativos à indústria e demais usuários, de maneira a se fazer uma simulação desta estrutura de cobrança. Não foram, portanto, propostas cobranças sobre poluição gerada por estes e demais usuários, excetuando-se a poluição oriunda da população urbana, que pode ser estimada conforme visto anteriormente.

Existe uma expectativa por parte dos usuários de recursos hídricos da bacia do rio Paraopeba no sentido de conhecer e analisar uma proposta para cobrança, uma vez que este assunto já foi abordado em diversas audiências públicas realiza-

das na bacia. Também no âmbito do Consórcio Intermunicipal da Bacia Hidrográfica do rio Paraopeba - CIBAPAR, entidade fundada em 1994, que congrega os principais municípios integrantes da bacia do rio Paraopeba, e que antecede a formação do comitê da bacia hidrográfica, o tema da cobrança tem sido abordado em diversas reuniões, sendo que existe o consenso sobre a necessidade de intervenções que visem à melhoria da qualidade ambiental da bacia (CIBAPAR, 1998).

Conforme afirma Ribeiro et al. (1999), a cobrança tem sido vista como um mecanismo financeiro. Nas simulações, procura-se viabilizar politicamente a introdução da cobrança fazendo com que o usuário de água não seja significativamente afetado em seus custos. Com o amadurecimento do sistema, espera-se que considerações econômicas sejam incluídas nas análises, estabelecendo preços mais coerentes. Mesmo assim, segundo Ribeiro et al. (1999), a cobrança não representa a única condição necessária para a recuperação de custos e financiamento de programas futuros. No contexto deste trabalho, não são considerados subsídios cruzados ou diretos, nem se considerou a utilização de financiamentos externos à bacia que, certamente, poderão compor uma estrutura mais complexa no equacionamento dos programas a serem estabelecidos pelos Planos Diretores de Bacia.

No presente estudo, buscou-se fazer uma simulação da cobrança visando a arrecadação de fundos para financiamento dos investimentos a serem realizados na bacia.

Critérios para implantação da cobrança pelo uso de recursos hídricos

As motivações para a implantação da cobrança pelo uso de recursos hídricos na bacia do rio Paraopeba são de ordem financeira e econômica. A motivação financeira está associada à recuperação dos investimentos a serem efetuados e pagamentos dos custos operacionais e de manutenção dos sistemas de tratamento de efluentes. A motivação econômica está associada à indução ao uso racional e produtivo da água, sinalizando para o usuário o valor econômico do recurso hídrico. Haveria também ganhos do ponto de vista social, com fundos de investimentos arrecadados gerando melhorias para o bem estar dos habitantes da bacia.

Com a introdução dos sistemas de esgotamento e tratamento dos esgotos urbanos, certamente, haverá melhoria na qualidade de vida das pessoas.

Para fazer-se a estimativa dos investimentos a serem realizados na bacia do rio Paraopeba, em termos de intervenções e obras, considerou-se a necessidade de se implantar sistemas de tratamento de esgotos que resultassem na redução de 85% da concentração de DBO, de maneira a atender ao padrão de lançamento estabelecido em Minas Gerais (Artigo 15 da Deliberação COPAM nº10/86), e na redução de 90% na concentração de coliformes fecais ao longo de toda a bacia. Com estas reduções poderão também ser atendidos os padrões estabelecidos pelo enquadramento das águas para a quase totalidade da extensão do rio Paraopeba.

Vários processos podem ser utilizados para o tratamento dos esgotos, combinando reatores anaeróbios de manta de lodo, lagoas facultativas, lagoas anaeróbias e outros processos de tratamento secundário, de acordo com as peculiaridades de cada caso.

Os serviços de esgotamento sanitário nos municípios são realizados em sua maioria pelas próprias prefeituras municipais, sendo que apenas nos municípios de Betim, Conselheiro Lafaiete, Ouro Branco e Pará de Minas os serviços são executados pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA-MG. Segundo levantamentos efetuados (CETEC/IGA, 1996) a porcentagem da população atendida pelos serviços de esgotamento sanitário varia de 0% a 94%. Somente os municípios de Congonhas, Felixlândia e Maravilhas possuem algum tipo de tratamento de esgotos antes do lançamento dos cursos de água da bacia (MMA/SRH/RURALMINAS, 1998).

Estes dados mostram que os níveis das intervenções necessárias nos diversos municípios são os mais variados possíveis, compreendendo desde trabalhos iniciais de implantação de ligações prediais e rede coletora de esgotos e obras relativas à implantação de interceptores e emissários, até a implantação de sistemas completos de tratamento de esgotos antes do lançamento dos efluentes urbanos nos corpos de água.

Para fazer-se a estimativa dos custos das obras de implantação e/ou adequação de ligações prediais, implantação de redes coletoras de esgoto e demais equipamentos ao longo da bacia, foram utilizados os preços médios unitários obtidos junto à COPASA, empresas projetistas e orçamentos diversos para os diversos serviços relativos a redes coletoras, interceptores, emissários, linhas de recalque e redes coletoras de esgoto. Nos custos de implantação das redes e implantação das estações de

tratamento, foi adotado como premissa para este estudo um sistema de parceria com as prefeituras municipais. Através desta parceria, os encargos com desapropriações e aquisição ou doações de terrenos para instalação das estações de tratamento ficariam com os municípios. Assim, na elaboração dos custos não foram computados estes valores. Também não foram computados serviços topográficos, custos de elaboração de projetos básico e executivo e levantamentos cadastrais, que ficariam como encargos das concessionárias dos serviços de tratamento de esgoto ou da municipalidade.

Para obtenção dos custos para os diversos tipos de tratamentos de esgotos, foram considerados os sistemas compostos de reator anaeróbio de manta de lodo e/ou lagoa anaeróbia - lagoa facultativa, cujos custos unitários de implantação podem ser orçados entre US\$ 30,00/hab e US\$ 65,00/hab (Von Sperling, 1996). Ainda, através de pesquisa junto a empresas projetistas atuantes no mercado sobre os custos médios para os diversos tipos de tratamentos secundários, obteve-se o valor médio de US\$ 47,20/hab. O produto deste valor multiplicado pelo número de habitantes foi considerado como custo de implantação dos sistemas de tratamento de esgoto em cada município. Estes sistemas deverão ser implantados junto com a rede coletora de esgotos nesta estimativa de investimento.

Os quantitativos para composição dos custos dos serviços de esgotamento sanitário nos diversos municípios foram obtidos a partir de levantamentos efetuados pela COPASA em 247 municípios mineiros, entre os quais estão 18 municípios pertencentes à bacia do rio Paraopeba, para o programa da Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD/COPASA, 1998).

Como esses 18 municípios se encontram nas regiões do alto, médio e baixo Paraopeba, com os mais variados tipos de urbanização, topografia, etc, considera-se razoável afirmar que são representativos da maioria dos 37 municípios que possuem a sede municipal dentro da área da bacia. Assim, para efeito de uma estimativa de custos, pode-se obter o custo médio ponderado de R\$ 362,00/hab para os 18 municípios pesquisados, ou o equivalente a US\$ 201,00/hab (tomando-se a conversão US\$ 1,00 = R\$ 1,80 à época do orçamento).

Extrapolando-se para toda a bacia do rio Paraopeba, com população urbana de aproximadamente 781.000 habitantes, e levando-se em conta que ainda se trata de uma simulação, teve-se o cus-

to para implantação do sistema orçado em US\$ 157.000.000,00 (cento e cinquenta e sete milhões de dólares).

Naturalmente que se reconhece aqui a simplicidade desta avaliação de investimentos. Uma aproximação mais precisa deveria resultar dos seguintes procedimentos:

- localização dos principais pontos de lançamento na bacia, associados aos respectivos municípios;
- simulação de diferentes combinações de tratamento (primário, secundário ou terciário) para estes pontos, estabelecendo relações de custo (investimento) e benefícios (simulação da qualidade hídrica resultante); e
- seleção de melhor alternativa de pontos e níveis de tratamento.

No presente trabalho, as simplificações adotadas refletem o objetivo de uma análise preliminar de necessidades de investimento na bacia. Uma metodologia mais detalhada, como a itemizada no parágrafo anterior, deve conduzir a um processo de otimização de investimento tendo como referência a melhoria da qualidade da água. Acredita-se que os resultados aqui obtidos são suficientes para orientar estudos futuros nesse sentido, que exigirão não apenas esforços significativos em coleta de dados como adquirirão mais sentido com a participação dos atores da bacia.

Para financiamento do investimento global estimado em US\$ 157.000.000,00 a ser realizado, pode-se considerar que o custo total orçado, a exemplo de outros estudos sobre cobrança (MAGNA, 1996; Pereira et al., 1999), poderá ser pago no período de 20 anos, com taxa de juros de 12% ao ano.

Assim, com a adoção das premissas anteriormente descritas, pode-se calcular o custo total anual, adotando-se a Equação (6) para obtenção das anuidades constantes do investimento inicial (James & Lee, 1971).

$$A = P \cdot \frac{(1+i)^n \cdot i}{(1+i)^n - 1} \quad (6)$$

onde A são as anuidades constantes; P o valor presente; n o número de anos e; i a taxa de juros anuais.

O valor anual calculado para pagamento do investimento, no prazo de vinte anos, para implantação dos sistemas de esgotamento sanitário nos

municípios com sede na bacia do rio Paraopeba, foi igual a US\$ 21.026.528,00 anuais.

Para manutenção e operação dos sistemas de tratamento considerou-se um gasto anual equivalente a 10% (dez por cento) do montante do investimento. O valor calculado para implantação dos sistemas de tratamento de esgoto foi igual a US\$ 36.880.556,00. Assim, o custo anual de operação e manutenção é de US\$ 3.688.056,00.

Se considerar-se como passível de precificação apenas o custo de investimento para implantação dos sistemas tem-se o custo de US\$ 21.026.528,00 a ser coberto pela cobrança pelo uso da água.

Se considerar-se que os usuários da bacia terão que arcar com os custos totais, ou seja, o custo de investimento através da cobrança pelo uso da água mais a tarifa correspondente à operação e manutenção dos sistemas, têm-se o custo total anual equivalente a US\$ 24.714.584,00.

Simulação da cobrança pelo uso de recursos hídricos

Os preços adotados para a simulação da cobrança pela captação de água bruta foram arbitrados neste trabalho, e foram baseados em estudos de cobrança realizados em outras bacias hidrográficas brasileiras (Conejo, 1993; Pereira, 1996; MAGNA, 1996). Para o abastecimento doméstico e exportação de água para a RMBH arbitrou-se o preço de US\$ 0,020/m³ e para o consumo industrial arbitrou-se o preço de US\$ 0,030/m³. Arbitrou-se ainda, o preço de US\$ 0,005/m³ para a dessedentação de animais e irrigação da agricultura. Foram adotados preços mais baixos, para estes dois usos da água, por entender-se que são setores mais sensíveis à cobrança, conforme apontam os estudos sobre cobrança anteriormente citados. Diversos valores têm sido utilizados nos mais variados estudos sobre cobrança. Os valores aqui adotados, simplesmente, correspondem a uma primeira simulação na bacia.

A importância anual a ser arrecada, adotando-se os preços arbitrados e os diversos consumos da bacia, é igual a US\$ 6.936.343,20.

Os preços com a cobrança pelo lançamento de efluentes devem ser suficientes para cobrir os custos restantes de US\$ 14,09 milhões anuais relativos ao investimento efetuado. Esta importância dividida pela população urbana de aproximadamente 781.000 habitantes da bacia, considerada

para o cálculo da poluição de origem urbana, resulta no equivalente a US\$ 18,04/hab.ano ou US\$ 1,50/hab.mês.

Para avaliar-se o impacto da cobrança sobre a população urbana, deve-se somar as parcelas referentes à cobrança pela água bruta e à cobrança pelo lançamento de esgotos.

Tem-se um consumo médio urbano de água de, aproximadamente, 197 l/hab.dia. Considerando-se a nova tarifa de água bruta ao preço de US\$ 0,020/m³, tem-se um valor mensal de US\$ 0,118, que somado ao valor mensal de US\$ 1,50 (cobrança mensal pelo lançamento de esgotos), perfazem o total de US\$ 1,618/hab.mês, equivalentes a, aproximadamente, R\$ 2,91 (dois reais e noventa e um centavos) de acréscimo por habitante numa conta mensal de água. (adotando-se a taxa de conversão US\$ 1.00 = R\$ 1,80).

As rendas das famílias residentes na bacia variam entre 1 e 4 salários mínimos mensais. Admitindo-se uma renda média de 2 salários mínimos, o incremento na conta mensal de água poderá ser muito significativa. Para economias com 4 habitantes, esta cobrança seria equivalente a R\$ 11,64/mês, o que poderá representar um acréscimo da ordem de 60%, admitindo-se uma conta média de água/esgoto da ordem de R\$ 20,00/mês.

Esse resultado evidencia a impossibilidade de imputar-se apenas sobre os usuários domésticos todos os custos relacionados ao tratamentos dos esgotos urbanos. Torna-se necessário, desse modo, conceber alternativas para que sejam atingidos os objetivos de melhoria de qualidade da água na bacia, que deverá ser um benefício coletivo.

Estas alternativas deverão ser levadas em conta quando se conceber o sistema de preços por regiões. Como a bacia possui diferentes realidades sócio-econômicas e diferentes usos preponderantes da água, os preços deverão ser diferenciados. Poderão ser estudados sistemas de subsídios ou financiamentos para garantia da implementação das intervenções necessárias na bacia.

A idéia de se cobrar pelo uso da água, conforme estabelecido na legislação brasileira, inclui a concepção do desenvolvimento de um tipo de solidariedade entre os diversos usuários. Desta forma, uma parte dos recursos necessários ao financiamento dos projetos e obras poderá ser obtida através da cobrança do setor industrial pelo lançamento de efluentes, e utilizada para reduzir a poluição causada pelos esgotos domésticos urbanos.

O estudo efetuado leva a crer que não será totalmente possível recuperar os investimentos

realizados na bacia para tratamento dos esgotos, por meio da cobrança pelo uso dos recursos hídricos dos usuários domésticos. Pode-se admitir que a cobrança deva cobrir parte do plano de investimentos da bacia; estimando-se ainda que os responsáveis por outras fontes de poluição (indústrias, principalmente) poderão complementar as inversões na bacia, mesmo quando destinadas ao tratamento de esgotos domésticos.

CONCLUSÕES

O principal objetivo deste trabalho foi testar a aplicação de dois importantes instrumentos de gestão, que são a outorga e a cobrança pelo uso de recursos hídricos em uma bacia no Estado de Minas Gerais, de maneira a contribuir para o desenvolvimento e a integração destes instrumentos na gestão das bacias hidrográficas brasileiras.

Uma simulação baseada em projeções de crescimento de demanda de água na bacia hidrográfica mostrou a impossibilidade de atender-se a todas as demandas, tomando-se como vazão disponível em 2006 aquela outorgável (30% de $Q_{7,10}$), segundo critério atualmente adotado pelo IGAM.

Na análise de risco de não atendimento às demandas, ficou claro que a outorga de direito de uso de recursos hídricos não pode se basear em apenas um critério de vazão referencial. Existe um risco associado aos fenômenos hidrológicos de produção de chuvas e vazões que deve ser considerado. Esta análise se constitui num critério adicional para os processos de outorga, a qual poderá ser associada a determinada garantia de atendimento, em função do risco de falhas.

Na avaliação da qualidade das águas da bacia do rio Paraopeba, no que se refere à poluição devida aos esgotos brutos, originada nos centros urbanos, verificou-se que, apesar dos níveis de oxigênio dissolvido manterem-se em patamares satisfatórios nas simulações realizadas para os anos de 1996 e 2006, os índices de coliformes fecais presentes indicam possibilidades crescentes de veiculação de doenças.

As prioridades de investimento deverão, obviamente, ser decididas no âmbito do comitê de bacia. Apenas para efeito de simulação do instrumento de cobrança, optou-se por se investir na melhoria da qualidade das águas, através da complementação dos sistemas urbanos de coleta e tratamento de esgotos. Pode-se, assim, calcular um montante a ser investido e, ao mesmo tempo, criar

um referencial para o estabelecimento de preços para a cobrança pelo uso de recursos hídricos.

Deve-se ter em mente que a outorga e a cobrança pelo uso de recursos hídricos envolvem um completo inventário dos usuários da bacia hidrográfica, incluindo a sua localização, além da identificação de suas demandas em termos de retirada de água bruta e quantidade de água necessária para assimilação dos efluentes domésticos e industriais. Este inventário inclui a descrição e localização de estações de tratamento de esgotos e a aplicação de suas eficiências, estações ou unidades de reciclagem de água, identificação das origens de fontes não pontuais de poluição, com suas características físicas e químicas, identificação de processos erosivos, etc. Há necessidade ainda de se instalar e manter uma adequada rede de monitoramento de quantidade e qualidade das águas. A necessidade da elaboração desses trabalhos de levantamentos e monitoramentos já está identificada nos planos diretores de bacias hidrográficas concluídos e em elaboração no Estado de Minas Gerais. Entretanto, verifica-se que a implementação destes levantamentos dependerá da ação dos comitês de bacia e dos usuários dos recursos hídricos. O mencionado inventário de usuários ainda não foi executado na bacia do rio Paraopeba, motivo pelo qual o presente trabalho foi baseado em fonte de dados secundários. Isto representou o inconveniente, algumas vezes, de utilizar-se parâmetros médios ou padronizados, como por exemplo, consumo médio de água por habitante, consumo médio de água na irrigação, etc.

Cumprе ressaltar que neste trabalho foi simulada apenas a poluição causada pelo lançamento de esgotos domésticos urbanos. Embora sejam bastante significativos, conforme demonstrado nas campanhas realizadas pela FEAM, os lançamentos de esgotos brutos urbanos não são os únicos responsáveis pela poluição nos cursos de água da bacia. A poluição é também devida ao lançamento de efluentes de empresas ligadas às atividades industriais e minerárias presentes na bacia. É necessário, portanto, o estudo de outras fontes importantes de poluição, que poderão elevar o montante de investimentos necessários na bacia.

Deve-se lembrar que, nas simulações de lançamento de efluentes, a vazão de diluição considerada foi de 100% da $Q_{7,10}$. Numa situação real, deveria haver alocação de vazão para diluição dentro da faixa outorgável (30% de $Q_{7,10}$). Isto aumentaria o problema da disponibilidade hídrica.

Teve-se o cuidado também de se fazer as projeções para um período relativamente curto, pois vários fatores são intervenientes na evolução demográfica e nas atividades produtivas, exigindo portanto estudos mais aprofundados e específicos que fogem ao escopo deste trabalho. Para se fazer projeções para um período mais longo, deve-se também rever dados de consumo de água, tendo em vista as inovações tecnológicas.

A despeito de algumas incertezas associadas aos procedimentos descritos, os resultados deste trabalho se constituem numa primeira estimativa das demandas de água bruta, da poluição causada pelos esgotos domésticos urbanos e o montante do investimento necessário para melhorar a qualidade da água na bacia. Estas estimativas, assim como a adoção de critério adicional de avaliação do risco de não atendimento às demandas, com certeza poderão ser úteis para a gestão dos recursos hídricos na bacia do rio Paraopeba, com adoção de uma adequada política de outorga de direito de uso de recursos hídricos.

As simulações efetuadas neste estudo apontam para um esgotamento dos recursos hídricos outorgáveis nas bacias hidrográficas, considerando-se o atual critério de outorga adotado no Estado de Minas Gerais. Entretanto, este critério, que é considerado restritivo, foi adotado há aproximadamente oito anos, quando se iniciava, de uma maneira mais intensa, a emissão das outorgas de direito de uso de recursos hídricos no Estado de Minas Gerais. Atualmente, encontra-se em fase de discussão a adoção de outros critérios de outorga, com o emprego de vazões de referência diferenciadas para as regiões do Estado, assim como a introdução da outorga sazonal ao longo dos meses do ano, em função dos usos a que se destinam os recursos hídricos. Diversas alternativas de racionalização de consumo, como por exemplo outorgas associadas a determinadas garantias de atendimento, se apresentam como medidas que antecedem os investimentos em obras. Desta forma, os investimentos com o propósito de aumentar a oferta de recursos hídricos, através da construção de reservatórios, dependerão dos novos critérios de outorga, assim como do balanço custo x benefício de programas relacionados à diminuição do risco de não atendimento. Não foram abordadas neste trabalho, mas certamente tais questões estão associadas ao instrumento da outorga de direito de uso de recursos hídricos, sendo que poderão ser estabelecidos critérios adicionais, visando à racionalização do uso e evitando-se também perdas e desperdícios.

Nas simulações sobre qualidade das águas, a modelagem simplificada mostrou-se adequada na fase de calibração. Estão sendo desenvolvidos estudos que visam aprofundar outras fases, como validação, simulações comparativas com modelos mais complexos, etc. Porém, apesar da adoção de hipóteses simples, como por exemplo, a distribuição uniforme do lançamento de esgotos e poucos pontos de controle, o modelo na fase de calibração demonstrou boa qualidade de ajuste gráfico. Este fato é promissor, tendo em vista os benefícios de se utilizar algoritmos simples, pela facilidade de obtenção dos dados e pela facilidade de compreensão do modelo.

Com relação ao instrumento de cobrança do uso dos recursos hídricos, sobretudo a cobrança pelo lançamento de efluentes, o tema foi abordado como um simples rateio de custo. Os montantes que deverão ser cobrados de cada usuário foram estabelecidos de forma que o total arrecadado fosse equivalente ao valor anual a ser investido. Não existiu a preocupação de aprofundar questões de ordem micro-econômica, relacionadas à retração dos usos de água induzidos pela cobrança, nem questões relacionadas à redução de tarifas devido à entrada de novos usuários ao longo dos anos. Trata-se ainda de uma primeira simulação do instrumento da cobrança pelo uso de recursos hídricos na bacia do rio Paraopeba e, após a simulação em outras bacias, o estudo poderá tornar-se um mote para discussão no âmbito dos Comitês de Bacias Hidrográficas. Entende-se que na sua implementação a cobrança deverá ser simples e as tarifas relativamente reduzidas, baseadas em referências claras e inteligíveis ao senso comum.

Para avaliar-se os impactos da cobrança nas atividades econômicas deverão ser conduzidos estudos mais específicos sobre consumos e incidências nos custos de produção. No caso da população, devido às diferenças regionais na distribuição de renda, recomenda-se que seja feita uma divisão por faixa de renda e uma análise dos impactos individualizada sobre cada uma dessas.

Verificou-se ao longo da execução dos trabalhos, que existem diferenças no âmbito da bacia hidrográfica, devido às atividades econômicas, à distribuição de renda e às diferentes densidades populacionais. As regiões do alto e médio Paraopeba, com maior densidade populacional, atividades industriais e minerárias, possuem problemas de poluição mais intensos, particularmente as sub-bacias dos rios Maranhão, Camapuã e Betim e no

ribeirão dos Macacos. Estas sub-bacias merecem estudos específicos, com apropriação de dados primários, simulações mais exatas e com horizontes de planejamento mais longos.

Em princípio, não há limitações para aplicação da metodologia e simulações utilizadas neste trabalho a outras bacias hidrográficas do Estado de Minas Gerais.

AGRADECIMENTOS

Essa pesquisa recebeu apoio da FINEP dentro do programa REHIDRO, sub-rede 4 "Instrumentos de Gestão das Águas".

O primeiro autor agradece ao CNPq, à FAPEMIG/FIEMG e à FIAT S/A pelo apoio durante o mestrado que permitiu a realização deste trabalho.

O segundo e o terceiro autores receberam apoio do CNPq por meio de bolsas de produtividade em pesquisa.

Os autores agradecem os comentários e sugestões dos revisores anônimos deste artigo que em muito contribuíram para o seu aprimoramento.

REFERÊNCIAS

- CIBAPAR (1998). *Histórico CIBAPAR - Consórcio Intermunicipal da Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba*. 2ªed., 18 p. (Secretaria Executiva Publicação, 8).
- CONEJO, J. G. (1993). A outorga de usos da água como instrumento de gerenciamento dos recursos hídricos. *Revista de Administração Pública*, vol. 27, p.28-62, abr./jun.
- EUCLYDES, H. P.; FERREIRA, P. A.; RIBEIRO, C. A. A. S. e RUBERT, O. A. V. (1999). Sistema de apoio ao gerenciamento de recursos hídricos - metodologia e estudo de caso. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 13, Belo Horizonte, M. G. *Anais*. Belo Horizonte: ABRH.
- FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS, INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS APLICADAS (1996). *Diagnóstico ambiental do Vale do Paraopeba*. Belo Horizonte: CETEC/IGA, 245 p.
- IBGE (1996). *Censo Populacional*. Rio de Janeiro, RJ.
- IGAM - INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS (1998). Portaria Administrativa nº 010/98, *Diário Oficial de Minas Gerais*, 30 dez.
- JAMES, L. D. & LEE R. R. (1971). *Economics of water resources planning*. New York: McGraw-Hill, 615 p.
- MAGNA ENGENHARIA LTDA (1996). *Simulação de uma proposta de gerenciamento dos recursos hídricos na bacia do Rio dos Sinos*, Governo do Estado do Rio Grande do Sul, Secretaria das Obras Públicas, Saneamento e

- Habitação, Relatório Final dos Estudos, Porto Alegre, RS, 253 p.
- MMA/SRH - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, DOS RECURSOS HÍDRICOS E DA AMAZÔNIA LEGAL, SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS, SEAPA/MG, RURALMINAS, SEMAD/MG, IGAM (1998). Relatório parcial de estudos ambientais e levantamento de dados - (R1). In: *Plano Diretor de Recursos Hídricos das Bacias Afluentes do Rio São Francisco em Minas Gerais*, vol. 1, Diagnóstico, Tomo VI - Caracterização Sócio Econômica - UPRH - Paraopeba, abr., 234 p.
- PEREIRA, J. S. (1996). *Análise de critérios de outorga e de cobrança pelo uso da água na bacia do rio dos Sinos*. Porto Alegre: 1996. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 108 p.
- PEREIRA, J. S.; LANNA, A. E. e CÂNEPA, E. M. (1999). Desenvolvimento de um sistema de apoio à cobrança pelo uso da água: aplicação à bacia do Rio dos Sinos, RS. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, vol. 4, nº1, p.77-101, jan./mar.
- RIBEIRO, M. M. R. R. e LANNA, A. E. (1997). Bases para a cobrança de água bruta: discussão de algumas experiências. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 12, Vitória. *Anais*. Vitória: ABRH.
- RIBEIRO, M. M. R. R.; LANNA, A. E. e PEREIRA, J. S. (1999). Elasticidade preço da demanda e a cobrança pelo uso da água. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 13, Belo Horizonte, MG. *Anais*. Belo Horizonte: ABRH.
- SARMENTO, R. e PELISSARI, V. B. (1999). Determinação da vazão residual dos rios: estado da arte. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 13, Belo Horizonte, MG. *Anais*. Belo Horizonte: ABRH.
- SCHVARTZMAN, A. S. (2000). *Outorga e cobrança pelo uso de recursos hídricos na bacia do rio Paraopeba em Minas Gerais*. Belo Horizonte: 2000. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, 144 p.
- SCHVARTZMAN, A. S.; MEDEIROS, M. J.; NASCIMENTO, N. O. e NAGHETTINI, M. C. (1999). Avaliação preliminar do critério de outorga adotado no Estado de Minas Gerais. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 13, Belo Horizonte, MG. *Anais*. Belo Horizonte: ABRH.
- SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO ESTADO DE MINAS GERAIS, COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS (1998). *Informações básicas dos diagnósticos dos sistemas de esgotamento sanitário*. In: Programa de Saneamento Ambiental para Localidades de Pequeno Porte em Minas Gerais "Minas Joga Limpo".
- VON SPERLING, M. (1996). *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 2ªed. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - DESA, 243 p.

Water Rights and Charging for the Use of Water: Application to the River Paraopeba Basin, MG

ABSTRACT

This work aims to test the water resources management tools in a Minas Gerais State river basin. Simulations in Paraopeba river basin using water rights grants and charging for the use of water resources are shown.

Evaluations of the risk of supply failure were performed, considering the hypothesis of relaxing the legal criterion and through daily flow time series simulations, at several control points selected in the river basin. At these same control points, evaluations regarding water quality were also carried out, by simulating the evolution of pollution caused by the continuous domestic sewage discharged from urban areas, without any kind of previous treatment.

Some interventions are simulated in order to improve water resources quality in the Paraopeba river basin, so as to reach the water quality standards. According to these interventions, investments needed to build complementary sewer systems and wastewater treatment systems were considered and calculated. Then, different forms of fees and revenues were adopted to simulate the charges for water use.

Keywords: management; grants; charging.