

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS

**A PROBLEMÁTICA DOS RECURSOS HÍDRICOS EM ALGUMAS
BACIAS HIDROGRÁFICAS BRASILEIRAS**

JAILDO SANTOS PEREIRA

Trabalho apresentado como parte dos requisitos do Exame de Qualificação para a habilitação à realização da Tese de Doutorado junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, junho de 1999.

A PROBLEMÁTICA DOS RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL *Revisão de Literatura para o Processo de Qualificação*

Jaildo Santos Pereira

Aluno do Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Esta revisão de literatura, solicitada pelo **Prof. Joel Avruch Goldenfum**, faz parte do Exame de Qualificação do autor.

Este processo iniciou-se com a solicitação por parte de cada um dos membros da banca de uma monografia sobre um tema preestabelecido, relacionado com o assunto da tese do candidato. Entretanto, considerando o grau de liberdade que foi concedido para a elaboração dessas monografias, buscou-se desenvolvê-las de modo a formar um conjunto, conforme breve descrição a seguir:

- 1. Instrumentos Para Gestão Ambiental**, desenvolvida para o *Prof. Juvir Matuela*, descreve os principais instrumentos para gestão ambiental que tem sido utilizado nos diversos países, apresentando exemplos, comentando suas principais vantagens e dificuldades de aplicação;
- 2. Economia de Água na Agricultura Espanhola**, desenvolvida para o *Prof. Antônio Eduardo Lanna*, apresenta os resultados de uma série de estudos sobre a “Economia da Água e a Competitividade da Irrigação”, realizados pela Universidade Politécnica de Madri e o Ministério da Agricultura, Pesca
- 3. Análise Crítica dos Instrumentos Econômicos Aplicados a Gestão das** , desenvolvida para o *Prof. Carlos André Bulhões Mendes*, apresenta uma análise crítica das vantagens e dificuldades da utilização de instrumentos econômicos para gestão dos recursos hídricos em países em desenvolvimento, como o Brasil.
- 4. A Problemática dos Recursos Hídricos no Brasil**, desenvolvida para o *Prof. Joel Avruch Goldenfum*, pretende, a partir dos casos das bacias dos rios dos Sinos, Rio Grande do Sul; Paraopeba, Minas Gerais e Curu, Ceará, discutir a problemática dos recursos hídricos no Brasil.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

2. OS PRINCIPAIS USOS DA ÁGUA

3. BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOS SINOS, RS

3.1 Descrição Geral

3.2 Características Sócio-Econômicas

3.3 Principais Usos da Água

3.3.1 Aspecto Quantitativo

3.3.2 Aspecto Qualitativo

3.4 Os principais Problemas com Relação aos Recursos Hídricos

4. BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÓPEBA, MG

4.1 Descrição Geral

4.2 Características Sócio-Econômicas

4.3 Principais Usos da Água

4.3.1 Aspecto Quantitativo

4.3.2 Aspecto Qualitativo

4.4 Os principais Problemas com Relação aos Recursos Hídricos

5. BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CURÚ, CE

5.1 Descrição Geral

5.2 Características Sócio-Econômicas

5.3 Principais Usos da Água

5.3.1 Aspecto Quantitativo

5.3.2 Aspecto Qualitativo

5.4 Os principais Problemas com Relação aos Recursos Hídricos

6. CONCLUSÃO

7. BIBLIOGRAFIA

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos a água tem sido gradativamente reconhecida como um recurso escasso em escala mundial. Entretanto, deve-se fazer distinção entre as duas causas de sua escassez: as limitações qualitativas no uso da água devido à poluição, por exemplo, e as limitações quantitativas devido às condições climáticas, à demanda crescente ligada ao aumento populacional, ao desenvolvimento econômico, e ao seu uso ineficiente. Essas causas não se excluem, mas requerem mecanismos de gestão diferentes, ou pelo menos, complementares.

De forma simplificada, pode-se dizer que a escassez de água devido à poluição é um problema da Região Sul e Sudeste do Brasil, onde as chuvas são relativamente abundantes e os usos industriais e agrícolas são bastantes intensos, poluindo os recursos hídricos superficiais e subterrâneos. As bacias dos rios dos Sinos, no Rio Grande do Sul, Jacaré-guaçú, em São Paulo e Paraopeba, em Minas Gerais são exemplos de áreas onde os cursos d'água foram gravemente poluídos pelas atividades agro-industrial e, no caso mais específico da bacia do rio Paraopeba, pelas atividades relacionadas com a

A região Nordeste do Brasil pode ser citada como exemplo do tipo de escassez devido às condições climáticas, agravada pela demanda crescente ligada ao aumento populacional e os usos decorrentes desta ocupação. A bacia do rio Curu é um exemplo deste tipo de escassez.

Dessa forma, as possibilidades de uso da água estão diminuindo, ao passo que a demanda por água limpa está aumentando. Como resultado as projeções futuras antevêm cenários cada vez mais preocupantes em relação ao recurso água, e as recomendações apontam para a necessidade premente da gestão racional dos recursos hídricos, planejando e controlando seu uso e sua conservação através da implementação de um sistema de gestão de recursos

O gerenciamento dos recursos hídricos impõe dois níveis centrais de problemas: por um lado, tem-se a gestão da oferta d'água, que consiste em ações que vislumbram a maior disponibilidade do recurso água, tanto em qualidade quanto em quantidade; e por outro, as atividades relacionadas à gestão da demanda, onde se procura racionalizar e disciplinar o uso, visto que esse é um recurso cada vez mais escasso.

Esta monografia pretende, a partir dos casos das bacias dos rios dos Sinos, Rio Grande do Sul; Paraopeba, Minas Gerais e Curú, Ceará, discutir a problemática dos recursos hídricos no Brasil. A escolha destas bacias deve-se ao projeto de pesquisa denominado REHIDRO, mais especialmente a sub-rede ***Instrumentos de Gestão de Águas*** (sub-rede 4) que tem como objetivo geral desenvolver e testar instrumentos de gestão das águas em diferentes realidades brasileiras como forma de apresentar alternativas para o aprimoramento dos Sistemas Nacional e Estaduais de Recursos Hídricos.

2. OS PRINCIPAIS USOS DA ÁGUA

São inúmeros os setores que se utilizam dos recursos hídricos como insumo básico para suas atividades. Dentre esses, destacam-se o abastecimento doméstico, o saneamento, a irrigação, a geração de energia elétrica, o transporte hidroviário, o uso industrial da água, a pesca e a aquicultura. O quadro 2.1 resume os principais usos da água.

Quadro 2.1 - Principais Usos da Água

Forma	Tipo de Uso	Uso Consuntivo
Com derivação de águas	Abastecimento doméstico urbano	Baixo (cerca de 10% da derivação), sem contar com as perdas nas redes
	Abastecimento doméstico rural	Baixo (cerca de 10%)
	Abastecimento Industrial	Médio (cerca de 20%, variando com o tipo de indústria)
	Aquicultura	Alto (cerca de 90%) Baixo (cerca de 10%)
Sem derivação de águas	Geração de energia	Perdas por evaporação em reservatórios
	Navegação fluvial	
	Diluição, transporte e assimilação de efluentes	Não há
	Pesca	Não há
	Dessedentação de animais	Baixo (cerca de 10%)
	Recreação	Não há
	Preservação da fauna e flora	Não há
Controle de cheias	Não há	

Fonte: adaptado de LEAL (1997)

A nível global, o uso para irrigação é o que envolve maiores derivações de água e maiores usos consuntivos. Nas últimas décadas, com o desenvolvimento das agroindústrias, tem intensificado a prática de irrigação em grandes perímetros, levando também o aumento do uso de fertilizantes e

O potencial irrigável do Brasil é estimado em 29 milhões de ha. Estatísticas retrospectivas mostram que na safra 87/88, por exemplo, 16% da produção nacional de grãos provieram de áreas irrigadas. O uso intensivo da irrigação já vem acarretando, em algumas regiões do Brasil, graves conflitos não só envolvendo a irrigação com outros usos (como abastecimento público, geração de energia, etc.), como também propiciando sérias disputas entre os próprios irrigantes. Como exemplo, a bacia do rio Santa Maria, no Rio Grande do Sul, onde na estação seca, ocorrem fortes conflitos entre usos: irrigantes de arroz x irrigantes de arroz e irrigantes de arroz x abastecimento público; a bacia do rio Grande, na Bahia, onde a disputa ocorre entre irrigantes x irrigantes e irrigantes x geração de energia.

A energia elétrica atende a 92% dos domicílios do País. A produção de energia elétrica é realizada por usinas hidrelétricas e termelétricas, sendo que as usinas hidrelétricas respondem, em média, por aproximadamente 97% do total da energia gerada. O potencial elétrico brasileiro é de aproximadamente 258.686 MW, dos quais apenas 20% já forma explorados.

No que se refere ao transporte hidroviário, o Brasil conta com aproximadamente 40.000 km de rede hidroviária, da qual 26.000 km são precariamente navegáveis. As principais hidrovias encontram-se nas bacias: Amazônica (18.300 km), Nordeste (3.000 km), Tocantins/Araguaia (3.500 km), São Francisco (4.100 km), Leste (1.000 km), Tietê/Paraná (4.800 km), Sudeste (1.300 km) e Uruguai (1.200 km) (www.aneel.gov.br).

Merece destaque o fato do Brasil ter sofrido em meio século um dos mais rápidos processos de urbanização do mundo. A população urbana que em relação a total, representava 46% em 1940, atingiu 75% em 1991. Esse crescimento acelerado da população urbana continuou forte nos anos 90, tendo alcançado 80% da população total e, segundo projeções das Nações Unidas, deve chegar a 88% em 2025 (FOLHA DE SÃO PAULO, 2 de maio de 1999).

Apesar deste crescimento extremamente acelerado da população urbana, o Brasil conseguiu elevar o nível de abastecimento de água dos domicílios ligados à rede geral de 60%, em 1970, para 91% em 1996. Por outro lado, persiste ainda um quadro social desfavorável, já que mais de 11 milhões de pessoas que residem em cidades ainda não têm acesso à água através de rede canalizada. Entretanto, o principal déficit do setor de saneamento está na área de esgotos sanitários. Dos esgotos sanitários produzidos no Brasil apenas 48,9% são coletados em rede pública, sendo que apenas 32% são tratados (www.aneel.gov.br apud PNAD/96).

3. BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOS SINOS, RS

3.1 Descrição Geral

A bacia hidrográfica do rio dos Sinos situa-se a nordeste do Estado do Rio Grande do Sul, entre os paralelos 29 e 30 graus Sul. É integrante da bacia do rio Jacuí que, por sua vez, faz parte da bacia do Guaíba. O rio dos Sinos tem suas nascentes no município de Santo Antônio da Patrulha, em altitude de cerca de 600 m, percorrendo aproximadamente 200 km até sua foz, no delta do Jacuí. A bacia tem uma área de aproximadamente 3.800 km², com um comprimento máximo de talvegue de 190 km, inserem-se total ou parcialmente 29 municípios, muitos dos quais caracterizados por alta densidade populacional e atividades industriais de grande porte, especialmente na Região Metropolitana de Porto Alegre. A figura 3.1 ilustra a localização da bacia no Estado.



Figura 3.1 - Localização da Bacia do Rio dos Sinos
Fonte: PEREIRA (1996)

O principal curso d'água que drena a bacia, o rio dos Sinos, percorre cerca de 25 km entre as cotas 600 e 60 m (trecho superior), desenvolve-se por mais 125 km num trecho de declividade média (0,0005 m/m), atingindo o delta do Jacuí após mais 50 km de percurso em terrenos de declividade muito suave a nula. A vazão média de longo período do rio dos Sinos situa-se no entorno de 65 m³/s, para área de contribuição definida por uma seção em Campo Bom.

Seus afluentes principais são os rios da Ilha, Rolante e Paranhana, sendo que este último recebe, desde de 1956, águas derivadas da bacia do rio Caí da ordem de 5 a 9 m³/s. Estas águas são provenientes das barragens do Salto e da Divisa para a geração de energia nas Usinas Hidrelétricas de Bugres e Canastra, da Companhia Estadual de Energia Elétrica - CEEE.

A bacia do rio dos Sinos é representativa das condições climáticas às quais o Estado está sujeito de um modo geral. Situada na interface das zonas subtropical e temperada, sofre influências tanto de massas tropicais de ar oriundas basicamente do Atlântico, como de massas atlântico-polares. As precipitações são bem distribuídas ao longo do ano, com média anual de 2.162 mm na área com tipo climático temperado - região de maiores altitudes - e de 1.459 mm na zona de clima subtropical - região de menores altitudes.

A evapotranspiração potencial possui valores médios mensais que variam entre aproximadamente 40 mm até 170 mm, sendo os menores valores verificados nos meses de inverno e os maiores no verão. A temperatura média mensal situa-se entre 14,4°C na área de clima temperado e 19,4°C na região de clima subtropical. A umidade relativa do ar possui pequena variação ao longo do ano, situando-se em média entre 72% e 86%.

A densidade demográfica dos municípios que compõem a bacia é muito diversificada. Em 1991 São Francisco de Paula e Canoas apresentavam um ² e 2 467,57 habitantes/km², respectivamente, ficando a média em 168,87 habitantes/km².

No que se refere a densidade demográfica, a área é bastante heterogênea, porém o elevado grau de urbanização é uma característica quase comum no

3.3 Principais Usos da Água

A dinâmica do desenvolvimento econômico do Estado do Rio Grande do Sul está localizada na região onde se insere a área de estudo. É na região metropolitana e em sua área de influência que estão concentradas as atividades econômicas, resultado do processo de industrialização das últimas décadas a partir de uma base econômica preexistente. Neste contexto a área de estudo, com apenas 3,53% do território estadual, gerou em 1992 US\$ 7.949.204.000 de Produto Interno Bruto correspondente a 22,76% do total estadual (FEE, 1995). No ano de 1990, do Valor Adicionado Fiscal Total do Estado 25,06% foi gerado na bacia do rio dos Sinos e destes 36,59% relativos à atividade industrial, 17,64% à comercial, 16,87% à atividade de serviços.

Nesta área se encontra grande parte do crescimento econômico do Estado, quanto aos gêneros metalúrgico, mecânico, material elétrico e de comunicação e de material de transporte. Além desses, se destacam os setores de química,

A indústria de vestuário, como o calçado, importante gênero industrial, ocorre em uma faixa ao longo do Vale do rio dos Sinos. Este gênero evoluiu a partir de pequenos estabelecimentos artesanais localizados inicialmente em São Leopoldo e Novo Hamburgo, os quais aproveitam a matéria-prima originada da área da Campanha. A indústria contou com capitais, mão-de-obra e mercado local à base da qual se expandiu. Esta evolução ocorreu de tal forma a ponto de possibilitar a presença de centros especializados no setor de calçados dentro de uma área que se individualiza e cujos centros mais característicos são: Campo Bom, Sapiranga e Novo Hamburgo. Este, dentro da área “coureiro-calçadista”, é um dos mais importantes centros, tanto por seu crescimento e comercialização como por sua industrialização. São Leopoldo, fazendo parte ainda da área “coureiro-calçadista” caracteriza-se, porém, por maior diversificação de setores industriais.

Os municípios de Canoas, Novo Hamburgo, São Leopoldo, Gravataí, Sapucaia do Sul e Esteio são responsáveis por mais de 60% do Valor Adicionado gerado na área. Esses municípios apresentam um elevado grau de industrialização.

Dentro da atividade industrial predomina a produção de bens de consumo não duráveis, especialmente couro e calçado. A área concentra 28,47% dos estabelecimentos industriais totais, sendo 35,44% de bens de consumo e 23,01% de bens de produção.

O uso mais expressivo das terras agrícolas na área é com pastagens (55,8%). A irrigação é utilizada em apenas 4,6% dos estabelecimentos, atingindo 2,0% da área agrícola. Os municípios que mais utilizam a irrigação são proporcionalmente Santo Antônio da Patrulha, Osório, Canoas, Gravataí e Taquara. A figura 3.2 apresenta os principais usos do solo na bacia.

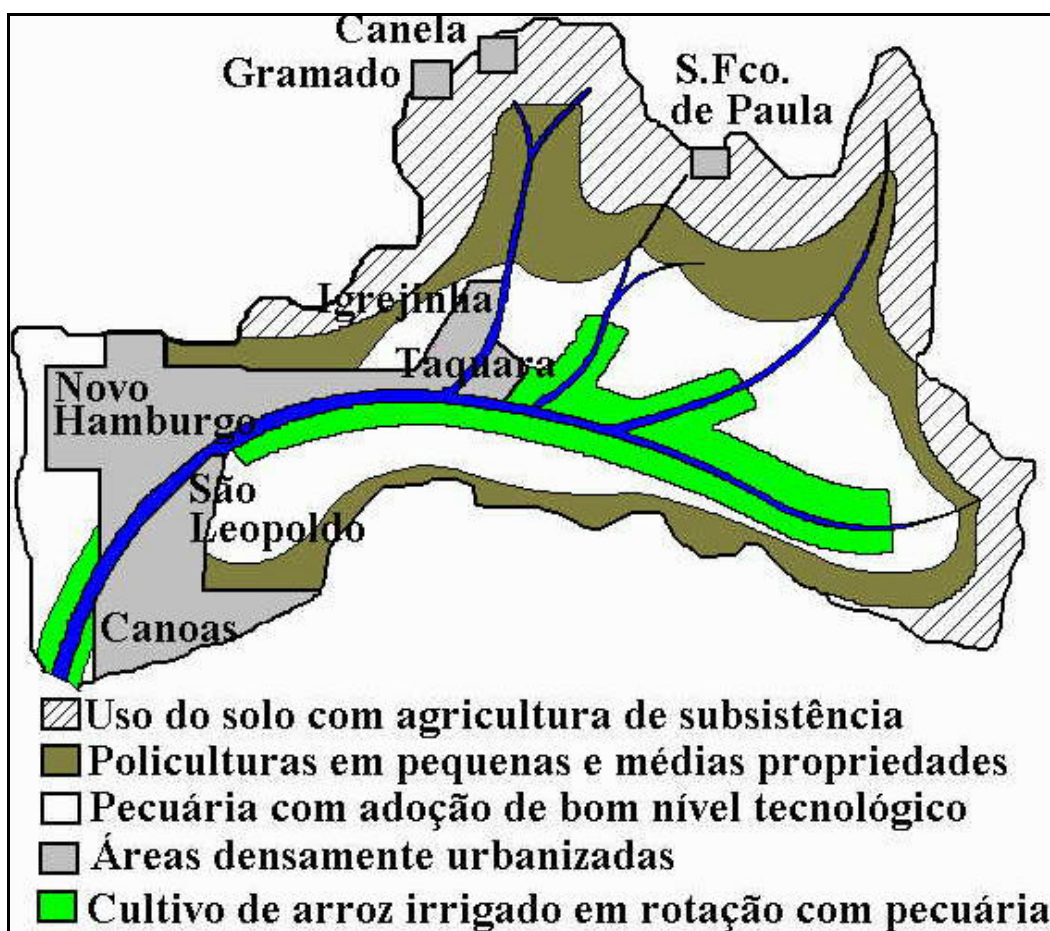


Figura 3.2 - Usos do Solo na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos

3.3.1 Aspecto Quantitativo

Os principais usuários dos recursos hídricos da bacia foram agrupados em: abastecimento populacional, abastecimento industrial, irrigação, aquicultura e dessedentação de animais. Entre estes usos, destacam-se o abastecimento populacional que, em virtude da ocupação populacional da bacia, verifica-se em toda sua extensão e o abastecimento industrial concentrado principalmente

A irrigação na bacia do rio dos Sinos não é muito expressiva, estando representada basicamente pelo cultivo de arroz irrigado, principalmente no baixo vale (município de Nova Santa Rita) e nos municípios de Taquara, Rolante e Santo Antônio da Patrulha. A aquicultura é incipiente, concentra-se na sub-bacia do rio Paranhana e nos municípios de Gramado, Canela, Taquara, Gravataí e São Francisco de Paula.

Parte dos recursos hídricos, em todas as sub-bacias, é consumida para dessedentação de animais, principalmente os rebanhos bovinos, suínos e ovinos, além de aviários e pocilgas.

O quadro 3.3 apresenta os consumos para os principais usos descritos, para dois cenários distintos (1995 e 2007).

Quadro 3.3 - Usos Atuais Totais

ATIVIDADES	QUANTIDADES (1995)		QUANTIDADES (2007)	
	m ³ /s	%	m ³ /s	%
Abastecimento Doméstico				
Urbano	2,52662	58,02	3,55094	54,60
Rural	0,06160	1,41	0,04394	0,68
Abastecimento Industrial	0,81503	18,72	1,45993	22,45
Irrigação de Arroz	0,85223	19,57	1,32560	20,38
Aquicultura	0,00004	0,00	0,00007	0,00
Dessedentação de animais				
Grande Porte	0,09632	2,21	0,11791	1,81
Pequeno Porte	0,00292	0,07	0,00537	0,08
TOTAL	4,35476	100,00	6,50376	100,00

Fonte: Magna (1996)

Segundo MAGNA (1996), mesmo comparando as demandas projetadas para o ano 2007 com as vazões de estiagem ($Q_{7,10}$), ainda assim a bacia do rio dos Sinos não apresenta problemas de ordem quantitativa. Ou seja, as vazões disponíveis indicam não haver restrições de atendimento às demandas quantitativas de água na bacia do rio dos Sinos, o que é válido tanto para a situação atual quanto para a projetada.

3.3.2 Aspecto Qualitativo

Os principais cursos d'água da bacia são utilizados como meio de diluição e afastamento dos despejos líquidos domésticos, industriais, rurais e também de eventuais lixívias de lixões ou de aterros sanitários mal implantados no passado. Esse fato se traduz nas más condições da qualidade da água de alguns cursos d'água, especialmente aqueles que drenam as zonas urbanas e industriais dos municípios da Região Metropolitana de Porto Alegre.

As principais fontes de poluição da bacia foram agrupadas em 8 classes e estão apresentadas no quadro 3.4.

Quadro 3.4 - Principais Fontes Poluidoras da Bacia do Sinos

Fontes Poluidoras	Origem da Poluição
Efluentes domésticos urbanos	(EDU) Zonas urbanas;
Efluentes domésticos rurais	(EDR) Zonas rurais;
Drenagem pluvial urbana	(DPU) Zonas urbana, onde ocorre a mistura das águas da chuva com efluentes industriais, esgotos domésticos e lixívias de lixos;
Fontes difusas rurais	(FDR) Incluem a erosão natural e artificial de pedreiras, saibreiras, matas, reflorestamentos e culturas;
Resíduos sólidos domésticos	(RSD) Lixívias de aterros sanitários e lixões mal acondicionados;
Atividade agropecuária de dessedentação de animais	(ADA) Criação de aves, suínos, ovinos e bovinos;
Efluentes industriais tratados	(EIT) Efluentes de indústrias, os quais já são tratados até o nível secundário por exigência do órgão ambiental estadual (FEPAM);
Efluentes de Irrigação do Arroz	(IRR) efluentes de lavouras de arroz irrigado.

Fonte: LANNA e PEREIRA (1996)

O estudo realizado pelo CRH/RS (MAGNA, 1996) destaca que os esgotos domésticos urbanos estabelecem os maiores lançamentos de coliformes fecais; a atividade agrícola de dessedentação animal realiza os maiores lançamentos de DBO, nitrogênio total e fósforo total; as fontes difusas rurais são responsáveis pela maior carga de sólidos totais. Os efluentes industriais, por já ecundário, apresentam lançamentos significativos apenas para coliformes fecais e sólidos totais. O quadro 3.5 resume a projeção da carga poluidora estimada para o ano 2007.

Quadro 3.5 - Cargas Poluidoras Potenciais Totais Anuais em 2007

Fontes de poluição	Coliformes Fecais (NPM/ano)	DBO5 (t/ano)	Nitrogênio total (t/ano)	Fósforo total (t/ano)	Sólidos totais (t/ano)
EDU	1,28 . 10¹⁹	23 791,67	2 330,98	584,25	---
EDR	3,22 . 10 ¹⁷	599,85	58,77	14,73	---
DPU	2,88 . 10 ¹³	4 876,17	466,50	57,59	2 486,08
FDR	1,13 . 10 ¹⁶	2 443,59	1 158,91	375,52	77 260,45
RSD	1,26 . 10 ¹⁵	28 030,51	1 648,85	549,62	---
ADA	8,72 . 10 ¹⁷	46 976,11	4 609,20	1 162,39	---
EIT	1,50 . 10 ¹⁸	5 638,39	525,50	62,30	40 088,14
IRR	---	---	79,64	17,18	---
Total	1,55 . 10 ¹⁹	112 356,29	10 878,35	2 823,59	119 834,67

Fonte: LANNA e PEREIRA (1996) Nota: em negrito, maiores lançamentos de cada parâmetro.

3.4 Os principais Problemas com Relação aos Recursos Hídricos

Uma vez não haverem problemas quantitativos referentes aos recursos hídricos na bacia, os problemas assumem caráter qualitativo, sendo as água enquadradas, atualmente, em classes incompatíveis com os usos a que se destinam.

O rio dos Sinos e seus formadores recebem, em quantidades crescentes e em nível de condicionamento inadequado, cargas poluidoras oriundas de despejos domésticos e industriais, fato que vem acarretando a progressiva degradação

Na bacia, é mínimo o percentual de esgotos domésticos que são submetidos a algum tipo de tratamento e, ainda assim, em maior parte com tratamento ao nível primário.

O controle dos efluentes líquidos industriais tem registrado avanço na última década, graças à ação fiscalizada da FEPAM, impondo a instalação de sistemas de tratamento, especialmente nas grandes indústrias poluidoras. Persistem, entretanto, em toda a bacia, lançamentos de efluentes industriais não tratados adequadamente, com cargas significativas, especialmente os provenientes das empresas de pequeno e médio porte.

A essas cargas, de origem doméstica e industrial, somam-se diversos detritos carreados pela drenagem pluvial ou lançados diretamente aos rios.

De acordo com a classificação da resolução CONAMA nº 20/86, o rio dos Sinos apresenta-se, no trecho compreendido entre suas nascentes e a confluência do rio Rolante, dentro da Classe 2. No entanto, a partir deste ponto até a sua foz, a qualidade das águas vai se degradando, na medida em que recebe efluentes industriais e esgotos domésticos das aglomerações urbanas de porte significativo, localizadas próximo de suas margens (Novo Hamburgo, São Leopoldo, Esteio, Sapucaia do Sul e Canoas, entre outros municípios). Como consequência, as águas do rio dos Sinos, no trecho que atravessa essa região, enquadram-se, ao nível dos parâmetros estabelecidos, em classe 4, segundo o CONAMA.

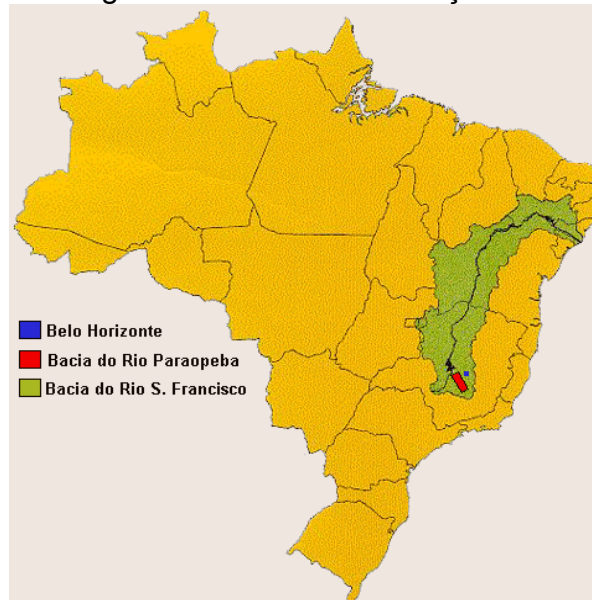
Verifica-se desta maneira o conflito de usos, pois também neste trecho o rio dos Sinos é utilizado como manancial para abastecimento público, irrigação de hortaliças e recreação de contato primário, usos estes que exigem um padrão de qualidade ambiental acima daqueles detectados.

4. BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAOPEBA, MG

4.1 Descrição Geral

A bacia hidrográfica do rio Paraopeba situa-se a sudeste do Estado de Minas Gerais, entre os paralelos 18° 45' e 21° 00' S e os meridianos 43°30'e 45°15' W, tem uma área de aproximadamente 13.643 km² e é integrante da bacia do rio São Francisco. O rio Paraopeba tem suas nascentes ao sul do município de Cristiano Ottoni e percorre aproximadamente 510 km, segundo uma direção N-NW, até sua foz no lago da represa de Três Marias, no município de

Os principais afluentes pela margem direita são o rio Bananeira e ribeirão Betim e pela margem esquerda os rios Camapuã e Manso e os ribeirões Serra Azul e Florestal. A figura 4.1 ilustra a localização da bacia no Estado.



As variações topográficas, na área da bacia, influenciam significativamente o comportamento climático da região, resultando em valores pluviométricos e térmicos muito distintos. As temperaturas médias mensais variam entre 18° C e

23° C, atingindo valores mais elevados na parte inferior da bacia. As temperaturas médias mensais máximas variam entre 20° C, na parte superior da bacia, até 25° C, na parte inferior.

A umidade relativa do ar no mês mais seco chega a 75% na borda sudeste da bacia e diminui progressivamente, à medida que se dirige para o baixo curso do rio Paraopeba. Na cidade de João Pinheiro, a umidade relativa chega a atingir uma média de 50,6%, a menor registrada próxima a bacia.

Os núcleos de maiores precipitações estão no sudeste da bacia, no seu extremo sudoeste (imediações do município de Resende Costa) e em toda extensão das Serras do Quadrilátero Ferrífero até Belo Horizonte. Todas essas áreas têm índices superiores a 1500 mm anuais. Em Belo Horizonte este índice chega a atingir 1865 mm anuais.

4.2 Características Sócio-Econômicas

Na bacia do rio Paraopeba estão inseridos 48 municípios conforme relacionados no quadro 4.1.

Quadro 4.1 - Municípios Componentes da Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba

Belo Vale	Curvelo	Itaveraba	Paraopeba
Betim	Desterro de Entre Rios	Jeceaba	Pequi
Bonfim	Entre Rios de Minas	Juatuba	Piedade dos Gerais
Brumadinho	Esmeraldas	Lagoa Dourada	Pompéu
Cachoeira da Prata	Felixlândia	Maravilhas	Queluzito
Caetanópolis	Florestal	Mario Campos	Resende Costa
Casa Grande	Fortuna de Minas	Matheus Leme	Rio Manso
Congonhas	Ibirité	Moeda	São Brás do Suaçui
Conselheiro Lafaiete	Igarapé	Ouro Branco	São Joaquim de Bicas
Contagem	Inhaúma	Ouro Preto	São José da Varginha
Cristiano Ottoni	Itatiaiuçu	Papagaios	Sarzedo
Crucilândia	Itaúna	Pará de Minas	Sete Lagoas

A área de estudo apresentou uma rápida urbanização nas últimas décadas. A população urbana que era de aproximadamente 30% na década de 50 passou de 80% na década de 90. Em relação à população total do Estado de Minas Gerais, atualmente estima-se que 5,17% da população reside na bacia, apresentando tendências de crescimento nessa participação. O Quadro 4.2 apresenta a evolução da população total de Minas Gerais e da bacia do rio Paraopeba.

Quadro 4.2 - Evolução da População Total em Minas Gerais e na Bacia

Anos	Minas Gerais	Bacia	Participação (%)
1950	7 796 793	223 924	2,87
1960	9 812 352	260 711	2,66
1970	11 487 415	343 616	2,99
1980	13 378 553	464 556	3,47
1991	15 743 152	720 846	4,58
1995	16 681 820	863 535	5,18

Fonte: FAPEMIG (1996)

	QUANTIDADE	
	m ³ / s	%
População da Bacia	2,00	10,80
População da RMBH	5,22	28,20
Irrigação na agricultura	10,61	57,32
Dessedentação de animais	0,29	1,57
Comércio e Indústria	0,39	2,11
Totais	18,51	100,00

Fonte: FAPEMIG (1996)

O sistema formado pelas represas Vargem das Flores, Serra Azul e Manso é responsável pelo abastecimento de aproximadamente 2.500.000 habitantes da Região Metropolitana de Belo Horizonte. O Sistema Vargem das Flores capta 1,15 m³/s (1996), o Sistema Serra Azul 2,29 m³/s (1996) e o Sistema Rio Manso 1,78 m³/s (1996), sendo que este último poderá, futuramente, chegar a 10,32 m³ /s e deverá suprir a demanda de água potável da Região Metropolitana de Belo Horizonte até 2005.

Com relação a captação, dos 34 municípios cujas sedes estão localizadas dentro da bacia do rio Paraopeba, 17 utilizam água superficial, 8 subterrâneas e 9 ambas.

Confrontando às demandas de água na bacia do rio Paraopeba com às disponibilidades, observa-se que esta bacia não apresenta problemas de ordem quantitativa.

4.3.2 Aspecto Qualitativo

Em 1977, o atual Conselho Estadual de Política Ambiental - COPAM, através ^o 02/77, enquadrou na Classe 2 os cursos d'água da bacia do rio Paraopeba. Além disso, tornava-se premente, naquela época, a necessidade da utilização das águas desta bacia como manancial de abastecimento da Região Metropolitana de Belo Horizonte (FAPEMIG, 1996). Assim, objetivando avaliar o nível de qualidade dos corpos d'água da região e propor medidas necessárias à sua melhoria, para a efetivação do enquadramento realizado, a área foi dividida em regiões a serem estudadas em etapas. A qualidade das águas foi uma das componentes avaliadas, ficando a cargo da Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais - CETEC, os trabalhos necessários à avaliação, os quais foram iniciados em 1977.

Uma análise dos resultados laboratoriais obtidos desde 1977, juntamente com vários levantamentos efetuados, possibilitaram a avaliação da situação dos recursos hídricos na bacia do rio Paraopeba em relação à quantidade, qualidade e utilização das águas.

As principais fontes de contaminação das águas superficiais da bacia do rio Paraopeba estão associadas aos lançamentos de esgotos domésticos "in natura" diretamente nos cursos d'água e aos efluentes provenientes das atividades industriais e de mineração.

Dentre as sedes municipais e as sedes distritais com população maior que 1.500 habitantes situadas dentro da bacia do rio Paraopeba, totalizando 40 localidades, 28 (70% do total) contam com redes coletoras de esgotos com abrangência maior ou igual a 20% da sua população.

Os percentuais de atendimento pelas redes coletoras variam de 7% (em Casa Grande) a 98% (em Belo Vale), relativamente à população urbana da cidade correlata. Nesse contexto, destacam-se os baixos percentuais de atendimento nas cidades de Betim, Contagem e Ibirité mais seu distrito de Parque Durval de Barros (área conurbada), ou seja, 33%, 33% e 20%, respectivamente. Na bacia

do rio Paraopeba como um todo, a população urbana total servida por rede coletora de esgoto é da ordem de 44%. O tratamento de esgoto sanitário praticamente inexistente na bacia, situação que não difere muito do restante do país.

A maior concentração de indústrias em Betim torna este município o principal contribuinte da carga poluidora potencial da bacia, seguido por Igarapé, ambos pertencentes à Região Metropolitana de Belo Horizonte.

As principais interferências das atividades de mineração sobre os recursos hídricos da bacia devem-se ao lançamento de efluentes provenientes das plantas de beneficiamento, carreamento, lavagem e lixiviação dos depósitos de rejeitos e conseqüente aumento do transporte de sólidos em suspensão nos cursos d'água. Em menor escala, pode-se registrar também interferência nos regimes hídricos superficiais e subterrâneos, estes últimos devidos a trabalhos de drenagem e rebaixamento dos níveis de água subterrâneas. De modo geral, os problemas de poluição e contaminação são mais críticos nas atividades de garimpo e nas pequenas e médias minerações, já que as grandes minerações têm investido, com mais intensidade em sistemas de controle.

4.4 Os principais Problemas com Relação aos Recursos Hídricos

Os principais problemas dos recursos hídricos da bacia do rio Paraopeba estão relacionados com a contaminação e degradação de suas águas, conseqüência da falta de tratamento dos esgotos domésticos, industriais e atividades

Com relação à contaminação por esgotos, o nível de contaminação é mais intenso nos rios Brumado, Maranhão, Betim, ribeirão dos Macacos e no alto médio curso do Paraopeba. Em conseqüência, constatou-se uma incidência generalizada de elevados números de coliformes fecais, além de teores expressivos de fosfato total, óleos e graxas no rio Maranhão e no rio Betim, com registros de elevados valores de DBO, amônia não ionizável, teores de OD reduzidos e até condição anaeróbica.

Os efluentes industriais são responsáveis pela presença de níquel no rio Maranhão e no rio Paraopeba, a jusante de sua confluência. Observa-se também elevada condutividade elétrica destas águas, caracterizando a presença excessiva de sólidos dissolvidos. Na sub-bacia do rio Betim, a grande concentração industrial é também responsável pelos teores elevados de óleos e graxas, amônia não ionizável e de baixas concentrações de oxigênio dissolvido.

No alto e médio Paraopeba, a intensa atividade minerária, aliada a existência de áreas com avançado processo erosivo, contribui para a presença de ferro solúvel, manganês e elevada turbidez. Em relação a este último parâmetro, tem-se observado decréscimo apreciável, quando se compara os dados de sua história até 1988 e os atuais. Pela avaliação global dos dados de sua história constata-se que no passado os parâmetros mais críticos na bacia foram:

talvegue de 195 km, possuindo uma forte declividade nos primeiros 35% e no último terço possui declividade de 0,1%. O relevo da região é predominantemente de moderado à forte. Os principais afluentes que deságuam no Curu são o Canindé e o Caxitoré. Outros afluentes importantes são os rios Tejuçuoca, Paulo Frios e Melancias. A figura 5.1 apresenta a bacia do rio Curu.

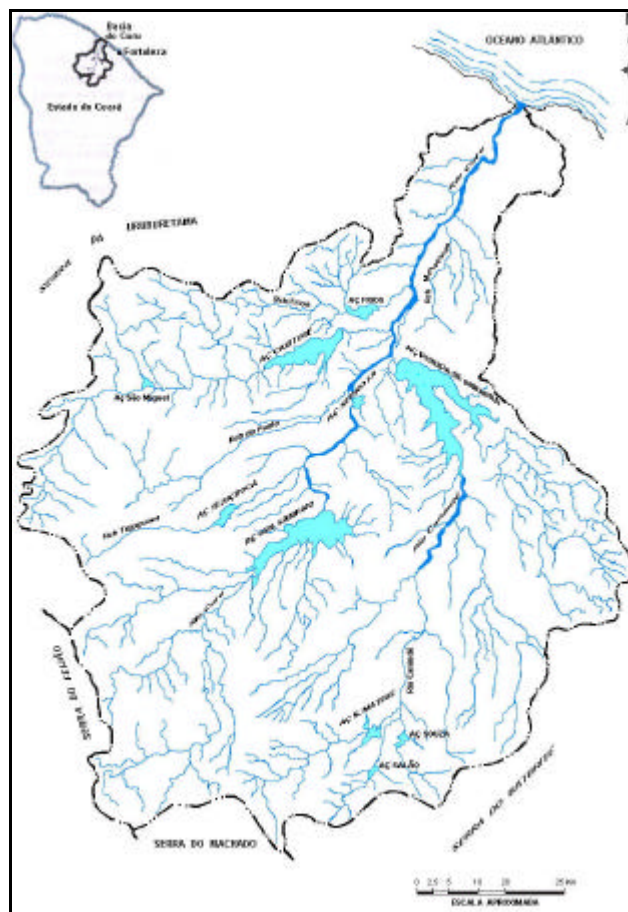


Figura 5.1 - Bacia do Rio Curu, Localização no Estado e Rios Principais
Fonte: Adaptado de KEMPER (1997) e VIANNA JR. (1998).

O clima na maior parte da bacia do Curu é semi-árido. Nas proximidades do litoral e em algumas áreas de maior altitude, ele é tropical sub-úmido. A

Caridade	Paracuru	São Luis do Curu
General Sampaio	Paraipaba	Umirim
Irauçuba	Pentecoste	
	Paramoti	

A área da bacia representa aproximadamente 6% do território cearense. Em 1991 a região contava com uma população de 285.893 habitantes, dos quais 49% na zona urbana e 51% na zona rural.

A população total do vale do Curu vem crescendo regularmente. Entre 1950 e 1991 a população cresceu 50%. Entretanto, a população rural tem seguido a mesma tendência do resto do Ceará e do Nordeste, ou seja, ela está declinando.

Segundo KEMPER (1997), o crescimento geral até 1980 pode ser explicado pela implantação dos dois projetos de irrigação, Curu-Recuperação e Curu-Paraipaba na década de 70, que puderam ser implantados devido aos investimentos nos açudes cujo objetivo era perenizar o rio.

Com relação à extensão territorial o município de Canindé é o maior, seguido pelos municípios de Irauçuba e Itapagé. Canindé também é o município mais populoso da bacia com um total de 61.650 habitantes (1991). No que se refere à urbanização, os municípios de São Luís do Curu e São Gonçalo do Amarante apresentam o maior percentual da população morando em núcleos urbanos. A densidade demográfica média da bacia do Curu é de aproximadamente 27 habitantes por quilômetro quadrado, sendo São Luís do Curu o município que apresenta maior população por área, com 86 habitantes/Km².

Em decorrência do conjunto de obras que vem sendo realizadas desde a década de 30 pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), e mais particularmente da perenização dos deflúvios do rio Curu, ocorreu grande desenvolvimento nas atividades agropecuárias, seja nas áreas que constituem os chamados projetos de irrigação Curu-Recuperação e Curu-Paraipaba, seja em alguns empreendimentos particulares que bombeiam água diretamente do rio. Assim, em poucos anos, a cana-de-açúcar passou a ser a principal exploração do vale e a fabricação de açúcar a sua atividade industrial mais importante.

Segundo LIMA (1998), a estrutura produtiva da economia regional encontra-se centrada no setor terciário, com ênfase ao comércio varejista. As atividades comerciais e de serviços participam com 42,7% na formação do PIB; seguida das atividades industriais, 30,6%; e das atividades agropecuárias, 26,7%.

O setor secundário é composto predominantemente pela indústria de transformação de minerais não-metálicos, representado por olarias e cerâmicas. Ao seu lado surge com igual importância a indústria de produtos alimentícios desenvolvida com base no beneficiamento de produtos agrícolas e

O setor agrícola da região caracteriza-se pelo tradicionalismo, apresentado um baixo desempenho, o que resulta em baixo nível de renda e baixo padrão de vida para a maioria da população rural da região, além de implicar num acelerado processo de desertificação devido aos desmatamentos. Os pequenos estabelecimentos desenvolvem agricultura de subsistência com mandioca, milho, arroz e feijão. Já os grandes estabelecimentos desenvolvem a pecuária e também as culturas de algodão, feijão e cana-de-açúcar.

O Vale do Curu é atualmente a região agrícola mais importante do Ceará cuja produção se baseia na irrigação (KEMPER, 1997). Além disso, devido ao caráter intermitente de seus cursos d'água, os recursos hídricos superficiais disponíveis no verão são as águas acumuladas nos reservatórios.

Esta bacia, pela infra-estrutura hidráulica que dispõe, é a que apresenta maior índice de controle. Sua infra-estrutura hidráulica envolve seis barragens em operação, sendo três de grande porte (açude com mais de 75 milhões de hm³): Pereira de Miranda, Caxitoré e General Sampaio e três de médio porte (compreendendo açudes de 10 a 75 milhões de hm³): Frios, Tejuçuoca e São Mateus), além de duas barragens de derivação que são a da Serrota e a da Paraipaba. Além desses reservatórios públicos, a bacia contém um grande número de pequenos barramentos (capacidade < 10 hm³) particulares sem nenhum controle pelos órgãos governamentais, os quais podem a vir, num futuro próximo, a reduzir substancialmente os volumes afluentes aos reservatórios públicos da região.

Para reforçar o suprimento hídrico do vale, estão programados pelo DNOCS mais três reservatórios, barrando afluentes não controlados do rio Curu. São eles, Paulo, Melancias e Jerimum, todos açudes de médio porte e com os projetos já terminados. Com a construção destes ficam praticamente esgotadas as possibilidades de barramento para acumulação no vale. O Quadro 5.2 mostra a relação dos principais reservatórios públicos existentes e programados para a bacia.

Quadro 5.2 - Principais reservatórios públicos na bacia do rio Curu

		Capacidade (em 10 ⁶ m ³)	Área Controlada (em Km ²)	Tributário
EXISTENTE				
General Sampaio	Gen. Sampaio	322,0	1 720	rio Curu
Pereira de Miranda	Pentecoste	395,0	2 840	rio Canindé
Caxitoré	Pentecoste	202,0	1 450	rio Caxitoré
Tejuçuoca	Tejuçuoca	28,9	180	rio Tejuçuoca
Frios	Umirim	33,0	240	rio Frios
São Mateus	Canindé	10,3	265	rio Canindé
PROJETADO				
Melancias	S. Luís do Curu	28,9	126	riacho Melancias
Jerimum	Tejuçuoca	20,5	386	rio Caxitoré
Paulo	Pentecoste/Apuiarés	27,3	123	riacho do Paulo

Fonte: LIMA (1998)

5.3.1 Aspecto Quantitativo

Os usos da água na bacia do rio Curu podem ser agrupados em: irrigação, consumo doméstico, piscicultura e pesca. Dentre esses, a irrigação é de longe o setor responsável pela maior demanda seguida do consumo doméstico. O Quadro 5.3 mostra o consumo anual total de água de cada um desses grupos.

Quadro 5.3 - Consumo Anual Total de Água na Bacia do Curu

Categoria de Uso	Consumo Anual	
	hm ³	%
Irrigação	151,289	88,6
Doméstico	4,320	2,5
Piscicultura	15,123	8,9
Total	170,733	100,0

Fonte: KEMPER (1997) apud VBA/Cogerh, 1995a

A irrigação foi introduzida no Vale do Curu nos anos 60, quando do DNOCS implantou um posto agrícola, uma unidade experimental com o propósito de transmitir experiência e incentivos para a agricultura irrigada da região (KEMPER, 1997).

Durante as duas últimas décadas, a irrigação privada continuou se expandindo ao longo do rio Curu, de General Sampaio à sua desembocadura no Oceano Atlântico. Atualmente, pode-se dividir os irrigantes em três categorias, em função de sua importância: irrigação em larga escala, em média escala e em pequena escala.

A irrigação em larga escala é feita pelos projetos públicos de irrigação Curu-Paraipaba e Curu-Recuperação e pelos projetos privados Agrovale e Ypióca. O Curu-Paraipaba irriga uma área de 3470 ha, considerando suas duas primeiras etapas, sendo que já existe uma terceira etapa projetada que deverá acrescentar mais 4350 ha de área irrigada. O Curu-Recuperação irriga uma área de aproximadamente 1200 ha. A Agrovale tem uma área de 7866 ha das quais 2203 ha irrigadas, basicamente com cana-de-açúcar.

Dentre as principais diferenças existentes entre os projetos de irrigação público e as duas companhias privadas destaca-se que esses últimos irrigam áreas grandes, ao passo que os agricultores dos projetos públicos têm lotes de cerca de 4 ha. As atividades voltadas à irrigação individual são na realidade de pequena escala, com claras implicações nas decisões acerca das plantações e

A irrigação em média escala é praticada nos solos aluviais ao longo do rio Curu e nas proximidades dos açudes da bacia. As áreas irrigadas variam de 10 a 100 ha. A irrigação em pequena escala também é praticada ao longo do rio Curu, ocorrem em áreas de no máximo 10 ha.

O Quadro 5.4 mostra o total de água consumido pelos usuários domésticos nas localidades abastecidas pelas companhias públicas.

Quadro 5.4 - Consumo Doméstico Anual de Água nas Sedes dos Municípios Abastecidos pelas Companhias Públicas

	População Abastecida com Água		Consumo Anual (hm ³)	
	No	%		
Apuiarés	3 763	3 462	92,0	0,215
Canindé	37 537	34 190	91,0	1,653
Gal. Sampaio	2 740	1 865	68,0	0,122
Paracuru	17 006	7 208	42,4	0,357
Paraipaba	8 747	4 138	47,3	0,258
Pentecoste	17 986	17 058	94,8	1,111
S. G. do Amarante	9 534	6 398	67,1	0,193
S. Luis do Curu	10 419	7 235	69,4	0,411
Tejuçuoca	11 784	1 048	8,9	-----
TOTAL	119 516	82 602	69,1	4,320

Fonte: KEMPER (1997) apud VBA/Cogerh, 1995a

Segundo KEMPER (1997), apesar da precariedade dos sistemas públicos de abastecimento, mesmo que todos os habitantes fossem abastecidos pelo sistema de açudes do Curu, o consumo nem chegaria a dobrar. O abastecimento para consumo doméstico chegaria no máximo a 5% da demanda anual total no vale.

O DNOCS mantém uma estação de piscicultura ao lado do reservatório de Pentecoste. Embora a atividade não utilize água (de forma consuntiva), a água armazenada nos viveiros está sujeita à evaporação. Estima-se que a evaporação nos tanques atinja 15 hm³ por ano.

5.3.2 Aspecto Qualitativo

As principais fontes pontuais de poluição a atingir os rios da bacia do Curu são os esgotos urbanos e industriais. O esgoto doméstico lançado diariamente nos rios e açudes da bacia não recebe qualquer tratamento. Tampouco recebem tratamento os efluentes industriais. A água residuária industrial originada no setor de produção de açúcar e álcool representa a maior fonte de poluição industrial das águas da bacia. Os municípios que mais lançam vinhoto nos rios são Itapajé e Paraipaba. A carga de agrotóxicos que chega aos rios provenientes dos perímetros irrigados também é uma fonte de poluição importante que deve ser quantificada e qualificada pelos órgãos de controle ambiental (LIMA, 1998 apud Plano Diretor da bacia do Curu, 1996).

As atividades agrícolas, por sua vez, são reconhecidamente uma fonte potencial importante de degradação da qualidade da água. Os poluentes provenientes do uso do solo para agricultura são, principalmente, os sólidos em suspensão, os nutrientes e os produtos fitossanitários. Em razão de sua natureza difusa, os poluentes oriundos do manejo do solo são considerados como fontes não-pontuais. Esse tipo de poluição, se fora de controle, gera problemas relacionados com a eutrofização de reservatórios e cursos d'água e conseqüentemente com a qualidade da água.

5.4 Os principais Problemas com Relação aos Recursos Hídricos

A bacia do rio Curu é uma das bacias estaduais de maior demanda d'água e está sujeita à escassez de água nos períodos de seca e, cada vez mais, nos períodos normais. Ela tem uma série de grupos de usuários diferentes que vão de agricultores de subsistência a municípios e agroindústrias. Os recursos hídricos são bastantes aproveitados e já contam com cinco açudes de grande porte. Segundo KEMPER (1997), no futuro próximo será impossível atender a demanda crescente por água através da oferta, já que não há mais espaço para a construção de outras obras de armazenamento.

6. CONCLUSÃO

O pacto federativo que compõe o Brasil faz com que as leis federais sejam obrigatórias para todos os Estados. Dessa forma, apesar da Constituição Federal estabelecer como competência da União e dos Estados a gestão dos recursos hídricos, esses últimos somente podem participar de forma complementar.

A aprovação da Lei Federal 9433/97, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, deu grande impulso ao processo de gestão das águas, criando a possibilidade real de implementação dos diversos instrumentos preconizados nessa legislação (outorga dos direitos de uso da água, cobrança pelo uso da água, enquadramento dos corpos d'água em classes de usos preponderantes, planos de recursos hídricos e compensação aos municípios).

O momento atual é de regulamentação e implementação destes instrumentos e, neste sentido, a questão é: como propor metodologias para aplicação dos instrumentos de gestão das águas que contemple as diferentes realidades brasileiras? A resposta a esta questão é complexa mas, certamente, passa pelo conhecimento detalhado das diversidades regionais e de seus problemas relativos às águas.

A bacia do rio dos Sinos, cujos problemas principais estão associados aos aspectos qualitativos de suas águas, retrata a realidade de uma área densamente urbanizada, que concentra a maior parte do desenvolvimento industrial do Rio Grande do Sul, especialmente nos setores metalúrgico, mecânico, material elétrico e de comunicação.

A bacia do rio Curu, cujos problemas principais estão associados à escassez de água devido à fatores climáticos agravada pelo crescimento dos usos, é a região agrícola mais importante do Ceará; abriga importantes açudes que são utilizados para abastecimento doméstico e de grandes projetos de irrigação. Devido a grande quantidade de açudes existentes nessa bacia, acredita-se que o limite de ampliação das disponibilidades hídricas já está bem próximo.

A bacia do rio Paraopeba, cujos problemas principais estão associados à má qualidade de suas águas, representa uma área estratégica para o Estado de Minas Gerais, não somente pelos parques industriais que estão instalados nessa bacia mas também pelo fato desta ser responsável pelo abastecimento da Região Metropolitana de Belo Horizonte. Com relação às cargas poluidoras, merece destaque, além dos esgotos domésticos que são lançados "in natura" nos corpos d'água, os resíduos provenientes das atividades de mineração. Porém, atualmente os maiores responsáveis pela carga gerada na mineração, ao contrário do que se poderia supor, não são as grandes mineradoras e sim

Analisando os problemas apresentados nestas três bacias verifica-se alguns pontos em comum. Por exemplo, os problemas relacionados com o processo de urbanização. A falta de coleta e tratamento dos efluentes domésticos, bem

- ✓ Redução a demanda - estimular o uso mais eficiente da água, redução das perdas, etc.

Finalmente, a necessidade de implementação da política de gestão dos recursos hídricos é evidente e o desafio é, entre outros, encontrar metodologias que, por um lado, sejam genéricas o suficiente para atenderem os dispositivos da Política Nacional e, por outro, específica o bastante para compreenderem as

7. BIBLIOGRAFIA

- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica, 1999. **Recursos Hídricos.** World Wide Web. On line <http://www.aneel.gov.br>
- FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS - CETEC. 1996. **Diagnóstico Ambiental do Vale do Paraopeba.** Belo Horizonte.
- FUNDAÇÃO DE ECONOMIA E ESTATÍSTICA. 1995. **Censo sócio-econômico dos municípios do Estado do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre.
- FOLHA DE SÃO PAULO, 2 de maio de 1999. **Qual será o futuro das cidades?** São Paulo. Ano 2000, p 1-10.
- KEMPER, K. E. 1997. **O custo da água gratuita: alocação e uso dos recursos hídricos no Vale do Curu, Ceará, nordeste brasileiro.** Linköping: Linköping University. 236p.
- LANNA, A. E., PEREIRA, J. S. 1996. Simulação da cobrança pelo uso da água na bacia do rio dos Sinos. In: SIMPÓSIO ÍTALO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 3, 1996, Gramado. **Anais.** [S. I.] ABES:ANDIS. v. 1, p. 78.
- LEAL, M. S. 1997. **Gestão Ambiental de Recursos Hídricos por Bacias Hidrográficas: Sugestões para o Modelo Brasileiro.** Rio de Janeiro: UFRJ - Curso de Pós-Graduação em Engenharia. 230f. Dissertação (Mestrado). Engenharia Civil.
- LIMA, C. T. M. 1998. **Simulação da qualidade de água em uma bacia hidrográfica: aplicação a bacia do rio Curu-CE.** Porto Alegre: Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. 109f.
- MAGNA ENGENHARIA LTDA. 1996a. Diagnóstico dos usos e disponibilidade de água na bacia. In: ___. **Simulação de uma proposta de gerenciamento dos recursos hídricos na bacia do rio dos Sinos, RS:** Relatório. Porto Alegre. v. 1, 2, 3 e 4.
- PEREIRA, J. S. 1996. **Análise de critérios de outorga e de cobrança pelo uso da água na bacia do rio dos sinos, RS.** Porto Alegre: Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. 110f.
- VIANA JR., W. P. 1998. **Operação ótima do sistema de reservatórios da bacia do rio Curu, CE.** Porto Alegre: Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. 221f. Dissertação (Mestrado).