

Processo: 550111/2002-6

Instituição: IPEA / RJ

Projeto: Análise da estrutura de demanda de recursos hídricos para usos agrícola, doméstico e industrial: uma aplicação à bacia do Rio Paraíba do Sul

**RELATÓRIO DA PESQUISA DE CAMPO SOBRE USO
INDUSTRIAL DA ÁGUA: ESTIMAÇÃO DE FUNÇÕES DE
DEMANDA DE ÁGUA E CUSTO DE CONTROLE DE
POLUIÇÃO**

Outubro de 2004

Projeto: Análise da estrutura de demanda de recursos hídricos para usos agrícola, doméstico e industrial: uma aplicação à bacia do Rio Paraíba do Sul

Instituição executora: IPEA-Rio

Instituição colaboradora: Institut National de Recherche Agronomique (INRA)

Financiamento: Fundo Setorial de Recursos Hídricos (CT – HIDRO)

Equipe:

- IPEA-Rio

Ronaldo Seroa da Motta - Coordenador
José Gustavo Féres

- INRA-Toulouse

Alban Thomas
Arnaud Reynaud
Céline Nauges

- Assistentes de pesquisa

Paula da Silva Aniceto (IPEA-Rio)
Rodrigo Fernando Dias (FGV-Rio)

AGRADECIMENTOS

A equipe do projeto agradece o apoio recebido da Federação de Indústria do Estado de Minas Gerais (FIEMG), da Federação de Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP) e da Federação de Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (FIRJAN), que forneceram cartas de apresentação que em muito facilitaram o contato com os entrevistados na pesquisa de campo. Em particular, gostaríamos de agradecer a Angelo Albiero Filho, André Carvalho e Anícia Pio (FIESP), Luís Azevedo e Ivan Mello e Silva (FIRJAN) e Wagner Costa e Francisco Campolina (FIEMG). Somos especialmente gratos a Anícia Pio e André Carvalho, da FIESP, pelo apoio e estímulo desde a fase inicial do projeto.

As valiosas sugestões de João Rodrigues (Cervejarias Kaiser) em muito contribuíram para o desenvolvimento e aperfeiçoamento do questionário da pesquisa. O eficiente trabalho desempenhado pela empresa Quest, responsável pela aplicação dos questionários, também foi de extrema importância para o sucesso dos trabalhos de campo.

Por fim, gostaríamos de agradecer o apoio financeiro do Fundo Setorial de Recursos Hídricos (CT-Hidro) ao projeto.

INTRODUÇÃO

Apesar da crescente participação da indústria na demanda total de água¹ e do impacto causado pelo lançamento de efluentes nas bacias hidrográficas, o papel da água no setor industrial ainda é um assunto pouco estudado no Brasil. Tal fato pode ser explicado pela limitada disponibilidade de dados consistentes sobre o uso da água no setor. As escassas informações existentes baseiam-se em cadastros de usuários pouco confiáveis. Ademais, estas informações encontram-se dispersas nos diversos órgãos estaduais de recursos hídricos e de meio ambiente, não se dispondo de uma consolidação de abrangência nacional. Estes fatores constituem-se assim em um obstáculo para a efetiva caracterização das indústrias em termos de uso de água e aporte de poluentes às bacias.

Entretanto, a caracterização do uso industrial da água é de fundamental importância para se avaliar o impacto de políticas de gestão de recursos hídricos sobre o setor. Esta avaliação mostra-se ainda mais necessária no contexto das reformas iniciadas com a promulgação da Lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos. Dentre as numerosas inovações por ela introduzidas, inclui-se a adoção do instrumento de cobrança pelo uso da água e pela poluição gerada, segundo os princípios do usuário-pagador e do poluidor-pagador. A primeira experiência com a cobrança iniciou-se em março de 2003 na bacia do rio Paraíba do Sul e, tão logo sejam aprovadas as leis regulamentando a questão, a implementação da cobrança deve se estender a outras bacias hidrográficas. Neste contexto, a falta de conhecimento sobre o papel da água na indústria torna-se ainda mais grave, uma vez que pode acarretar sérios erros de avaliação quanto aos impactos financeiros e ambientais da cobrança sobre os usuários industriais.

Em vista destas considerações, o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA-Rio), com a colaboração do Institut National de Recherche Agronomique (INRA), decidiu realizar a “Pesquisa Sobre Utilização de Água Pelos Estabelecimentos Industriais na Bacia do Paraíba do Sul”. A pesquisa levantou informações sobre 488 estabelecimentos industriais instalados na bacia do rio Paraíba do Sul e teve um duplo objetivo: (i) fornecer uma caracterização geral do papel da água nos estabelecimentos industriais; e (ii) avaliar os impactos financeiros e ambientais decorrentes da introdução da cobrança pelo uso da água na bacia, através da análise do comportamento da demanda de água dos usuários industriais e da estimação dos custos de controle de poluição.

Este relatório tem por objetivo apresentar e discutir os resultados desta pesquisa. O trabalho está dividido em cinco partes. A primeira parte refere-se à apresentação geral da pesquisa. Nela é discutida a questão da representatividade da amostra e descreve-se o questionário aplicado. A segunda parte trata da caracterização do uso da água nos estabelecimentos pesquisados. São apresentados e analisados os resultados sobre captação, pré-tratamento, uso principal, reúso e descarte de água nas plantas industriais. A terceira trata especificamente da questão da cobrança pelo uso da água na bacia do rio

¹ De acordo com estimações realizadas pelo Ministério da Saúde em 1995, o uso industrial representa 12 % da demanda total de água.

Paraíba do Sul. Em particular, procura-se avaliar a postura dos usuários industriais diante da introdução deste novo instrumento de gestão de recursos hídricos. A quarta seção estima os potenciais impactos financeiros da cobrança sobre os usuários industriais e analisa de que maneira os mesmos reagem ao aumento do preço da água decorrente da cobrança. Por fim, a quinta seção apresenta os resultados da estimação do custo marginal de tratamento de efluentes dos estabelecimentos.

I APRESENTAÇÃO DA PESQUISA

A “Pesquisa Sobre Utilização de Água Pelos Estabelecimentos Industriais na Bacia do Paraíba do Sul” coletou informações sobre 488 estabelecimentos industriais instalados na bacia do rio Paraíba do Sul. O levantamento de campo foi realizado através de entrevistas telefônicas com os responsáveis pelas áreas ambiental e financeira dos estabelecimentos, tendo sido os questionários previamente enviados aos mesmos. Os trabalhos de campo foram conduzidos pela empresa de pesquisas de mercado Quest durante os meses de setembro de 2003 e janeiro de 2004. Todas as demais atividades _ elaboração do questionário, seleção da amostra e análise estatísticas dos dados _ ficaram a cargo do IPEA-Rio e do INRA.

I.1 Questionário

O questionário foi dividido em nove seções, que são apresentadas de maneira breve a seguir². O questionário completo pode ser consultado no Apêndice 1.

As seções I e II tratam da identificação e da caracterização econômica dos estabelecimentos. As informações econômicas foram selecionadas tendo em vista as seguintes questões: (i) evidenciar as relações entre o uso da água e as medidas de atividade econômica; (ii) dimensionar o custo relativo da água em relação às despesas totais dos estabelecimentos; e (iii) avaliar de que modo a água se articula com os demais insumos de produção.

As seções IV a IX referem-se especificamente ao papel da água nos estabelecimentos e à questão da cobrança. Na caracterização do uso da água na indústria, procurou-se levar em conta a complexidade e as especificidades inerentes ao setor, marcado por uma grande heterogeneidade em relação aos padrões de utilização da água.

Esta heterogeneidade se manifesta em diferentes aspectos. Em primeiro lugar, os usuários industriais variam em relação à forma de abastecimento de água. Enquanto uma expressiva proporção de plantas industriais capta água por conta própria, outras recorrem à rede de abastecimento pública. Como estudos recentes observaram diferenças marcantes nas características da utilização da água segundo a fonte de abastecimento, o questionário apresenta seções distintas para usuários abastecidos pela rede pública (seção

² Omite-se a apresentação da Seção III do questionário, que não está relacionada diretamente aos objetivos deste projeto. Esta seção aborda questões referentes à performance ambiental das empresas e ao processo de licenciamento ambiental.

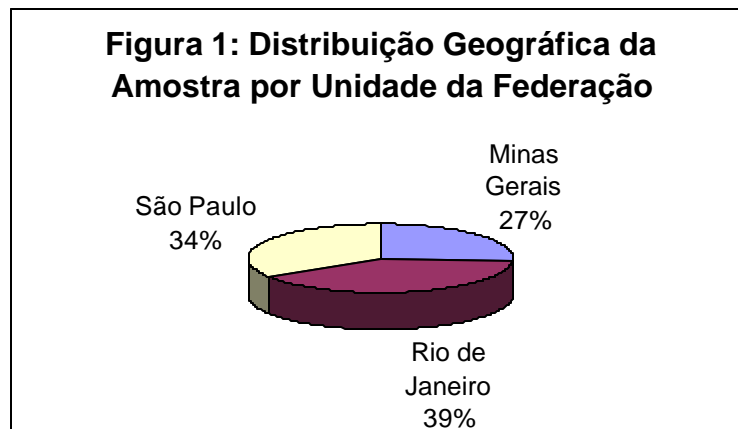
IV) e com captação própria (seção V). Em segundo lugar, a água na indústria pode servir a vários propósitos. Ela é utilizada, por exemplo, como insumo no processo produtivo ou simplesmente para fins sanitários. Dependendo do uso ao qual a água se destina, os estabelecimentos industriais podem ser levados a investir na melhoria da qualidade da água captada antes de sua efetiva utilização (pré-tratamento). A variedade de aplicações da água na indústria resulta ainda em impactos ambientais diferenciados em termos de qualidade e quantidade de recursos hídricos, o que gera a necessidade de graus variados de controle da poluição. Por fim, as empresas podem investir no reúso da água, reduzindo suas necessidades de captação, bem como o volume de efluentes lançados nos corpos hídricos.

Para uma caracterização adequada do uso da água no setor industrial, capaz de incorporar as diversas dimensões da utilização da água e as particularidades do setor, foram recolhidas informações sobre cinco aspectos: a captação, o pré-tratamento e o uso principal da água nos estabelecimentos (seções IV e V); recirculação (seção VII) e descarte de águas residuárias (seção VIII).

A questão da cobrança pelo uso da água na bacia do Paraíba do Sul é abordada na seção VI. Em particular, procura-se avaliar a receptividade dos usuários à implementação deste instrumento de gestão na bacia e o potencial da cobrança como mecanismo de incentivo ao uso racional da água. A seção IX encerra o questionário com informações sobre investimentos planejados em conservação/reúso de água e tratamento de efluentes.

I.2 Amostra

A amostra, composta por 488 estabelecimentos localizados na região da bacia, foi selecionada a partir dos cadastros industriais das três federações de indústrias atuantes na região: a Federação de Indústria do Estado de Minas Gerais (FIEMG), a Federação de Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP) e a Federação de Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (FIRJAN). A distribuição geográfica destes estabelecimentos é apresentada na Figura 1.



A seleção da amostra procurou preservar as características da estrutura produtiva da região da bacia do Paraíba do Sul, de modo a refletir sua composição setorial e a distribuição do porte dos estabelecimentos segundo o número de empregados.

A Tabela 1 mostra a distribuição da amostra por setor de atividade segundo a classificação CNAE a dois dígitos. Comparando-se os dados da tabela com as informações sobre o parque industrial relatadas no Plano de Recursos Hídricos da bacia do Rio Paraíba do Sul (Fundação COPPETEC (2002)), é possível afirmar que a amostra representa adequadamente a estrutura diversificada do parque industrial da bacia. A importância relativa na amostra de estabelecimentos ligados ao setor de alimentos e bebidas, aos setores têxtil e de vestuário e aos setores de metalurgia e fabricação de artigos de metal reflete o destacado papel exercido por estas atividades na bacia.

Tabela 1: Composição da amostra segundo o setor de atividade

Código CNAE	Atividade	Número de estabelecimentos	Proporção da amostra
15	Alimentos e bebidas	65	13,3%
16	Produtos do fumo	2	0,4%
17	Produtos têxteis	34	7,0%
18	Vestuário e acessórios	61	12,5%
19	Couro e calçados	5	1,0%
20	Produtos de madeira	7	1,4%
21	Papel e celulose	7	1,4%
22	Edição e impressão	13	2,7%
23	Refino de petróleo, produção de álcool	1	0,2%
24	Produtos químicos	30	6,2%
25	Artigos de borracha e plástico	30	6,2%
26	Produtos minerais não metálicos	32	6,6%
27	Metalurgia básica	22	4,5%
28	Produtos de metal	55	11,3%
29	Máquinas e equipamentos	29	5,9%
30	Máquinas para escritório e equipamentos de informática	1	0,2%
31	Máquinas e material elétrico	5	1,0%
32	Material eletrônico e de comunicações	10	2,1%
33	Instrumentos de precisão e automação	2	0,4%
34	Veículos automotores	16	3,3%
35	Equipamentos de transporte	5	1,0%
36	Móveis e indústrias diversas	54	11,1%
37	Reciclagem de sucata	2	0,4%
TOTAL		488	100%

A Tabela 2 apresenta a distribuição da amostra segundo o total de empregados. Observa-se que 77 % dos estabelecimentos pesquisados possuem menos de 100 empregados, 18 %

possuem entre 100 e 500 empregados e os demais 5 % empregam mais de 500 pessoas. A distribuição da amostra parece refletir satisfatoriamente a predominância dos estabelecimentos de pequeno e médio portes na bacia do rio Paraíba do Sul. Segundo os dados publicados no Plano de Recursos Hídricos, mais de 95 % do total de estabelecimentos instalados na bacia possuem menos de 500 empregados.

Tabela 2: Composição da amostra por porte de estabelecimento

Total de empregados	Número de estabelecimentos	Percentual do total da amostra
Menos de 100	378	77,5 %
Entre 100 e 500 empregados	86	17,6 %
Mais de 500 empregados	24	4,92 %
TOTAL	488	100 %

II CARACTERIZAÇÃO DO USO DA ÁGUA

Nesta seção procura-se caracterizar o uso da água nos estabelecimentos industriais pesquisados. A utilização da água foi analisada em termos de cinco parâmetros: captação, pré-tratamento, recirculação, uso principal e descarte de efluentes.

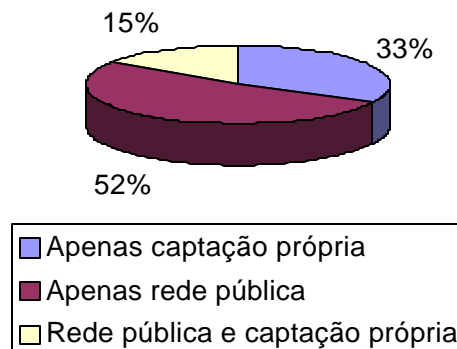
Para facilitar a análise dos resultados e evitar a possibilidade da identificação de estabelecimentos pertencentes a atividades cujo número de entrevistas foi reduzido, os setores CNAE apresentados na Tabela 1 foram agregados em 11 setores: alimentos e bebidas (incluindo fumo); têxtil; vestuário, calçados e acessórios; madeira, borracha e plástico; papel e celulose; química (incluindo petroquímica); minerais não-metálicos; metalurgia; máquinas e equipamentos; material de transporte (veículos e autopeças) e outras.

Já nas análises segundo o tamanho dos estabelecimentos, foram considerados estabelecimentos de pequeno porte aqueles que empregam menos de 100 funcionários. Estabelecimentos que possuem entre 100 e 500 empregados foram classificados como de médio porte, enquanto os que possuem mais de 500 empregados foram considerados de grande porte.

II.1 Abastecimento de água

Conforme dito anteriormente, os usuários industriais podem optar entre a captação de água por conta própria ou a conexão à rede pública. A Figura 2 mostra a distribuição da amostra em relação à fonte de abastecimento. Pouco mais da metade dos estabelecimentos pesquisados (52 %) utiliza exclusivamente água da rede pública. Um terço se abastece apenas por captação própria, enquanto 15 % recorrem às duas formas.

Figura 2: Distribuição da amostra quanto a forma de abastecimento em água



A decisão entre a captação própria ou o abastecimento de água via rede pública parece estar diretamente relacionada ao porte dos estabelecimentos, conforme se observa na Tabela 3. As empresas de pequeno porte são em geral pequenos usuários e tendem a utilizar água da rede pública. A opção dos pequenos usuários pela rede pública pode ser explicada pelos altos custos envolvidos na construção de sistemas de captação próprios. Já a escala de operação de empresas de maior porte em geral implica na utilização de volumes mais significativos de água, justificando os custos de investimento em sistemas de captação. A opção dos grandes usuários pela captação direta da água está claramente expressa no comportamento dos estabelecimentos de grande porte da amostra. Todos possuem sistema de captação próprio, enquanto menos de 20 % utilizam água proveniente da rede pública.

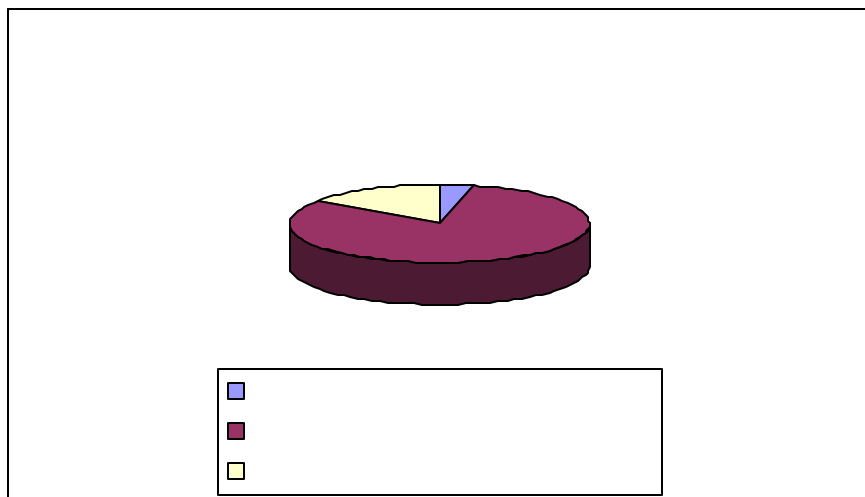
Tabela 3: Distribuição da amostra quanto a forma de abastecimento em água, segundo porte dos estabelecimentos

	Rede pública			Captação própria		
	Pequeno porte	Médio porte	Grande porte	Pequeno porte	Médio porte	Grande porte
Sim	276	48	4	155	56	24
Não	102	38	20	223	30	0

A análise da Tabela 4, que registra os volumes de água demandados pelos estabelecimentos em 2002, reafirma esta relação entre o porte do usuário e a forma de abastecimento em água. Apesar de a maioria dos estabelecimentos pesquisados utilizar exclusivamente a água proveniente da rede pública, este volume representa uma parcela pouco expressiva da demanda total. Conforme se observa na tabela, a demanda de água dos estabelecimentos totalizou aproximadamente 32.313.175 m³ em 2002. Deste volume, aproximadamente 1,2 milhão de metros cúbicos foram provenientes da rede pública, o que corresponde a 3,6 % do volume total. Este baixo percentual mostra que a água da rede pública atende sobretudo aos pequenos usuários, com os grandes usuários recorrendo à captação própria.

Tabela 4: Volumes de captação de água segundo fonte de abastecimento

Setor de atividade	Rede Pública		Captação própria				Volume total de captação (m³)
	Volume (m³)	Número de estabelecimentos	Água superficial Volume (m³)	Água subterrânea Volume (m³)	Volume total de captação própria (m³)	Número de estabelecimentos	
Alimentos e bebidas	545.066	47	5.227.352	715.714	5.943.066	36	6.488.132
Têxtil	41.252	18	3.914.066	315.271	4.229.337	23	4.270.589
Vestuário, calçados e acessórios	141.873	54	7.242	35.514	42.756	16	184.629
Madeira, borracha e plástico	110.061	23	11.120	28.907	40.027	16	150.088
Papel e celulose	33.222	5	6.390.582	180	6.390.762	4	6.423.984
Química	35.951	17	1.397.606	837.628	2.235.234	19	2.271.185
Minerais não-metálicos	11.652	13	231.635	387.543	619.178	27	630.830
Metalurgia	76.848	55	8.838.580	427.111	9.265.691	35	9.342.539
Máquinas e equipamentos	51.880	30	195.120	1.246.780	1.441.900	18	1.493.780
Material de transporte	48.724	11	26.784	713.844	740.628	14	789.352
Outras	75.709	55	13.132	179.228	192.360	27	268.068
TOTAL	1.172.236	328	26.253.219	4.887.720	31.140.939	235	32.313.175



II.2 Pré-tratamento

Um número relativamente pequeno de estabelecimentos realiza algum tipo de pré-tratamento da água. A Tabela 5 mostra que apenas 25 plantas que utilizam a água da rede pública fazem pré-tratamento, o que corresponde a 7,6 % dos usuários industriais ligados à rede. Este baixo percentual justifica-se pelo fato da água da rede pública já possuir um padrão de qualidade satisfatório para a maioria das aplicações industriais. Os estabelecimentos que afirmaram fazer pré-tratamento da água da rede pública são em sua maioria ligados aos setores químico e de alimentos e bebidas, que se caracterizam pelo alto grau de qualidade da água necessário à elaboração de seus produtos. Os tipos predominantes de pré-tratamento são a filtração e a cloração/desinfecção.

Tabela 5: Volumes de água pré-tratados, estabelecimentos abastecidos por água proveniente da rede pública

Setor de atividade	Número de estabelecimentos	Volume pré-tratado (m ³)
Alimentos e bebidas	14	338.782
Têxtil	0	.
Vestuário, calçados e artigos de couro	0	.
Madeira, borracha e plástico	2	7.500
Papel e celulose	1	21.000
Química	6	16.743
Minerais não-metálicos	0	.
Metalurgia	1	288
Máquinas e equipamentos	0	.
Material de transporte	0	.
Outras	1	3.372
TOTAL	25	387.685

Tabela 6: Distribuição da amostra segundo tipos de pré-tratamento adotados, estabelecimentos abastecidos por água proveniente da rede pública

	Filragem	Cloração e desinfecção	Decantação	Controle de corrosão	Controle de dureza e alcalinidade	Desmineralização	Outros
Sim	20	8	2	0	4	4	1
Não	5	17	23	25	21	21	24

Já a prática do pré-tratamento é mais comum nas plantas que captam água por conta própria, uma vez que a água captada diretamente dos corpos hídricos possui um nível de qualidade inferior ao fornecido pelas companhias de abastecimento. Um terço dos estabelecimentos com sistemas de captação própria utiliza algum processo de pré-tratamento, como mostra a Tabela 7. Além dos setores químico e de alimentos e bebidas, merecem destaque os setores têxtil e metalúrgico. Um total de 19.205.089 m³ passam por algum tipo de pré-tratamento.

Tabela 7: Volumes de água pré-tratados, estabelecimentos com captação própria

Setor de atividade	Número de estabelecimentos	Volume pré-tratado (m ³)
Alimentos e bebidas	24	2.084.180
Têxtil	10	1.635.161
Vestuário, calçados e artigos de couro	2	2.160
Madeira, borracha e plástico	3	11.660
Papel e celulose	3	4.806.982
Química	10	1.283.578
Minerais não-metálicos	5	466.990
Metalurgia	12	7.754.982
Máquinas e equipamentos	5	1.153.932
Material de transporte	2	4.744
Outras	2	720
TOTAL	78	19.205.089

Tabela 8: Distribuição da amostra segundo tipos de pré-tratamento adotados, estabelecimentos com captação própria

	Filtragem	Cloração e desinfecção	Decantação	Controle de corrosão	Controle de dureza e alcalinidade	Desmineralização	Outros
Sim	59	56	40	23	36	19	7
Não	19	22	38	55	42	59	71

II.3 Uso principal

Como discutido anteriormente, o uso da água na indústria pode se prestar a múltiplos fins. Ela é utilizada, por exemplo, como insumo no processo produtivo, para o resfriamento de produtos e máquinas ou simplesmente para fins sanitários.

A Tabela 9 apresenta o uso principal dado à água nos estabelecimentos pesquisados. Um ponto interessante a ser observado é que, enquanto a água da rede pública é usada principalmente para fins sanitários, na maior parte dos estabelecimentos dotados de sistemas de captação própria o uso principal da água está ligado mais diretamente ao processo de produção.

Tabela 9: Uso principal da água nos estabelecimentos

Uso principal	Água da rede		Captação própria	
	Número de estabelecimentos	Percentual	Número de estabelecimentos	Percentual
Matéria-prima	59	18%	100	43%
Resfriamento de máquinas e peças	9	3%	23	10%
Geração de vapor	1	0%	7	3%
Fluido auxiliar	8	2%	7	3%
Uso sanitário e outros	251	77%	98	42%

Esta distinção quanto a finalidade do uso da água proveniente da rede pública e da captada diretamente dos corpos hídricos fica mais clara ao se restringir a análise aos estabelecimentos que recorrem a ambas as fontes de abastecimento. De fato, como se observa na Tabela 10, nestes estabelecimentos o uso da água da rede pública é predominantemente para fins sanitários. Já a água captada diretamente dos corpos hídricos é utilizada como insumo produtivo ou para fins de geração de vapor/resfriamento. Estes resultados sugerem que a água proveniente da rede pública e aquela captada diretamente dos corpos hídricos são utilizadas para fins distintos dentro do mesmo estabelecimento, indicando um certo grau de complementaridade entre as duas fontes de abastecimento.

Tabela 10: Uso principal da água, estabelecimentos conectados à rede pública e com captação própria

Uso principal	Água da rede		Captação própria	
	Número de estabelecimentos	Percentual	Número de estabelecimentos	Percentual
Matéria-prima	18	24%	38	51%
Resfriamento de máquinas e peças	1	1%	5	7%
Geração de vapor	1	1%	6	8%
Fluido auxiliar	6	8%	3	4%
Uso sanitário e outros	49	65%	23	31%

II.4 Reúso

O reúso da água é o processo pelo qual a água, tratada ou não, é reutilizada para o mesmo ou outro fim. A quantificação do volume de água reutilizado envolve dificuldades, principalmente devido à ausência de registro detalhado dos processos empregados.

Poucos estabelecimentos pesquisados souberam estimar o volume total de reúso de água, gerando resultados pouco satisfatórios. Procurou-se então registrar apenas a proporção da água captada que vem a ser reutilizada nos estabelecimentos. Esta proporção não deve ser interpretada como a medida precisa da economia total de água resultante do reúso, uma vez que esta economia estará subestimada se esta água estiver sendo reutilizada várias vezes. O percentual da água captada que é reutilizada deve ser visto como uma medida da economia mínima de água, caso ela seja reutilizada apenas uma vez.

Um total de 67 estabelecimentos pesquisados (14 % da amostra) afirmou reutilizar água. A Tabela 11 mostra que proporção de estabelecimentos que adotam práticas de reúso tende a aumentar de acordo com o porte das plantas industriais. Desta forma, apenas 41 dos 378 estabelecimentos de pequeno porte reutilizam água. Já entre os de grande porte esta prática é mais disseminada, com metade dos estabelecimentos reutilizando água.

Tabela 11: Distribuição da amostra segundo a prática de reúso da água

	Pequeno porte		Médio porte		Grande porte	
	Número de estabelecimentos	Percentual	Número de estabelecimentos	Percentual	Número de estabelecimentos	Percentual
Sim	41	10,85 %	14	16,28 %	12	50 %
Não	337	89,15 %	72	83,72 %	12	50 %

Do volume total de 32.313.175 m³ captados, 8.163.895 m³ são reutilizados³. A Tabela 12 apresenta os volumes reutilizados segundo o porte da planta. Como esperado, os estabelecimentos de médio e grande porte respondem pela quase totalidade da água reutilizada. Em relação aos setores de atividade, a Tabela 13 indica que a metalurgia destaca-se tanto em termos de número de estabelecimentos quanto pelo volume reutilizado⁴.

Tabela 12: Volume de água reutilizado, segundo o porte dos estabelecimentos

Porte do estabelecimento	Número de estabelecimentos	Volume reutilizado (m ³)
Pequeno porte	32	193.701
Médio porte	11	4.572.195
Grande porte	10	3.397.999

Tabela 13: Volume de água reutilizado, segundo o setor de atividade

Sector de atividade	Número de estabelecimentos	Volume reutilizado (m ³)
Alimentos e bebidas	4	3.676.800
Têxtil	6	315.987
Vestuário, calçados e artigos de couro	0	.
Madeira, borracha e plástico	11	23.737
Papel e celulose	2	1.259
Química	5	157.480
Minerais não-metálicos	4	7.776
Metalurgia	11	3.873.192
Máquinas e equipamentos	4	104.220
Material de transporte	1	1.800
Outras	5	1.644
TOTAL	53	8.163.895

³ Este volume baseia-se na resposta de 53 estabelecimentos, uma vez que outros 14 estabelecimentos que afirmaram fazer reúso da água não souberam informar os volumes envolvidos.

⁴ O setor de alimentos e bebidas também apresenta um alto volume de água reutilizada, mas este se concentra em um estabelecimento da amostra.

II.5 Águas residuárias e tratamento de efluentes

Conforme mostra a Tabela 14, a maioria dos estabelecimentos pesquisados afirmou descartar as águas residuárias na rede pública de esgoto. A decisão entre o lançamento das águas diretamente nos corpos hídricos ou a utilização da rede pública de esgotos parece estar ligada ao porte do estabelecimento. Estabelecimentos de grande porte utilizam grandes quantidades de água, o que justifica a construção de sistemas de descarte de água próprios. Já os pequenos usuários optam por recorrer à rede pública. Tal perfil é claramente observado na amostra: todos os estabelecimentos de grande porte descartam a água diretamente nos corpos hídricos, enquanto a grande maioria dos estabelecimentos de pequeno porte utilizam a rede pública.

Tabela 14: Distribuição da amostra segundo meio receptor dos efluentes

	Rede pública de esgoto				Corpos hídricos			
	Pequeno porte	Médio porte	Grande porte	Total	Pequeno porte	Médio porte	Grande porte	Total
Sim	228	36	0	264	101	24	15	140
Não	97	23	15	135	224	35	0	259

Uma parcela significativa dos estabelecimentos não soube determinar o volume de água descartada após sua utilização. Para se obter uma estimativa desta quantidade para a amostra completa, foram calculados os percentuais médios de consumo⁵ por setor de atividade, a partir das informações dos 341 estabelecimentos que responderam à questão do descarte. Estes coeficientes médios foram então aplicados ao volume de água captado para se estimar o volume de águas residuárias nos estabelecimentos que não conseguiram determinar esta quantidade.

A Tabela 15 apresenta os volumes dos estabelecimentos que informaram a quantidade de descarte, o coeficiente de consumo relativo a cada setor e o volume estimado para a amostra completa. Os estabelecimentos informaram descartar 13.915.666 m³. Aplicando-se os coeficientes setoriais de consumo, foi calculado um volume de descarte de 28.047.009 m³ para a amostra completa. A comparação deste valor com o volume total de 32.313.175 m³ captados pelos estabelecimentos indica que 16,2 % da água é consumida.

⁵ O consumo é definido como a diferença entre o volume de água captado e o volume de água descartado após o uso. Em outras palavras, o consumo corresponde à quantidade de água captada que não é restituída aos corpos hídricos. A maior parte do consumo industrial de água deve-se à evaporação e a incorporação da água ao produto final (por exemplo, no setor de bebidas).

Tabela 15: Volume de descarte de águas residuárias

Setor de atividade	Estabelecimentos informantes			Estimacão para a amostra completa	
	Número de estabelecimentos	Volume descartado (m ³)	Coefficiente de consumo	Número de estabelecimentos	Volume descartado (m ³)
Alimentos e bebidas	39	1.132.120	0,22	67	5.031.108
Têxtil	22	1.637.807	0,08	34	3.907.832
Vestuário, calçados e acessórios	56	112.034	0,05	66	179.718
Madeira, borracha e plástico	22	108.720	0,12	37	127.196
Papel e celulose	5	1.861.776	0,08	7	5.826.591
Química	20	1.422.667	0,11	31	1.872.455
Minerais não-metálicos	9	208.083	0,10	32	570.125
Metalurgia	60	6.053.632	0,10	77	8.289.136
Máquinas e equipamentos	35	1.052.474	0,09	47	1.300.438
Material de transporte	15	110.279	0,10	21	697.080
Outras	48	216.075	0,07	69	245.330
Total	331	13.915.666	-	488	28.047.009

II.5.1 Tratamento de efluentes

Um total de 91 estabelecimentos afirmou realizar algum tipo de tratamento de efluentes. A Tabela 16 revela que esta prática é mais comum nos estabelecimentos que descartam a água diretamente nos corpos hídricos. Apenas uma pequena proporção das plantas que utilizam a rede pública de esgoto trata seus efluentes.

Tabela 16: Distribuição da amostra segundo a prática de tratamento de efluentes

	Descarte direto nos corpos hídricos		Descarte na rede pública de esgoto	
	No. de estabelecimentos	Percentual	No. de estabelecimentos	Percentual
Sim	67	49,6 %	24	9,1 %
Não	68	50,4 %	240	90,9 %

Quanto aos métodos de tratamento, observa-se que a maioria dos estabelecimentos que disseram realizar tratamento utiliza métodos primários e secundários. Já o tratamento terciário é pouco difundido, sendo realizado apenas em 9 plantas.

Tabela 17: Distribuição da amostra segundo tipo de tratamento de efluentes adotado

	Primário	Secundário	Terciário
Sim	91	47	9
Nao	0	44	82

Para se avaliar o volume de efluentes tratado, foi considerado apenas o grupo que lança as águas residuárias diretamente nos corpos hídricos. Aproximadamente metade destes estabelecimentos afirmou fazer tratamento de efluentes. A Tabela 18 exibe o volume descartado, o volume tratado e o percentual de tratamento. O percentual de tratamento situa-se em 90 % da água descartada por este grupo, sendo tratados 6.482.640 m³ de um total de 7.215.682 m³ descartados.

Tabela 18: Volumes de água descartados e tratados por estabelecimentos com descarte de águas diretamente nos corpos hídricos

Setor de atividade	Numero de estabelecimentos com descarte direto	Numero de estabelecimentos com tratamento	Volume descartado (m ³)	Volume tratado (m ³)	Percentual de tratamento de efluentes
Alimentos e bebidas	18	10	688.308	555.263	81%
Têxtil	9	7	1.516.366	1.513.150	100%
Vestuário, calçados e acessórios	9	1	56.255	128	0%
Madeira, borracha e plástico	5	2	9.812	4.086	42%
Papel e celulose	1	1	1.858.670	1.858.670	100%
Química	13	9	649.060	611.353	94%
Minerais não-metálicos	15	3	42.533	753	2%
Metalurgia	29	18	1.138.808	849.673	75%
Máquinas e equipamentos	10	8	1.024.202	887.956	87%
Material de transporte	7	4	72.397	53.354	74%
Outras	11	3	159.271	148.255	93%
Total	127	66	7.215.682	6.482.640	90%

II.6 Custo da água

A pesquisa também procurou coletar dados sobre o custo médio referente à captação, ao pré-tratamento, ao reúso e ao descarte/tratamento de efluentes dos estabelecimentos. Os resultados estão apresentados na Tabela 19.

Para os estabelecimentos abastecidos pela rede pública, o preço médio do metro cúbico foi calculado pelo valor da conta de água (incluindo-se as despesas extraordinárias e a parte relativa a coleta e tratamento de esgoto, quando existentes) dividido pelo volume total de água utilizado. O preço médio da água da rede pública na bacia foi de R\$ 3,09 / m³. Vale destacar as importantes diferenças regionais observadas para esta variável: na parte mineira da bacia o preço médio foi de R\$ 2,38 / m³, enquanto os estabelecimentos localizados em São Paulo pagaram em média R\$ 3,80 / m³.

Já para os estabelecimentos que captam água por conta própria, o custo de captação da água superficial foi de R\$ 0,26 / m³. Este valor foi ligeiramente superior para a captação de água subterrânea, cujo custo ficou em R\$ 0,33 / m³.

O custo de pré-tratamento foi calculado apenas para os estabelecimentos com captação própria, dado o baixo número de respostas dos estabelecimentos abastecidos pela rede pública que realizam algum tipo de pré-tratamento. O custo foi calculado em R\$ 0,62 por metro cúbico pré-tratado. É importante observar que este custo pode variar bastante entre os estabelecimentos, uma vez que diferentes aplicações industriais requerem diferentes níveis de gastos com pré-tratamento.

O custo médio do reúso da água foi calculado em R\$ 0,55 / m³. Este valor está acima do custo médio de captação por conta própria, tanto de águas superficiais (R\$ 0,26 / m³) quanto de águas subterrâneas (R\$ 0,33 / m³). Mas ao se considerar os custos de pré-tratamento, observa-se que o custo captação + pré-tratamento supera o custo de reúso. Isto sugere que firmas que captam água por conta própria e que não necessitam fazer pré-tratamento não têm incentivos a reutilizar a água. Já os estabelecimentos abastecidos pela rede pública ou com captação própria que necessitem de fazer pré-tratamento possuem incentivos a reutilizar a água.

Por fim, o custo médio de descarte/tratamento de efluentes ficou em R\$ 0,75 /m³. Assim como no caso do pré-tratamento, este custo varia bastante entre os estabelecimentos, dependendo do tipo de tratamento utilizado (primário, secundário ou terciário).

Tabela 19: Custo médio da utilização da água

Estabelecimentos abastecidos por rede pública	Amostra total	R\$ 3,09
	Minas Gerais	R\$ 2,38
	Rio de Janeiro	R\$ 3,05
	São Paulo	R\$ 3,80
Captação própria	água superficial	R\$ 0,26
	água subterrânea	R\$ 0,33
Pré-tratamento (captação própria)		R\$ 0,62
Reúso		R\$ 0,55
Descarte e tratamento de efluentes		R\$ 0,75

III A COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA NA BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL

A cobrança pelo uso da água na bacia do rio Paraíba do Sul é a primeira experiência de implementação deste novo instrumento de gestão em águas de domínio federal. Iniciada em março de 2003, a cobrança aplica-se atualmente à indústria, ao saneamento básico, à agropecuária, à mineração e à piscicultura.

Os princípios gerais que nortearam as discussões sobre a fórmula de cobrança podem ser resumidos em quatro pontos.

Simplicidade: o critério da simplicidade da fórmula de cobrança, tanto em termos operacionais como conceituais, prevaleceu ao longo de todo o debate. Procurou-se definir mecanismos de cobrança baseados em parâmetros facilmente mensuráveis. Tal critério foi adotado para familiarizar os usuários com este novo instrumento e para avaliar as reações dos mesmos.

Aceitabilidade: a aceitação por parte dos usuários da bacia é um requisito fundamental para a legitimação da cobrança. O caráter participativo do CEIVAP⁶ permitiu a intervenção dos usuários no debate sobre a metodologia da cobrança, facilitando assim a aceitação da cobrança pelas partes interessadas.

Sinalização: a cobrança pelo uso da água deve sinalizar o valor econômico da água e incentivar ao uso racional da mesma, tanto em termos de qualidade quanto de quantidade.

⁶ Comitê para a Integração da Bacia do Rio Paraíba do Sul, composto por representantes do poder público, dos usuários de água da bacia e representantes da sociedade civil. Responsável pela discussão e aprovação dos valores da cobrança pelo uso da água no âmbito da bacia.

Minimização de impactos econômicos: a sinalização do valor de escassez da água, no entanto, não deve ser tão forte a ponto de comprometer a aceitação da tarifa. Desta forma, os critérios de preço da cobrança foram definidos de modo a minimizar os impactos econômicos sobre os custos dos usuários, sendo adotados baixos valores para a cobrança.

A metodologia de cálculo da cobrança foi definida pelo CEIVAP e baseou-se nos princípios do usuário-pagador e do poluidor-pagador. Foram definidos três fatos geradores para a cobrança pelo uso: captação, consumo e diluição de efluentes. Abaixo, a fórmula é apresentada de modo a identificar a parte relativa a cada tipo de uso:

$$VT = \underbrace{Q_A \times K_0 \times PPU}_{\text{CAPTAÇÃO}} + \underbrace{Q_A \times K_1 \times PPU}_{\text{CONSUMO}} + \underbrace{Q_A \times (1 - K_1)(1 - K_2 K_3) PPU}_{\text{DILUIÇÃO DE EFLUENTES (DBO)}}$$

onde

VT = valor total da cobrança pelo uso da água

Q_A = vazão captada, de acordo com o volume outorgado

K_0 = coeficiente de captação, definido pelo CEIVAP ($K_0 < 1$)

K_1 = coeficiente de consumo (i.e., proporção da água captada que não é retornada aos corpos hídricos), que varia de acordo com o setor de atividade

K_2 = percentual de efluente tratados

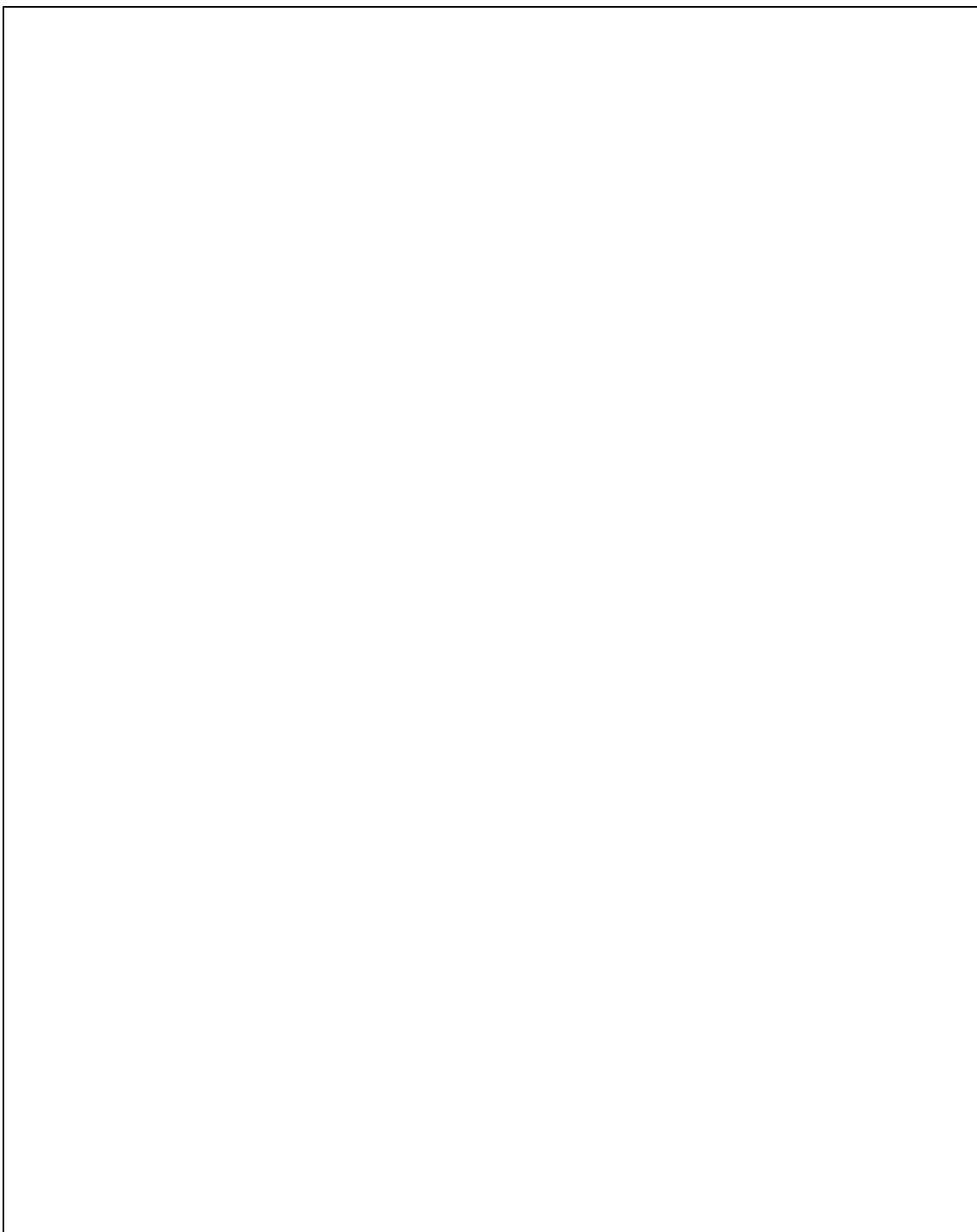
K_3 = nível de eficiência na redução de DBO, que varia de acordo com os equipamentos de controle de poluição adotados pelo usuário

PPU = preço público unitário ($\text{R\$}/\text{m}^3$), definido pelo CEIVAP

O início da cobrança foi precedido por uma campanha de cadastramento dos usuários da bacia, na qual foram concedidas outorgas de acordo com os volumes de uso declarados pelos usuários. A quantidade Q_A para o cálculo da cobrança baseou-se no volume de captação outorgado.

Os valores estipulados para a cobrança foram relativamente baixos, de modo a facilitar a aceitação da mesma por parte dos usuários. Deste modo, dentre os critérios elencados acima, prevaleceram os princípios da aceitabilidade e minimização de custos sobre o da sinalização da escassez de água na bacia. Para a indústria e o saneamento, foram estabelecidos $K_0 = 0,4$ e $PPU = \text{R\$ } 0,02/\text{m}^3$. Analisando-se a fórmula da cobrança, observa-se que estes coeficientes equivalem a um valor de $\text{R\$ } 0,008$ por metro cúbico captado e $\text{R\$ } 0,02$ por metro cúbico consumido. Já para a diluição de efluentes, o valor depende do percentual de efluente tratado e do nível de eficiência do sistema de tratamento utilizado (expressos pelos coeficientes K_2 e K_3), podendo alcançar um máximo de $\text{R\$ } 0,02$ por metro cúbico descartado sem qualquer tipo de tratamento. O Quadro 1 procura ilustrar o que a cobrança baseada nestes parâmetros representa em termos de aumento do custo médio do metro cúbico, para o caso particular de estabelecimentos que não tratam seus efluentes. Vazões de captação inferiores a 1 l/s foram definidas como

insignificantes em termos de impacto ambiental na bacia, estando estes usuários isentos da cobrança.



A Tabela 20 mostra os valores arrecadados com a cobrança no ano de 2004. Os valores pagos pelo setor de saneamento representaram 67,45 % da arrecadação total. Já o valor pago pelo setor industrial totalizou R\$ 1.452.907,83, o que corresponde a 32,43 % da arrecadação total.

Tabela 20: Arrecadação da cobrança pelo uso da água na bacia do rio Paraíba do Sul em 2004* - resumo por setor

Setor	Valor arrecadado (R\$)	Percentual arrecadação total
Indústria	1.452.907,83	32,43 %
Irrigação	2.073,26	0,05 %
Mineração	368,21	0,01 %
Saneamento	3.021.975,64	67,45 %
Outros usos	3.096,88	0,07 %
TOTAL	4.480.421,82	100 %

* valores contabilizados até 21/09/2004

Fonte: ANA, Gerência de Arrecadação

Observando-se a evolução da arrecadação do setor industrial entre fevereiro e agosto de 2004, no entanto, pode-se verificar uma alta taxa de inadimplência no setor. O valor arrecadado em nenhum momento ultrapassou 50 % do valor cobrado: após um pico de arrecadação de 45 % do valor faturado em fevereiro, o percentual de arrecadação estabilizou-se na faixa de 30 % a 36 % do valor faturado entre março e julho. Este percentual caiu ainda mais em agosto, quando atingiu 21 % do valor faturado. Este baixo e declinante percentual de arrecadação sugere que a cobrança tem encontrado certa resistência dos usuários industriais.

Tabela 21: Evolução da cobrança pelo uso da água do setor industrial na bacia do rio Paraíba do Sul em 2004*

Mês	Valor cobrado (R\$)	Valor arrecadado (R\$)	Percentual de arrecadação
Janeiro	-	149.546,28	
Fevereiro	976.919,08	440.204,89	45 %
Março	415.588,65	149.472,20	36 %
Abril	416.322,66	138.662,12	33 %
Maio	472.483,56	160.270,02	34 %
Junho	466.282,66	145.048,27	31 %
Julho	487.368,46	145.217,30	30 %
Agosto	570.499,15	123.862,69	21 %
Total	3.805.464,22	1.452.263,77	-

* valores contabilizados até 02/09/2004

Fonte: ANA, Gerência de Arrecadação

Com o objetivo de se avaliar a receptividade dos usuários industriais aos princípios da política de recursos hídricos e aos instrumentos de gestão introduzidos pela Lei no. 9433,

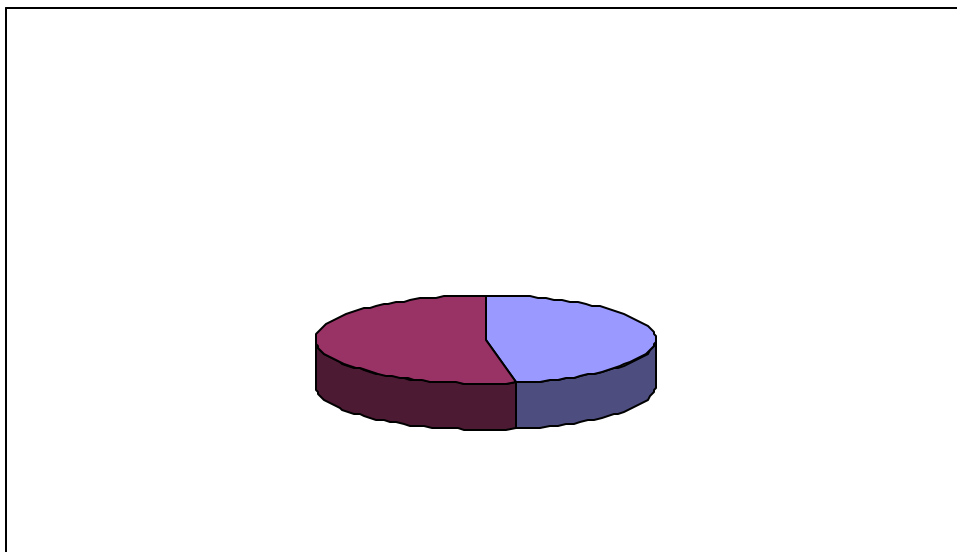
foram incluídas nos questionários perguntas associadas a questão da outorga e da cobrança pelo uso da água na bacia do Paraíba do Sul. Esta análise, ainda que referente a um grupo limitado de usuários industriais, mostra-se um importante indicador da aceitação dos princípios e instrumentos do novo modelo de gestão, nesta fase inicial de sua implementação.

Dos 235 estabelecimentos da amostra com captação própria de água, 95 declararam haver realizado o cadastramento para fins de outorga junto à Agência Nacional de Águas (ANA). Analisando-se o comportamento por porte de usuário, pode-se observar uma baixa adesão entre estabelecimentos de pequeno porte. Já a maioria dos estabelecimentos de médio e grande porte cadastrou-se, com destaque para o alto percentual de cadastramento observado para este último grupo. Desta forma, apesar da taxa relativamente baixa de cadastramento, o que contraria o caráter participativo a que se propõe o novo modelo, o cadastramento pode ser considerado bem sucedido no sentido de abranger os grandes usuários de água.

Tabela 22: Distribuição da amostra em relação à situação cadastral junto à ANA

	Pequeno porte	Médio porte	Grande porte	Total
Cadastrado	41	34	20	95
Não cadastrado	114	22	4	140
Percentual de cadastramento	26,45 %	60,71 %	83,33 %	40,43 %

Um pouco menos da metade dos estabelecimentos pesquisados (47,34 %) disse concordar com a cobrança pelo uso da água, indicando um grau relativamente alto de resistência dentre os usuários industriais. A análise mais detalhada das respostas, no entanto, permite concluir que a aceitação varia entre diferentes grupos de usuários.



Aqueles que descartam a água diretamente nos corpos hídricos tendem a discordar mais da cobrança se comparados com os estabelecimentos que utilizam a água proveniente da rede de abastecimento pública. Uma possível explicação para a maior taxa de discordância por parte dos estabelecimentos com captação própria é que estes já estão sendo diretamente cobrados pelo uso da água. Já os usuários abastecidos pela rede pública serão cobrados em um segundo momento, uma vez que as companhias de abastecimento tenderão a repassar o valor da cobrança aos usuários finais via aumentos no valor da conta da água.

Tabela 23: Posição quanto à cobrança pelo uso da água na bacia do rio Paraíba do Sul, segundo a fonte de abastecimento de água

	Captação própria		Rede pública	
	No. de estabelecimentos	Percentual	No. de estabelecimentos	Percentual
Concorda	102	43,40 %	129	50,99 %
Não concorda	133	56,60 %	124	49,01 %

Já os estabelecimentos que se cadastraram junto à ANA possuem um índice de aceitação bastante superior aos que não se cadastraram: enquanto aproximadamente 60 % dos cadastrados concordam com a cobrança, dois terços dos não cadastrados mostram-se refratários. Esta discrepância não chega a surpreender, uma vez que o cadastramento pode ser interpretado como uma sinalização dos estabelecimentos em relação à introdução da cobrança. O não cadastramento, neste caso, já seria um sinal de desacordo quanto à cobrança.

Tabela 24: Posição quanto à cobrança pelo uso da água na bacia do rio Paraíba do Sul, segundo situação quanto ao cadastramento junto à ANA

	Cadastrados		Não cadastrados	
	No. de estabelecimentos	Percentual	No. de estabelecimentos	Percentual
Concorda	56	58,95 %	45	32,37 %
Não concorda	39	41,05 %	94	67,63 %

Um resultado menos esperado diz respeito aos usuários com vazões captadas classificadas como insignificantes. Estes mostram-se em sua maioria (60 %) avessos à cobrança, apesar de isentos da mesma. Já os 80 usuários com vazões significantes, e portanto sujeitos à cobrança, mostram-se um pouco mais receptivos: 50 % concordam com a sua introdução na bacia. Esta maior resistência entre os usuários isentos pode ser possivelmente explicada pelo menor nível de informação sobre a cobrança neste grupo, uma vez que as campanhas de esclarecimento sobre este instrumento visaram sobretudo aos usuários com uso mais intensivo de água.

Tabela 25: Posição quanto à cobrança pelo uso da água na bacia do rio Paraíba do Sul, segundo significância da vazão de captação

	Vazão insignificante		Vazão significativa	
	No. de estabelecimentos	Percentual	No. de estabelecimentos	Percentual
Concorda	62	40%	40	50%
Não concorda	93	60%	40	50%

Diferenças significativas também são observadas segundo o porte do usuário. Os pequenos e médios estabelecimentos apresentaram um percentual de aceitação inferior aos estabelecimentos de grande porte. Enquanto no primeiro grupo o número de estabelecimentos que disseram concordar com a cobrança ficou abaixo dos 50 %, entre os grandes usuários o índice de aceitação ultrapassa os 70 %. O resultado não deixa de surpreender, uma vez que os grandes estabelecimentos, por usarem volumes de água mais expressivos, geralmente devem pagar as maiores contas. Tal resultado talvez expresse uma maior valorização da questão ambiental nas grandes empresas, onde ações dessa natureza são vistas como positivas para sua imagem corporativa. Por outro lado, o resultado pode ainda ser reflexo de uma certa desinformação por parte dos pequenos e médios usuários sobre a importância da cobrança pelo uso da água para se promover o uso racional de recursos hídricos na bacia.

Tabela 26: Posição quanto à cobrança pelo uso da água na bacia do rio Paraíba do Sul, segundo porte do estabelecimento

	Pequeno porte		Médio porte		Grande porte	
	Número de estabelecimentos	Percentual	Número de estabelecimentos	Percentual	Número de estabelecimentos	Percentual
Concorda	175	46,30 %	39	45,35 %	17	70,83 %
Não concorda	203	56,70 %	47	54,65 %	7	29,17 %

Por fim, procurou-se ainda avaliar o potencial da cobrança como instrumento de incentivo ao uso racional dos recursos hídricos neste primeiro momento da sua implementação. Foi perguntado aos estabelecimentos se o início da cobrança de alguma forma incentivou à adoção de investimentos em conservação de água ou em sistemas de tratamento de efluentes. Um total de 108 estabelecimentos (22 % do total de respondentes⁷) respondeu afirmativamente à pergunta. Analisando-se por porte do estabelecimento, observa-se que o percentual é maior entre empresas de médio e grande porte, o que se explica pelo uso de maiores quantidades de água nestes grupos. Este resultado indica que, ainda que os valores estipulados para a cobrança sejam relativamente baixos, seu potencial em termos de impacto ambiental pode ser considerável, uma vez que pode afetar decisões de investimento dos usuários de médio e grande porte.

Tabela 27: Potencial da cobrança como instrumento de incentivo a investimentos em conservação de água e tratamento de efluentes

	Pequeno porte		Médio porte		Grande porte	
	Número de estabelecimentos	Percentual	Número de estabelecimentos	Percentual	Número de estabelecimentos	Percentual
Sim	69	19,83 %	31	39,24 %	8	36,36 %
Não	279	80,17 %	48	60,76 %	14	63,63 %

Em resumo, pode-se concluir que a cobrança pelo uso da água no Paraíba do Sul parece ter encontrado boa receptividade nas empresas de grande porte, o que indica que seus resultados em termos de geração de receitas e promoção do uso racional de recursos hídricos podem ser satisfatórios. Por outro lado, deve-se fazer um maior esforço no sentido de se aumentar o alcance da cobrança no segmento dos pequenos e médios estabelecimentos, reforçando-se assim o caráter participativo e a consequente legitimidade deste instrumento de gestão. Para isso, há que se investir em campanhas de esclarecimento voltadas para estes segmentos.

IV. AVALIAÇÃO ECONOMETRICA DO IMPACTO DA COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA SOBRE OS USUÁRIOS INDUSTRIAIS

Esta parte do relatório procura avaliar os potenciais impactos financeiros da cobrança sobre os usuários industriais e analisar de que maneira os mesmos reagem ao aumento do custo da água decorrente da introdução desta cobrança. Em particular, procurou-se avaliar as seguintes questões:

- (i) Em quanto se reduz a demanda de água dos estabelecimentos dos diversos setores de atividade frente a aumentos no custo (preço) da água ?

⁷ A pergunta foi respondida pelos 449 estabelecimentos situados em águas de domínio federal da bacia, onde a cobrança já foi iniciada. Os demais 39 estabelecimentos pesquisados localizam-se em águas de domínio estadual, não estando ainda sujeitos à cobrança. O percentual de 22 % está calculado em relação a estes 449 estabelecimentos.

- (ii) No caso de aumentos no custo da água, existe a possibilidade de se substituir o uso da água por outros fatores de produção?
- (iii) Qual o impacto do aumento do custo da água em termos dos custos totais dos estabelecimentos?

Na análise da reação dos usuários ao impacto do aumento do custo da água, busca-se portanto não apenas caracterizar o efeito direto sobre a demanda de água, mas também investigar de que modo a água se articula com os demais fatores de produção e seu peso relativo no custo dos estabelecimentos. Assim, além de se quantificar a diminuição da utilização da água resultante de um aumento em seu custo, procura-se também investigar se estas modificações afetam o padrão de uso dos demais fatores de produção (por exemplo, aumentando-se o consumo de energia).

Para tal, foi estimado um modelo econométrico especificando a estrutura de custos das empresas, onde a água é vista como um insumo produtivo. A partir dos parâmetros estimados, foram computadas as elasticidades-preço da demanda de água e as elasticidades de substituição entre a água e os diferentes fatores de produção⁸. Em seguida, avaliou-se o impacto de aumentos no preço da água sobre a demanda de água e dos demais fatores de produção, bem como sobre o custo total das empresas, através de simulações.

A apresentação está dividida em três subseções. A primeira apresenta o modelo a ser estimado. A subseção seguinte descreve as variáveis utilizadas na estimação do modelo. Por fim, a terceira subseção apresenta os resultados do modelo e das simulações do impacto do aumento do custo da água sobre a demanda dos diferentes setores de produção e do custo dos estabelecimentos.

IV.1 Modelo Econométrico

Uma análise abrangente da demanda de água nos estabelecimentos industriais, capaz de avaliar as questões propostas acima, requer um modelo que descreva a tecnologia de produção das firmas. Na aplicação aqui apresentada, considera-se que as firmas utilizam cinco insumos: capital (K), trabalho (L), energia (E), matéria-prima (M) e água (A). Os estabelecimentos escolhem as quantidades ótimas de utilização destes insumos de modo a minimizarem seus custos, com exceção da quantidade de capital, considerada fixa no curto prazo⁹. Adota-se para a função custo de curto prazo uma especificação *translog*, cuja forma funcional é dada por

⁸ Os conceitos de elasticidade-preço e elasticidade de substituição são discutidos na seção referente ao modelo econométrico.

⁹ Esta hipótese implica que as firmas não podem se adaptar a mudanças no preço da água através de ajustes no estoque de capital. No longo prazo, entretanto, é de se esperar que empresas invistam em máquinas e equipamentos que promovam a conservação de água, ou passem a tratar seus efluentes. Estes impactos são desconsiderados aqui, mas serão investigados em futuras extensões do modelo.

$$\ln C = \alpha_0 + \alpha_i \sum_i \ln(P_i) + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \gamma_{ij} \ln(P_i) \ln(P_j) + \sum_i \gamma_{iK} \ln(P_i) \ln(K) + \sum_i \gamma_{iY} \ln(P_i) \ln(Y) + \alpha_Y \ln Y + \frac{1}{2} \gamma_{YY} \ln Y^2 + \alpha_K \ln K + \frac{1}{2} \gamma_{KK} \ln K^2 + \mu \quad (1)$$

sendo C o custo total, Y a produção total, K o estoque (fixo) de capital, P_i o preço do insumo i ($i, j = L, E, M, A$) e α_s, β_s e γ_s os parâmetros a serem estimados. μ é um termo estocástico.

Diferenciando-se a função custo em relação aos preços dos insumos variáveis P_i ($i = L, E, M, A$), com as variáveis expressas em log, e aplicando-se o lema de Shephard, obtém-se

$$\partial \ln C / \partial \ln P_i = P_i / C (\partial C / \partial P_i) = P_i X_i / C = S_i = \alpha_i + \sum_j \gamma_{ij} \ln P_j + \gamma_{iK} \ln K + \gamma_{iY} \ln Y + v_i \quad (2)$$

sendo X_i definido como a demanda pelo insumo i , $S_i = P_i X_i / C$ a proporção das despesas com o insumo i em relação ao custo total C e v_i um termo estocástico que pode ser interpretado como erros incorridos pela firma na escolha da cesta de insumos que minimiza sua função custo.

O modelo econométrico a ser estimado consiste da função custo *translog* dada em (1) e das quatro equações de proporção do custo dos insumos dadas por (2).

Uma vez estimados os parâmetros α_s, β_s e γ_s do sistema de equações composto por (1) e (2), podem ser calculadas as elasticidades-preço próprias e cruzadas. A elasticidade-preço própria mede a variação percentual da demanda de determinado insumo (por exemplo, a demanda de água) face ao aumento de 1 % no preço deste insumo. Já a elasticidade-preço cruzada, por exemplo, a elasticidade-preço da demanda de água em relação ao preço da energia, mede a variação percentual da demanda de água dado o aumento de 1 % no preço da energia. Quando a função custo é aproximada por uma *translog*, as elasticidades-preço são dadas pelas seguintes expressões

$$\epsilon_{ij} = (\gamma_{ij} + S_i S_j) / S_i \quad \text{para elasticidades-preço cruzadas} \quad (3.a)$$

$$\epsilon_{ii} = (\gamma_{ii} + S_i^2 - S_i) / S_i \quad \text{para elasticidades-preço próprias} \quad (3.b)$$

Caso o aumento do preço de determinado fator i (por exemplo, o preço da água) acarrete no aumento da demanda pelo fator j (por exemplo, a demanda de energia), ou seja, caso a elasticidade-preço cruzada seja positiva, diz-se que os fatores são substitutos. Caso a elasticidade-preço cruzada seja negativa, o aumento no preço do fator i implica na redução da demanda do fator j . Neste caso, os fatores são considerados complementares.

Já as elasticidades de substituição medem a variação percentual da utilização relativa dos fatores dado um aumento de 1 % no preço relativo dos mesmos¹⁰. Desta forma, a

¹⁰ De fato, a elasticidade de substituição mede a variação percentual da utilização relativa dos fatores dado um aumento de 1 % na produtividade marginal relativa dos fatores. Considera-se aqui o caso de uma economia de concorrência perfeita, onde produtividade marginal de determinado fator corresponde a seu preço (custo).

elasticidade de substituição da energia em relação a água (σ_{EA}), mede a variação da intensidade de uso entre energia e água dado um aumento de 1 % no preço da água em relação ao preço da energia. A classificação dos fatores de produção quanto a complementaridade/substitutabilidade também se aplica ao conceito da elasticidade de substituição. Caso um aumento do preço relativo da água em relação à energia implique no aumento da intensidade de uso de energia, ou seja, caso a elasticidade de substituição seja positiva, os dois insumos são considerados substitutos. Caso um aumento do preço relativo da água acarrete uma diminuição na intensidade de uso da água, a elasticidade de substituição é negativa e os bens são considerados complementares. As elasticidades de substituição podem ser calculadas através das expressões

$$\sigma_{ij} = (\gamma_{ij} + S_i S_j) / S_i S_j \quad i, j = 1, \dots, n \text{ e } i \neq j \quad (4.a)$$

$$\sigma_{ii} = (\gamma_{ii} + S_i^2 - S_i) / S_i \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (4.b)$$

De posse das elasticidades estimadas, pode-se avaliar como as firmas reagem à cobrança da água através das elasticidades-preço e do grau de substitutabilidade entre os insumos. Para tal, serão simuladas as variações na demanda de água e na demanda dos demais insumos decorrentes do aumento do preço da água. A redução do volume de água utilizado pode ser estimado a partir da elasticidade-preço própria. Já a variação da utilização dos demais insumos (energia, mão-de-obra e matérias-primas) dependerá das possibilidades de substituição da água em relação aos demais insumos. Por exemplo, caso as estimações das elasticidades indiquem que a captação de água e energia sejam atividades substitutas, um aumento no preço real da captação acarretaria um maior consumo relativo de energia por parte das firmas.

IV.2 Dados

As estimações basearam-se em dados relativos a 424 estabelecimentos¹¹. As variáveis utilizadas na estimação do modelo foram construídas a partir das informações contidas nos questionários. Abaixo é apresentada uma breve descrição destas variáveis.

- Custo variável (C): definido como a soma das despesas com os insumos variáveis (trabalho, energia, matéria-prima e água). Os gastos com trabalho, energia e matéria-prima foram obtidos diretamente das respostas da seção econômica do questionário (seção II, ver anexo). Já a despesa com a água foi calculada como a soma dos gastos em captação (própria ou de água proveniente da rede pública), pré-tratamento, recirculação e tratamento e descarte de efluentes. Foi ainda incluído o valor da cobrança pelo uso da água para os estabelecimentos sujeitos à cobrança.
- Despesa com fator i em relação ao custo variável (S_i): definida como a despesa em determinado fator de produção variável (trabalho, energia, matéria-prima e água)

¹¹ Os demais 64 estabelecimentos foram excluídos devido à ausência de informações necessárias para a estimação do modelo.

em relação ao custo variável C , ou seja, S_i representa o percentual do custo variável correspondente a gastos com determinado insumo i .

- Preço do trabalho (P_L): dado pelo salário médio. Calculado como o total das despesas com salários e encargos dividido pelo número de empregados do estabelecimento (R\$/ empregado).
- Preço da energia (P_E): preço médio do Kwh de energia elétrica. Gasto total com energia elétrica dividido pela quantidade de energia elétrica consumida (R\$ / Kwh).
- Preço da matéria-prima (P_M): definido como o gasto com matérias-primas dividido pela receita total de vendas do estabelecimento.
- Preço da água (P_A): custo médio da água, obtido pela divisão do gasto total com água pelo volume total de água utilizado (rede pública e captação própria). O gasto total com água foi calculado pela soma das despesas em captação e pré-tratamento da água da rede pública e/ou captada por conta própria, recirculação e tratamento de efluentes. Foi ainda adicionado o valor da cobrança pelo uso da água para os estabelecimentos sujeitos à cobrança.
- Capital (K): definido como o valor do ativo imobilizado do estabelecimento dividido pela receita total de vendas do estabelecimento.
- Produção (Y): valor total da produção do estabelecimento.

Foram ainda adicionadas ao modelo variáveis indicadoras (*dummies*) do setor de atividade ao qual o estabelecimento pertence, de modo a se levar em conta especificidades próprias a cada setor.

A média e o desvio-padrão das variáveis estão apresentadas na Tabela 28. Um ponto importante a ser observado é a pequena participação (aproximadamente 1%) das despesas em água no custo variável dos estabelecimentos pesquisados. A maior parte das despesas são relativas à matéria-prima (53 %), seguida das despesas com trabalho (40 %). As despesas com energia representam 6 % do custo variável.

Tabela 28: Estatísticas descritivas das variáveis utilizadas nas estimações

Variável	Número de observações	Média	Desvio-padrão
C	463	2,4e+7	2,1e+8
Y	468	4,2e+7	3,8e+8
K	422	0,69	1,39
P_A^*	-	-	-
P_L	462	12.332,23	12.480,44
P_E	477	0,33	0,30

P_M	453	0,35	0,19
S_A	440	0,01	0,02
S_L	440	0,40	0,22
S_E	440	0,06	0,07
S_M	440	0,53	0,24

(*) Ver Tabela 19.

IV.3 Resultados

IV.3.1 Elasticidades

O modelo econométrico composto pela função custo translog e as equações de participação dos gastos com insumos no custo total foi estimado pelo método SUR (*Seemingly Unrelated Regressions*)¹². A partir dos parâmetros estimados, foram computadas as elasticidades-preço e elasticidades de substituição.

A Tabela 29 apresenta as elasticidades-preço. Todas as elasticidades-preço próprias (exibidas nas células da diagonal da tabela) possuem o sinal negativo esperado: um aumento no preço de determinado insumo acarreta em uma diminuição de sua demanda. A elasticidade-preço da demanda de água foi calculada em - 0,58, ou seja, um aumento de 1 % no preço da água acarreta uma diminuição de 0,58 % em sua demanda. Tal valor encontra-se na faixa de elasticidades-preço calculadas na literatura. Grebenstein e Field (1979), por exemplo, calcularam elasticidades entre -0,33 e -0,80 para a demanda industrial de água nos Estados Unidos. Resultados semelhantes foram calculados por Renzetti (1988) e Dupont e Renzetti (2001) para a indústria canadense. O mesmo pode ser dito do caso francês, onde Reynaud (2003) estimou elasticidades-preço entre -0,10 e -0,79 para os diversos setores da indústria francesa.

Quanto as elasticidades-preço cruzadas, o sinal positivo indica que a água é um fator substituto ao trabalho, à energia e às matérias-primas: um aumento no preço da água implica no aumento da demanda relativa por estes fatores. O mesmo padrão de substituição entre a água e trabalho, energia e matéria-prima foi verificado por Dupont e Renzetti (2001) para o caso canadense. Dentre os fatores de produção analisados, o aumento do preço da água parece exercer maior efeito sobre a demanda de energia. As elasticidades de substituição, apresentadas na Tabela 30, ratificam esta relação de substituição da água com estes três fatores de produção.

Tabela 29: Elasticidades-preço próprias e cruzadas das demandas por fatores de produção

	Água	Energia	Trabalho	Matéria-prima
--	------	---------	----------	---------------

8. O método SUR mostra-se adequado para a estimação do sistema de equações, pois leva em conta as possíveis correlações entre os resíduos das equações estimadas. Todas as estimações e simulações foram realizadas com o *software* Stata 8.0.

Água	-0,5847 (0,0736)	0,0109 (0,017)	0,0078 (0,0026)	0,0020 (0,0014)
Energia	0,0760 (0,1208)	-0,7163 (0,0541)	0,0757 (0,0085)	0,0194 (0,0044)
Trabalho	0,3790 (0,1265)	0,5166 (0,0583)	-0,2223 (0,0124)	0,0977 (0,0062)
Matéria-prima	0,1357 (0,0941)	0,1886 (0,0432)	0,1387 (0,0088)	-0,1192 (0,0073)

Nota: Os valores indicam a variação na demanda da quantidade de demanda do insumo localizado na coluna, dado o aumento de 1 % no insumo da linha. Elasticidades-preço calculadas na média amostral. Erro-padrão entre parênteses.

Tabela 30: Elasticidades de substituição de Allen

	Água	Energia	Trabalho	Matéria-prima
Água	-	1,3418 (2,1330)	0,9651 (0,3275)	0,2473 (0,1716)
Energia	1,3418 (2,1330)	-	1,3368 (0,1510)	0,3438 (0,0787)
Trabalho	0,9651 (0,3275)	1,3368 (0,1510)	-	0,2528 (0,0160)
Matéria-prima	0,2473 (0,1716)	0,3438 (0,0787)	0,2528 (0,0160)	-

Nota: Elasticidades de substituição calculadas na média amostral. Erro-padrão entre parênteses.

Com o fim de se analisar possíveis heterogeneidades na estrutura da demanda de água, as elasticidades-preço foram estimadas de forma desagregada. Em particular, foram estimadas as elasticidades-preço segundo a forma de abastecimento em água, segundo a existência de práticas de reutilização e para os diversos setores de atividade industrial.

A Tabela 31 apresenta a elasticidade-preço dos estabelecimentos segundo a fonte de abastecimento em água. As plantas industriais abastecidas por água da rede pública apresentam uma elasticidade de – 0,63, superior aos estabelecimentos com captação própria (-0,37). Tal fato pode ser explicado pelas diferenças no preço da água. Conforme visto na Tabela 19 da segunda seção, as empresas que captam água por conta própria possuem custos unitários de captação muito inferiores aos estabelecimentos ligados à rede pública. Este último subgrupo, por observar ainda um preço marginal da água bastante superior ao dos estabelecimentos com captação própria, devem assim ser mais sensíveis à variação do preço da água.

Tabela 31: Elasticidade-preço da demanda de água segundo a forma de abastecimento

Forma de abastecimento	Elasticidade-preço
------------------------	--------------------

Rede pública	-0,6344 (0,2319)
Captação própria	-0,3730 (0,2809)

Nota: Elasticidades-preço calculadas na média amostral. Erro-padrão entre parênteses.

Em relação ao reúso da água, é de se esperar que estabelecimentos que adotem tais procedimentos apresentem uma elasticidade maior, dada a possibilidade de se substituir a captação da água por um maior volume de recirculação em casos de aumentos do preço da água. As elasticidades exibidas na Tabela 32, apesar de indicarem uma maior elasticidade para os estabelecimentos que reutilizam água em relação aos demais, mostram uma diferença muito pequena entre os dois grupos. Contudo, deve ser lembrado que o volume total de reúso provavelmente encontra-se subestimado na amostra, uma vez que os valores registrados representam apenas o percentual da água captada que é reutilizada. Deste modo, a capacidade de substituição da captação de água pela sua reutilização nos estabelecimentos com sistemas de reúso deve também estar subestimada, assim como a elasticidade-preço da demanda de água destes estabelecimentos.

Tabela 32: Elasticidade-preço da demanda de água segundo a prática de reúso

Prática de reúso	Elasticidade-preço
Sim	-0,6033 (0,2110)
Não	-0,5885 (0,2404)

Nota: Elasticidades-preço calculadas na média amostral. Erro-padrão entre parênteses.

A análise da Tabela 33 mostra que a elasticidade da demanda de água varia consideravelmente de acordo com o setor de atividade. As maiores elasticidades¹³ são encontradas nos setores de alimentos e bebidas (-0,82), de papel e celulose (-0,76) e na indústria química (-0,71). Este resultado sugere que a introdução da cobrança pelo uso da água na bacia do rio Paraíba do Sul tenha maior impacto, em termos de economia de água, sobre estas atividades industriais. Já os setores com menor elasticidade são o têxtil (-0,04) e o de minerais não-metálicos (-0,22), o que indica que estas atividades não devem reduzir sua demanda de água de forma significativa frente ao aumento de preço decorrente da introdução da cobrança na bacia.

Vale ainda observar que a elasticidade-preço da água parece variar de forma muito mais expressiva entre os setores de atividade do que a elasticidade da demanda dos demais fatores de produção. Enquanto a elasticidade-preço da água situa-se na faixa de [-0,04, -0,82], o intervalo de variação é bem menor no caso das elasticidades-preço da energia, do trabalho e da matéria-prima.

Tabela 33: Elasticidades-preço próprias por setor de atividade

¹³ Considera-se aqui a magnitude das elasticidades em termos de valor absoluto.

Setor de atividade	Água	Eletricidade	Trabalho	Material
Alimentos e bebidas	-0,82	-0,70	-0,20	-0,10
Têxtil	-0,04	-0,69	-0,20	-0,08
Vestuário, calçados e artigos de couro	-0,31	-0,59	-0,21	-0,13
Madeira, borracha e plástico	-0,40	-0,73	-0,22	-0,12
Papel e celulose	-0,76	-0,65	-0,16	-0,05
Química	-0,71	-0,70	-0,22	-0,11
Minerais não-metálicos	-0,22	-0,76	-0,20	-0,14
Metalurgia	-0,48	-0,73	-0,21	-0,13
Máquinas e equipamentos	-0,31	-0,71	-0,22	-0,12
Material de transporte	-0,51	-0,73	-0,22	-0,11
Outras	-0,33	-0,71	-0,22	-0,11

IV.3.2 Simulações

A partir dos parâmetros estimados pelo modelo econométrico, foram realizadas simulações para se avaliar os impactos de aumentos do preço da água sobre a quantidade de água demandada e o custo total das firmas.

A Tabela 34 apresenta os resultados para diferentes aumentos no preço da água sobre os estabelecimentos industriais, onde ΔP_A representa a variação no preço da água, ΔA a variação na sua demanda e ΔC a variação no custo total de produção. Observa-se que um aumento de 10 % no preço da água acarreta em uma redução de - 3,23 % na sua demanda. Já o impacto sobre o custo de produção é pouco significativo: um aumento de $\Delta P_A = 10\%$ gera um aumento no custo da ordem de 0,05 %.

Estes resultados fornecem importantes indicações para os gestores de recursos hídricos. De fato, os números sugerem que a cobrança pelo uso da água na bacia do rio Paraíba do Sul pode alcançar resultados satisfatórios em termos de economia de água e, ao mesmo tempo, não acarretar em um aumento de custo expressivo para os usuários industriais. A cobrança pelo uso na bacia pode assim conciliar os objetivos de atuar como um mecanismo eficaz de indução ao uso racional de recursos hídricos e de minimizar os impactos econômicos sobre os usuários industriais, favorecendo a aceitação deste novo instrumento por parte deste setor.

Tabela 34: Impacto do aumento do preço da água sobre a demanda de água e o custo total dos estabelecimentos industriais

	$\Delta P_A = 10\%$	$\Delta P_A = 20\%$	$\Delta P_A = 30\%$	$\Delta P_A = 40\%$	$\Delta P_A = 50\%$
ΔA	- 3,23 %	- 6,38 %	- 9,40 %	-12,28 %	-14,99 %
ΔC	0,05 %	0,11 %	0,16 %	0,21 %	0,26 %

Entretanto, uma análise mais detalhada dos efeitos derivados do aumento do preço da água mostra que estes variam consideravelmente de acordo com o setor de atividade. Para

fins de ilustração, a Tabela 35 apresenta os resultados para um aumento de 20 % no preço da água sobre a demanda dos diferentes fatores e do custo total. Em termos da demanda de água, as reduções mais expressivas ocorrem nos setores de alimentos e bebidas (-13,17 %), de papel e celulose (-12,41%) e metalurgia (-10,04 %). Já as menores variações são observadas nos setores de máquinas e equipamentos (-2,68 %) e de vestuários e calçados (-3,65 %).

Observa-se ainda que praticamente todos os setores substituem a água pelo uso de energia, trabalho e matéria-prima, aumentando a demanda por estes fatores de produção, como já havia sido anteriormente apontado no cálculo das elasticidades¹⁴. Em particular, destaca-se o aumento do consumo de energia em todos os setores.

O impacto do aumento do preço da água em termos de custo também parece ser bastante diferenciado entre os setores. Merece destaque o impacto sobre o setor de alimentos e bebidas (+0,28 %), bem superior se comparado com os demais setores de atividade. De uma maneira geral, pode-se dizer que o impacto em termos de custo total nos setores mais intensivos no uso da água (alimentos e bebidas, papel e celulose, química, minerais não-metálicos e metalurgia) parece ficar acima da média da variação do custo da amostra (+0,11 %).

Tabela 35: Impacto do aumento do preço da água sobre a demanda pelos fatores de produção, por setor de atividade industrial

Setor	Número de estabelecimentos	$\Delta P_A = 20\%$				
		ΔA	ΔL	ΔE	ΔM	ΔC
Alimentos e bebidas	62	-13.17 %	0.34 %	0.38 %	0.21 %	0.28 %
Têxtil	24	-4.57 %	0.04 %	0.14 %	0.02 %	0.06 %
Vestuário e calçados	48	-3.65 %	0.06 %	0.18 %	-0.05 %	0.07 %
Madeira, borracha e plástico	29	-7.15 %	0.07 %	0.14 %	-0.06 %	0.08 %
Papel e celulose	6	-12.41 %	0.16 %	0.26 %	0.10 %	0.17 %
Química	26	-6.92 %	0.11 %	0.20 %	0.02 %	0.13 %
Minerais não-metálicos	19	-7.85 %	0.15 %	0.19 %	0.16 %	0.15 %
Metalurgia	60	-10.04 %	0.10 %	0.18 %	0.01 %	0.11 %
Máquinas e equipamentos	34	-2.68 %	-0.00 %	0.08 %	-0.08 %	0.00 %
Material de transporte	49	-8.57 %	0.11 %	0.18 %	0.05 %	0.08 %
Outros	16	-4.80 %	0.04 %	0.15 %	-0.21 %	0.05 %
Total	373	-6.38 %	0.13 %	0.23 %	0.03 %	0.11 %

Por fim, foram ainda simulados os impactos do crescimento do valor da produção industrial sobre a demanda de água e a combinação deste crescimento com aumentos no preço da água. Os resultados são mostrados na Tabela 36.

¹⁴ De fato, são observadas variações negativas na demanda por matéria-prima em determinados setores. Isto pode ser resultado de problemas estatísticos do modelo. Em indústrias pouco hidroativas, onde a participação das despesas em água nos custos é muito pequena, aproximando-se de 0 %, as estimativas e simulações baseadas em modelos *translog* podem apresentar imprecisões. Como os quatro setores em que se observam $\Delta M < 0$ podem ser caracterizados como pouco intensivos em água, este resultado pode ser consequência destes problemas numéricos. Portanto, os resultados relativos a estes setores devem ser vistos com certa cautela.

Um aumento da produção ($\ddot{A}Y$), considerando-se o preço da água constante ($\ddot{A}P_A=0$), leva a um aumento da quantidade de água utilizada pelos estabelecimentos industriais. Por exemplo, um aumento de 5 % na produção implicaria em um acréscimo no volume de utilização de água de 3,39 %.

Tabela 36: Impacto do aumento da produção industrial sobre a demanda de água

$\ddot{A}Y = 0 \%$	$\ddot{A}Y = 2,5 \%$	$\ddot{A}Y = 5 \%$	$\ddot{A}Y = 10 \%$	$\ddot{A}Y = 15 \%$	$\ddot{A}Y = 20 \%$
$\ddot{A}A = 0,0 \%$	$\ddot{A}A = 1,71 \%$	$\ddot{A}A = 3,39 \%$	$\ddot{A}A = 6,66 \%$	$\ddot{A}A = 9,81 \%$	$\ddot{A}A = 12,86 \%$

Resultados interessantes são obtidos ao se simularem aumentos do preço da água combinados com aumentos de produção. Um aumento de 10 % no preço da água, mantendo-se a produção constante, implica em uma diminuição de 3,23 % na sua demanda. Com o aumento da produção, no entanto, aumenta-se a necessidade de uso dos recursos hídricos, reduzindo os efeitos das variações do preço da água. Com isso, observa-se que um aumento de 5 % na produção praticamente neutraliza os efeitos da redução de uso da água decorrentes do aumento de $\ddot{A}P_A = 10 \%$. Com um aumento de $\ddot{A}Y = 10 \%$, o efeito da variação da produção passa a ser dominante, implicando no aumento da demanda de água. O mesmo comportamento de reduções na economia de água com o aumento da produção pode ser observado para os demais valores de $\ddot{A}P_A$.

Estes resultados indicam que, caso se queira atingir uma determinada meta de redução do uso industrial da água, os valores da cobrança devem ser ajustados à medida em que ocorra aumento da produção industrial, de modo a se neutralizar as pressões de demanda resultantes do aumento da atividade. Por exemplo, para se obter uma redução de 10 % no uso da água ($\ddot{A}A = -10 \%$), seria necessário um aumento do preço da água pouco superior a 30 %. Caso a produção aumente em 5 % ($\ddot{A}Y = 5 \%$), para se manter esta meta de redução seria necessário um novo aumento do preço da água, implicando em um preço final da água aproximadamente 40 % superior ao seu valor inicial.

Tabela 37: Impacto de variações no preço da água e na produção sobre a demanda industrial de água

	$\ddot{A}Y = 0 \%$	$\ddot{A}Y = 2,5 \%$	$\ddot{A}Y = 5 \%$	$\ddot{A}Y = 10 \%$	$\ddot{A}Y = 15 \%$	$\ddot{A}Y = 20 \%$
$\ddot{A}P_A = 0 \%$	$\ddot{A}A = 0,0 \%$	$\ddot{A}A = 1,71 \%$	$\ddot{A}A = 3,39 \%$	$\ddot{A}A = 6,66 \%$	$\ddot{A}A = 9,81 \%$	$\ddot{A}A = 12,86 \%$
$\ddot{A}P_A = 10 \%$	$\ddot{A}A = -3,23 \%$	$\ddot{A}A = -1,66 \%$	$\ddot{A}A = -0,12 \%$	$\ddot{A}A = 2,86 \%$	$\ddot{A}A = 5,74 \%$	$\ddot{A}A = 8,53 \%$
$\ddot{A}P_A = 20 \%$	$\ddot{A}A = -6,38 \%$	$\ddot{A}A = -4,94 \%$	$\ddot{A}A = -3,52 \%$	$\ddot{A}A = -0,77 \%$	$\ddot{A}A = 1,89 \%$	$\ddot{A}A = 4,46 \%$
$\ddot{A}P_A = 30 \%$	$\ddot{A}A = -9,40 \%$	$\ddot{A}A = -8,06 \%$	$\ddot{A}A = -6,75 \%$	$\ddot{A}A = -4,20 \%$	$\ddot{A}A = -1,73 \%$	$\ddot{A}A = 0,65 \%$
$\ddot{A}P_A = 40 \%$	$\ddot{A}A = -12,28 \%$	$\ddot{A}A = -11,03 \%$	$\ddot{A}A = -9,80 \%$	$\ddot{A}A = -7,42 \%$	$\ddot{A}A = -5,12 \%$	$\ddot{A}A = -2,89 \%$
$\ddot{A}P_A = 50 \%$	$\ddot{A}A = -14,99 \%$	$\ddot{A}A = -13,83 \%$	$\ddot{A}A = -12,68 \%$	$\ddot{A}A = -10,44 \%$	$\ddot{A}A = -8,28 \%$	$\ddot{A}A = -6,19 \%$
$\ddot{A}P_A = 60 \%$	$\ddot{A}A = -17,56 \%$	$\ddot{A}A = -16,46 \%$	$\ddot{A}A = -15,38 \%$	$\ddot{A}A = -13,27 \%$	$\ddot{A}A = -11,24 \%$	$\ddot{A}A = -9,27 \%$
$\ddot{A}P_A = 70 \%$	$\ddot{A}A = -19,97 \%$	$\ddot{A}A = -18,93 \%$	$\ddot{A}A = -17,91 \%$	$\ddot{A}A = -15,92 \%$	$\ddot{A}A = -14,00 \%$	$\ddot{A}A = -12,14 \%$
$\ddot{A}P_A = 80 \%$	$\ddot{A}A = -22,25 \%$	$\ddot{A}A = -21,26 \%$	$\ddot{A}A = -20,29 \%$	$\ddot{A}A = -18,41 \%$	$\ddot{A}A = -16,59 \%$	$\ddot{A}A = -14,82 \%$
$\ddot{A}P_A = 90 \%$	$\ddot{A}A = -24,39 \%$	$\ddot{A}A = -23,45 \%$	$\ddot{A}A = -22,83 \%$	$\ddot{A}A = -20,74 \%$	$\ddot{A}A = -19,01 \%$	$\ddot{A}A = -17,33 \%$
$\ddot{A}P_A = 100 \%$	$\ddot{A}A = -26,41 \%$	$\ddot{A}A = -25,52 \%$	$\ddot{A}A = -24,64 \%$	$\ddot{A}A = -22,93 \%$	$\ddot{A}A = -21,28 \%$	$\ddot{A}A = -19,68 \%$

V. ESTIMAÇÃO DOS CUSTOS DE CONTROLE DE POLUIÇÃO

O principal problema enfrentado pela bacia do rio Paraíba do Sul diz respeito à poluição de origem doméstica e industrial. A rápida expansão demográfica nas áreas urbanas da bacia não foi acompanhada das medidas necessárias de planejamento e saneamento. Este processo resultou numa ocupação indiscriminada de suas margens e na carência de infraestrutura sanitária. De acordo com o Plano de Recursos Hídricos da bacia (Fundação COPPETEC(2002)), 69,1% das residências localizadas na região da bacia têm seus esgotos coletados, e apenas 12,3% do volume de esgoto coletado é tratado antes de ser lançado nos corpos hídricos. Além da poluição de origem doméstica, a intensa atividade industrial na região contribuiu para a degradação dos recursos hídricos. De fato, a bacia engloba importantes regiões industriais e urbanas do país cuja produção corresponde a aproximadamente 10% do PIB.

O impacto do crescimento demográfico desordenado e da intensa atividade industrial sobre a qualidade da água da bacia pode ser ilustrado pela Tabela 38. O percentual de violações das amostras recolhidas nas estações de monitoramento em relação aos padrões definidos para a bacia é bastante alto. Os números relativos às concentrações de fosfato, coliformes fecais e BOD mostram o alto nível de poluição orgânica. A presença significativa de substâncias tóxicas tais como o alumínio e fenóis realça o papel do setor industrial na degradação da qualidade das águas.

Tabela 38: Parâmetros de qualidade críticos na bacia do rio Paraíba do Sul

Parâmetro	Índice de violações médias ¹ (%)
Alumínio	98.9
Fosfatos	90.3
Fenóis	34.4
Coliformes fecais	77.8
DBO	11.8

Fonte: Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Paraíba do Sul (2002)

Nota: (1) Corresponde ao índice de violações das amostras recolhidas em relação aos padrões de qualidade estabelecidos para a bacia.

Apesar destes números indicarem claramente a necessidade da promoção de políticas de controle de poluição na bacia, a falta de estimativas dos potenciais custos e benefícios da

aplicação dos instrumentos de política impossibilita a avaliação do impacto destas medidas por parte dos gestores de recursos hídricos.

Esta última parte do relatório tem por objetivo fornecer uma estimação do custo do controle de poluição hídrica nos estabelecimentos pesquisados. A ausência de informações sobre emissões de efluentes impossibilitou a estimação de uma função de custo de abatimento de poluição em termos da redução das cargas poluentes¹⁵. Optou-se então por se estimar uma função custo do tratamento de efluentes de origem industrial. Apesar de a metodologia adotada não possibilitar a quantificação dos custos envolvidos em reduções de cargas poluentes, ela permite que se avalie de que modo os custos de tratamento variam com os volumes de água utilizados e com o tipo de tratamento de efluentes adotado.

V.1 Modelo Econométrico

A metodologia desenvolvida consiste em se estimar uma função do custo médio de tratamento da água para, a partir dos parâmetros obtidos, computar-se o custo marginal de tratamento.

A especificação do modelo a ser estimado pode ser representada pela expressão

$$C_MED = f(PERC_TRAT, SECTER, X) \quad (5)$$

onde

C_MED: custo médio do tratamento de efluentes (R\$/m³ tratado);

PERC_TRAT: percentual de efluentes tratado pelo estabelecimento, ou seja, a proporção da água descartada que passa por algum tipo de tratamento (primário, secundário ou terciário)¹⁶;

SECTER: variável indicadora da existência de tratamento secundário e/ou terciário de efluentes no estabelecimento

X: vetor contendo variáveis que atuam como potenciais fatores de heterogeneidade, influenciando o custo médio do tratamento de efluentes. Nas aplicações econométricas,

¹⁵ De fato, o questionário não incluiu perguntas sobre níveis de descarga de efluentes devido ao reduzido número de estabelecimentos que adotam a prática de monitorar estas descargas. Apenas 15 % dos estabelecimentos pesquisados afirmaram monitorar seus efluentes. Destes, uma grande parte recusou-se a responder perguntas quantitativas sobre o conteúdo de seus efluentes. Em vista disso, decidiu-se que a versão final do questionário incluiria uma pergunta sobre o custo médio de tratamento de efluentes no estabelecimento.

¹⁶ Foram estimadas também especificações nas quais o volume total tratado substitui o percentual de efluentes tratado (*PERC_TRAT*) como variável explicativa. Os coeficientes mostraram-se muito próximos nas duas especificações, indicando que ambas as variáveis captam bem o efeito escala sobre os custos de tratamento. Como a regressão com *PERC_TRAT* mostrou melhores propriedades estatísticas, optou-se por apresentar aqui os resultados relativos a esta especificação.

foram considerados como fatores de heterogeneidade o setor de atividade e o uso principal dado à água no estabelecimento.

A função (5) foi especificada na forma linear, obtendo-se a seguinte equação de regressão:

$$C_MED = \acute{a}_0 + \acute{a}_1 PERC_TRAT + \acute{a}_2 SECTER + \acute{a}_3 PERC_TRAT * SECTER + \acute{a}_4 X + \acute{a}(6)$$

onde \acute{a}_i ($i = 0, 1, \dots, 4$) são os parâmetros a serem estimados, $PERC_TRAT * SECTER$ o termo cruzado resultante da multiplicação destas duas variáveis e \acute{a} é o resíduo da regressão.

Uma vez os parâmetros estimados, o custo marginal de tratamento C_MARG , que representa o custo de tratamento de 1 m³ adicional de água residuária, pode ser obtido pela fórmula:

$$C_MARG = \acute{a}_1 (1 / VOL_DESC) + \acute{a}_3 (SECTER / VOL_DESC)$$

onde VOL_DESC é o volume de água descartado.

V.2 Dados

Todos os dados foram obtidos diretamente dos questionários, tendo sido utilizadas informações sobre 318 estabelecimentos¹⁷. Destes, 51 afirmaram fazer algum tipo de tratamento de seus efluentes. As estatísticas descritivas das variáveis para estes estabelecimentos estão exibidas na Tabela 39. Observa-se que as plantas industriais apresentam um alto percentual de volume de tratamento de efluentes (85 % do volume de descarte) e que 30 dos 51 estabelecimentos adotam algum tipo de tratamento secundário e/ou terciário (60 % dos estabelecimentos com tratamento).

Tabela 39: Estatísticas descritivas das variáveis envolvidas nas estimações

Variável	Unidade	Média	Desvio-padrão
C_MED	R\$ / m ³	1,10	1,41
VOL_DESC	m ³	21.472	129.495
PERC_TRAT	%	85,55	26,74
SECTER	-	0,602	-

Nota: As estatísticas referem-se apenas aos estabelecimentos que afirmaram fazer tratamento de efluentes no próprio estabelecimento.

V.3 Resultados

¹⁷ Os demais 170 estabelecimentos não souberam estimar os volumes e custos envolvidos com descarte e/ou tratamento dos efluentes.

Foram estimadas três especificações para a regressão (6). Como 244 dos 318 estabelecimentos afirmaram não fazer qualquer tipo de tratamento de efluentes¹⁸, foi adotado para a estimação o método Tobit¹⁹. Os resultados encontram-se na Tabela 40.

O Modelo I corresponde à especificação mais simples, sem variáveis de controle para a heterogeneidade da amostra (i.e., $X = 0$). Já o modelo II inclui uma variável indicadora para firmas que utilizam a água principalmente para fins sanitários (*SANIT*). O Modelo III inclui uma dummy setorial relativo às atividades metalúrgicas (*METAL*)²⁰.

O primeiro fato a ser observado é que as variáveis *SECTER* e *PERC_TRAT*, bem como o termo cruzado *PERC_TRAT*SECTER*, são estatisticamente significativas ao nível de 1 % e os valores de seus coeficientes permanecem relativamente inalterados nas três especificações. Como esperado, o sinal positivo para a variável indicadora de tratamento secundário e/ou terciário *SECTER* mostra que os estabelecimentos que adotam tratamentos deste tipo possuem custo médio superior às plantas que realizam apenas tratamento primário de seus efluentes. O sinal positivo para *PERC_TRAT* indica que o custo médio aumenta com o percentual de tratamento de efluentes. O valor negativo para o termo cruzado indica, no entanto, que o custo médio aumenta com o percentual tratado de maneira menos forte nos estabelecimentos que adotam métodos de tratamento secundário e/ou terciário²¹.

Já o coeficiente negativo da variável *SANIT* no modelo II indica que estabelecimentos que utilizam água predominantemente para fins sanitários possuem menores custos médios de tratamento. Este sinal é esperado, visto que os efluentes industriais destas plantas se caracterizam por uma grande carga de poluição orgânica, de custo de tratamento relativamente barato em relação a outros poluentes industriais. Vale observar, no entanto, que este coeficiente não é significativamente diferente de zero. Finalmente, o coeficiente positivo e significativo (ao nível de 10 %) da variável *METAL* no Modelo III indica que o setor metalúrgico possui custo médio de tratamento superior aos demais setores.

Tabela 40: Parâmetros estimados da regressão de custo médio de tratamento

Variável dependente: custo médio de tratamento			
Variáveis explicativas	Modelo I	Modelo II	Modelo III
Constante	-3.711274 *** (0.5616389)	-3.445082 *** (.5851189)	-3.871936 *** (0.590893)
PERC_TRAT	0.0473637 ***	0.0463231 ***	0.0474776 ***

¹⁸ Nestes estabelecimentos, o custo de tratamento é igual a zero, justificando a escolha do método de estimação Tobit.

¹⁹ Para as estimações, foi utilizado o *software* Stata 7.0.

²⁰ De fato, foram investigadas várias especificações para se avaliar os efeitos dos diferentes setores de atividade sobre o custo de tratamento. Apenas os coeficientes relativos ao setor metalúrgico mostraram-se significativos.

²¹ Os modelos II e III, nos quais o coeficiente do termo cruzado *PERC_TRAT*SECTER* supera (em valor absoluto) o valor do coeficiente de *PERC_TRAT*, sugerem que possa haver mesmo ganhos de escala nos estabelecimentos com tratamento secundário e/ou terciário.

	(0.0070649)	(0.0070264)	(.0070684)
SECTER	4.52494 *** (1.214046)	4.475711 *** (1.210382)	4.619415 *** (1.203542)
PERC_TRAT*SECTER	-0.0468069 *** (0.0138873)	-0.0471386 *** (0.0138811)	-0.0481833 *** (0.0137891)
SANIT	-	-0.4526797 (0.4316719)	-
METAL	-	-	0.7661454 * (0.4496899)
R ²	0,4472	0,4503	0,4551
Observações	318	318	318

Nota : * coeficiente significativo ao nível de 10 % ; ** coeficiente significativo ao nível de 5 %

*** coeficiente significativo ao nível de 1 % . Desvio-padrão entre parênteses.

Como os três modelos possuem coeficientes muito semelhantes e capacidade explicativa praticamente idêntica ($R^2 = 0,45$), para o cálculo dos custos marginais de tratamento foi utilizado o Modelo I. A Tabela 41 apresenta os valores calculados para a amostra completa e por setores de atividade²², considerando-se a média das observações.

Tabela 41: Custo marginal de tratamento por setor de atividade

	Custo marginal (R\$)	Observações
Amostra completa	0,95	51
Alimentos e bebidas	0,99	8
Têxtil	0,49	5
Madeira, borracha e plástico	0,53	5
Química	0,32	8
Metalurgia	1,26	12
Máquinas e equipamentos	0,60	4

Notas: custos marginais calculados pela média das observações. Elasticidades para setores com menos de 4 observações foram omitidas.

O custo marginal para a amostra completa indica que o tratamento de 1 m³ adicional por parte dos estabelecimentos custará R\$ 0,95. Contudo, ao se observar o custo marginal de forma desagregada, verifica-se que este varia substancialmente de acordo com o setor de atividade²³. Os maiores custos marginais de tratamento são encontrados nos setores metalúrgico (R\$ 1,26) e de alimentos e bebidas (R\$ 0,99). Já o setor químico apresenta o menor custo marginal (R\$ 0,32), que corresponde a aproximadamente um terço do custo calculado para a amostra completa.

A Tabela 42 exhibe o custo marginal segundo o tipo de tratamento utilizado. Como era de se esperar, estabelecimentos que empregam exclusivamente métodos primários de

²² Elasticidades para setores com menos de 4 observações foram omitidas.

²³ Deve ser ressaltado que, devido ao pequeno número de observações, o custo marginal por setor de atividade deve ser tratado com certa cautela.

tratamento de efluentes possuem custos marginais inferiores aos estabelecimentos que utilizam métodos secundários e/ou terciários. Já a Tabela 43 mostra que as plantas que utilizam água predominantemente para fins sanitários possuem custo marginal de R\$ 0,79, inferiores ao custo marginal de R\$ 1,02 estimado para plantas industriais que utilizam a água para outros fins. Mais uma vez o resultado é intuitivo, já que o tratamento da água utilizada para fins sanitários destina-se sobretudo ao controle da poluição orgânica, cujos métodos são relativamente simples e de baixo custo.

Tabela 42: Custo marginal de tratamento, segundo o tipo de tratamento adotado

Tipo de tratamento	Custo marginal (R\$)
Estabelecimentos exclusivamente com tratamento primário	0,89
Estabelecimentos com tratamento secundário e/ou terciário	0,99

Tabela 43: Custo marginal de tratamento, segundo a finalidade do uso da água

Uso principal da água	Custo marginal (R\$)
Fins sanitários	0,79
Outros fins	1,02

A comparação do custo marginal de tratamento estimado com o valor da cobrança pelo descarte de água sem qualquer tratamento na bacia do Paraíba do Sul (R\$ 0,02 / m³) mostra que, nos valores atuais, a cobrança não gerará incentivos suficientes para a realização de investimentos de controle de poluição industrial por parte dos estabelecimentos. De fato, como mostrado na Tabela 41, os valores do custo marginal de tratamento dos diferentes setores de atividade variam entre R\$ 0,32 e R\$ 1,26. A cobrança pelo lançamento de efluentes sem tratamento fica muito abaixo dos custos marginais estimados, o que indica que a introdução da cobrança não incentivará a adoção de medidas de controle de poluição hídrica. Este resultado parece estar de acordo com as informações da Tabela 27, que mostram que apenas 22 % dos estabelecimentos pesquisados afirmaram que a introdução da cobrança na bacia do rio Paraíba do Sul de alguma forma incentivou a adoção de investimentos em conservação de água ou em sistemas de tratamento de efluentes. A evidência estatística aqui apresentada sugere que, para que a cobrança seja um instrumento eficaz no controle de poluição na bacia, seu valor terá que sofrer fortes reajustes.

CONCLUSÃO

Em vista dos resultados apresentados neste relatório, procura-se aqui tecer algumas considerações sobre a fase inicial da cobrança sobre o uso da água na bacia do rio Paraíba do Sul e seus potenciais impactos sobre os usuários industriais.

Em primeiro lugar, os resultados da pesquisa indicam que uma parcela significativa dos usuários industriais instalados na bacia mostra-se contrário à cobrança. Contudo, a rejeição parece não se dar de maneira uniforme no setor, concentrando-se sobretudo nos

estabelecimentos que se caracterizam como pequenos usuários de água. A cobrança pelo uso da água no Paraíba do Sul parece ter encontrado boa receptividade nas empresas de grande porte, o que indica que seus resultados em termos de geração de receitas e promoção do uso racional de recursos hídricos podem ser satisfatórios. Por outro lado, deve-se fazer um maior esforço no sentido de se aumentar o alcance da cobrança no segmento dos pequenos e médios estabelecimentos, reforçando-se assim o caráter participativo e a consequente legitimidade deste instrumento de gestão. Para isso, há que se investir em campanhas de esclarecimento voltadas para estes segmentos.

Em segundo lugar, as simulações apresentadas sugerem que um aumento do custo da água pode induzir a reduções relativamente importantes na demanda industrial de água e, ao mesmo tempo, não implicar em impactos substanciais sobre o custo total dos estabelecimentos. Desta forma, a cobrança pelo uso da água pode agir como um instrumento eficaz de incentivo ao uso racional de recursos hídricos sem causar impactos econômicos significativos sobre os usuários industriais. Concilia-se assim o objetivo ambiental (conservação de recursos hídricos) com o econômico (minimização do impacto da cobrança sobre o custo dos usuários).

Por outro lado, os valores estimados para o custo marginal de tratamento de efluentes mostram-se bem acima do valor atual da cobrança por diluição de efluentes na bacia. Isto sugere que a cobrança, neste primeiro momento, terá impacto muito limitado como mecanismo de incentivo a atividades de controle de poluição hídrica por parte dos estabelecimentos. Para que a cobrança possa servir como um instrumento eficaz de sinalização do valor de escassez de qualidade da água na bacia, capaz de alterar o comportamento dos usuários industriais em termos de tratamento de efluentes, seu valor terá que ser reajustado substancialmente em fases posteriores de sua implementação.

BIBLIOGRAFIA

DUPONT, D. P., RENZETTI, S., 2001, *The Role of Water in the Canadian Manufacturing Sector*. Department of Economics, Brock University, mimeo.

FUNDAÇÃO COPPETEC, 2002, *Plano de Recursos Hídricos para a Fase Inicial da Cobrança na Bacia do Rio Paraíba do Sul*.

GREBENSTEIN, C. R. e FIELD, B. C., 1979, *Substituting for Water Inputs in U. S. Manufacturing*. Water Resources Research, v.15, n.2, pp.228-232.

RENZETTI, S., 1988, *An Econometric Study of Industrial Water Demands in British Columbia, Canada*. Water Resources Research, v.24, n.10, pp.1569-1573.

REYNAUD, A., 2002, *An Econometric Estimation of Industrial Water demand in France*, Université des Sciences Sociales – Toulouse1, mimeo.

APÊNDICE 1

Questionário aplicado nas entrevistas de campo