

DEMANDA POR ÁGUA E CUSTO DE CONTROLE DA POLUIÇÃO HÍDRICA EM INDÚSTRIAS DA BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL

Ronaldo Seroa da Motta
IPEA

Alban Thomas
INRA e Université de Toulouse 1

Arnaud Reynaud
INRA e Université de Toulouse 1

José Gustavo Féres
IPEA

RESUMO --- Este trabalho tem por fim avaliar os impactos financeiros e ambientais decorrentes da introdução da cobrança pelo uso da água na bacia do rio Paraíba do Sul, através da análise do comportamento da demanda de água dos usuários industriais e da estimação dos custos de controle de poluição. Os resultados do modelo de demanda sugerem que a cobrança pelo uso da água pode alcançar resultados satisfatórios em termos de economia de água na bacia e, ao mesmo tempo, não acarretar em um aumento de custo expressivo para os usuários industriais. Por outro lado, as estimações do custo marginal de tratamento de efluentes mostram-se bem superiores ao atual valor da cobrança por diluição de efluentes. Isto indica que a cobrança, pelo menos neste período inicial de sua implementação, não será um mecanismo eficaz de incentivo à adoção de medidas de controle de poluição hídrica na bacia.

Palavras-chave: demanda de água, custos de controle de poluição, cobrança pelo uso da água.

ABSTRACT --- This article aims at assessing the financial and environmental impacts of water charge implementation in the Paraíba do Sul river basin through the analysis of industrial users' water demand behaviour and effluent treatment costs. Results suggest that water charges may attain satisfactory results in terms of water resources conservation while not implying in significant cost increases to the firms. On the other hand, marginal treatment cost estimations are far above the proposed charge levels for effluent discharge. This indicates that, at least during the initial implementation period, water charges will not be an effective mechanism in inducing firms to undertake pollution control measures.

Keywords: water demand, pollution control costs, water charges.

Área ANPEC: 10 – Economia Agrícola e do Meio Ambiente

JEL: Q21, Q25, Q28, Q52

1 – INTRODUÇÃO

Apesar da crescente participação da indústria na demanda total de água 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 9.433/97, 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 por objetivo 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.

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. O trabalho de campo transcorreu no período de setembro de 2003 a janeiro de 2004, tendo sido pesquisados 130 estabelecimentos em Minas Gerais, 167 estabelecimentos em São Paulo e 191 no Rio de Janeiro.

Este artigo visa apresentar os principais resultados da pesquisa. Ele está dividido em cinco seções, incluindo esta introdução. A segunda seção procura avaliar a receptividade dos usuários industriais diante da introdução dos novos instrumentos de gestão de recursos hídricos na bacia. A terceira 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. A quarta seção apresenta os resultados da estimação do custo marginal de tratamento de efluentes dos estabelecimentos. Por fim, a quinta seção conclui o trabalho, consolidando os principais resultados.

2 - RECEPTIVIDADE DOS USUÁRIOS À COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA

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 à questão do cadastramento para fins de 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 usuário¹, pode-se observar uma baixa adesão entre estabelecimentos de pequeno porte (Tabela 1). 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 1 - 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 (Figura 1). A análise mais detalhada das respostas, no entanto, permite concluir que a aceitação varia entre diferentes grupos de usuários, como pode ser visto nas tabelas a seguir.

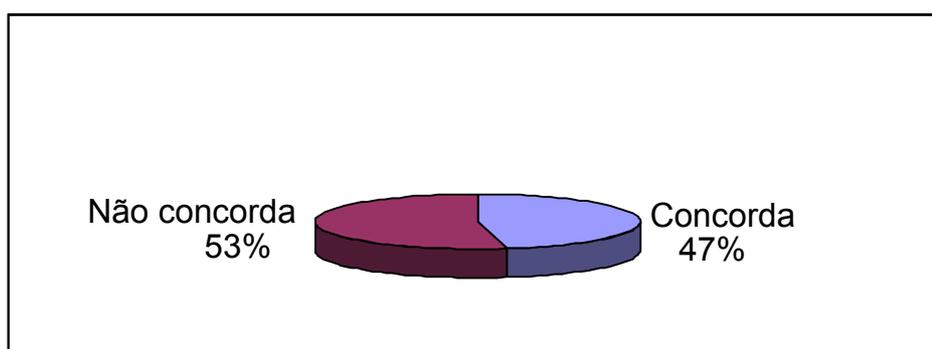


Figura 1: Posição quanto à cobrança pelo uso da água na bacia do rio Paraíba do Sul

¹ Nas análises segundo o tamanho dos estabelecimentos, foram considerados 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.

Na Tabela 2, observa-se que os usuários 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 pública de abastecimento. Uma possível explicação para a maior taxa de discordância por parte dos estabelecimentos com captação própria é que estes 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 2: 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	
	Número de estabelecimentos	Percentual	Número 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: como mostra a Tabela 3, 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 3: 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	
	Número de estabelecimentos	Percentual	Número 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, exibido na Tabela 4. Os usuários com vazões insignificantes 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 4: 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	
	Número de estabelecimentos	Percentual	Número de estabelecimentos	Percentual
Concorda	62	40%	40	50%
Não concorda	93	60%	40	50%

Diferenças significativas também são observadas segundo o porte do usuário. Na Tabela 5, observa-se que 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 5: 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 se o início da cobrança de alguma forma incentivou à adoção de investimentos em conservação de água ou em sistemas de tratamento de efluentes. Como mostra a Tabela 6, um total de 108 estabelecimentos (22% do total de respondentes²) 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.

]

² 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.

Tabela 6: 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 conseqüente legitimidade deste instrumento de gestão. Para isso, há que se investir em campanhas de esclarecimento voltadas para estes segmentos.

3 – AVALIAÇÃO ECONOMETRICA DO IMPACTO DA COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA SOBRE OS USUÁRIOS INDUSTRIAIS

Esta seção 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?
- (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?

Para responder a estas questões, 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 dos diferentes fatores de produção³. 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.

3.1 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

³ O conceito de elasticidade-preço é discutido na seção referente ao modelo econométrico.

de utilização destes insumos de modo a minimizarem seus custos, com exceção da quantidade de capital, considerada fixa no curto prazo. Adota-se para a função custo de curto prazo uma especificação *translog*, cuja forma funcional é dada por

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

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

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

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

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

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

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.

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 estimada 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.

3.2 Dados

As estimações basearam-se em dados relativos a 424 estabelecimentos⁴. Abaixo é apresentada uma breve descrição destas variáveis utilizadas:

- Custo variável (C): definido como a soma das despesas com os insumos variáveis (trabalho, energia, matéria-prima e água).
- 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) 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 (R\$/ empregado).
- Preço da energia (P_E): preço médio do Kwh de energia elétrica (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 apresentados na Tabela 7. 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 é relativa à matéria-prima (53 %), seguida das despesas com trabalho (40 %). As despesas com energia representam 6 % do custo variável.

⁴ Os demais 64 estabelecimentos foram excluídos devido à ausência de informações necessárias para a estimação do modelo.

Tabela 7: 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	422	1,74	2,21
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

3.3 Resultados

3.3.1 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*)⁵. A partir dos parâmetros estimados, foram computadas as elasticidades-preço e elasticidades de substituição.

A Tabela 8 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 às 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.

5. 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.

Tabela 8: Elasticidades-preço próprias e cruzadas das demandas por fatores de produção

	Água	Energia	Trabalho	Matéria-prima
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 preço do insumo da linha. Elasticidades-preço 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 para os diversos setores de atividade industrial.

A análise da Tabela 9 mostra que a elasticidade da demanda de água varia consideravelmente de acordo com o setor de atividade. As maiores elasticidades⁶ 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.

Tabela 9: Elasticidades-preço próprias por setor de atividade

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

⁶ Considera-se aqui a magnitude das elasticidades em termos de valor absoluto.

3.3.2 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 10 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 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 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 10: 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 decorrentes de um aumento do preço da água mostra que estes variam consideravelmente de acordo com o setor de atividade. Para fins de ilustração, a Tabela 11 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 elasticidades. Em particular, destaca-se o aumento do consumo de energia em todos os setores.

O impacto do aumento 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 11: 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 %
Mínerais 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 %

4 - 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 a água da bacia pode ser ilustrado pela Tabela 12. 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 12: 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 colhidas em relação aos padrões de qualidade estabelecidos para a bacia.

Apesar de estes 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 estimativa de uma função de custo de abatimento de poluição em termos de redução das cargas poluentes⁷. 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.

4.1 Modelo Econométrico

Adota-se aqui a metodologia proposta por Dasgupta *et al.* (1996). Esta 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} representa o custo médio do tratamento de efluentes (R\$/m³ tratado), $perc_{TRAT}$ o percentual de efluentes tratado pelo estabelecimento, ou seja, a proporção da água descartada que passa por algum tipo de tratamento (primário, secundário ou terciário)⁸ e $SECTER$ é uma variável indicadora da existência de tratamento secundário e/ou terciário de efluentes no estabelecimento. Já o vetor X

⁷ 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.

⁸ 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.

contém variáveis que atuam como potenciais fatores de heterogeneidade, influenciando o custo médio do tratamento de efluentes (setor de atividade, uso principal da água, etc.).

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

$$C_MED = \alpha_0 + \alpha_1 PERC_TRAT + \alpha_2 SECTER + \alpha_3 PERC_TRAT * SECTER + \alpha_4 X + \varepsilon \quad (6)$$

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

Para a estimação do custo marginal de tratamento C_MARG , que representa o custo de tratamento de 1 m³ adicional de água residuária, utiliza-se a seguinte relação entre o custo marginal e o custo médio⁹

$$C_MARG = VOL_TRAT \times \partial(C_MED)/\partial(VOL_TRAT) + C_MED \quad (7)$$

onde VOL_TRAT representa o volume total de efluentes tratados e $\partial(C_MED)/\partial(VOL_TRAT)$ é a derivada parcial do custo médio em relação ao volume de efluentes tratado. Substituindo-se o custo médio pela expressão (6), pode-se observar que a derivada parcial do custo médio é dada por

$$\partial(C_MED)/\partial(VOL_TRAT) = \alpha_1 (1 / VOL_DESC) + \alpha_3 (SECTER / VOL_DESC) \quad (8)$$

onde VOL_DESC é o volume de água descartado. Substituindo-se (8) em (7), obtém-se a fórmula a partir da qual o custo marginal de tratamento de poluição pode ser calculado.

4.2 Dados

Todos os dados foram obtidos diretamente dos questionários, tendo sido utilizadas informações sobre 318 estabelecimentos¹⁰. Destes, 51 afirmaram fazer algum tipo de tratamento de seus efluentes. As estatísticas descritivas das variáveis para estes estabelecimentos estão exibidas na Tabela 13. 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).

⁹ Esta relação é obtida a partir da derivada do custo médio em relação ao volume tratado (denominado VOL_TRAT). De fato, como o custo médio pode ser escrito como o custo total de tratamento (denominado CT , que é função de VOL_TRAT) dividido pelo volume tratado, ou seja, $C_MED = CT(VOL_TRAT) / VOL_TRAT$, a derivada do custo médio é dada por

$$\partial(C_MED)/\partial(VOL_TRAT) = \partial(CT(VOL_TRAT)/VOL_TRAT)/\partial(VOL_TRAT) = \frac{1}{VOL_TRAT} (C_MARG - C_MED).$$

Reajando-se a expressão acima, obtém-se (7).

¹⁰ Os demais 170 estabelecimentos não souberam estimar os volumes e custos envolvidos com descarte e/ou tratamento dos efluentes.

Tabela 13: 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.

4.3 Resultados

Foram estimadas três especificações para a regressão (6). Como 244 dos 318 estabelecimentos afirmaram não fazer qualquer tipo de tratamento de efluentes, foi adotado para a estimação o método Tobit¹¹. Os resultados encontram-se na Tabela 14.

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 relativa às atividades metalúrgicas (*METAL*)¹².

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 terciário.

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 da variável *METAL* no Modelo III indica que o setor metalúrgico possui custo médio de tratamento superior aos demais.

¹¹ Para as estimações, foi utilizado o *software* Stata 7.0.

¹² De fato, foram investigadas várias especificações para se avaliar os efeitos dos diferentes setores de atividade sobre o custo de tratamento. Apenas o coeficiente relativo ao setor metalúrgico mostrou-se significativo.

Tabela 14: 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 *** (0.0070649)	0.0463231 *** (0.0070264)	0.0474776 *** (.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 15 apresenta os valores calculados para a amostra completa e por setores de atividade, considerando-se a média das observações.

Tabela 15: 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 atividade. 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 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 15, 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 à adoção de medidas de controle de poluição hídrica. 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.

5 - CONCLUSÃO

Em vista dos resultados apresentados neste artigo, 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 conseqüente 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 reduções relativamente importantes na demanda industrial de água e, ao mesmo tempo, não implicar 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.

AGRADECIMENTOS

Este estudo contou com recursos do Fundo Setorial de Recursos Hídricos (CT-Hidro/CNPq) e do Programa Nacional de Apoio à Administração Fiscal para os Estados (convênio PNUD BRA/97/032). Os autores agradecem o apoio recebido da Federação de Indústrias 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. Somos especialmente gratos a Anícia Pio e André Carvalho (FIESP), pelo apoio e estímulo desde a fase inicial do projeto.

BIBLIOGRAFIA

DASGUPTA, S.; HUQ, M.; WHEELER, D.; ZHANG, C. (1996). *Water Pollution Abatement by Chinese Industry: Cost Estimates and Policy Implications*. World Bank: Environmental, Infrastructure and Agriculture Division, Policy Research Working Paper 160.

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.; 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.

TATE, D.; SCHARF, D. (1995). *Water Use in Canadian Industry 1991*. Ontario: Environment Canada.

SCHARF, D.; BURKE, D.W.; VILLENEUVE, M.; LEIGH, L. (2002). *Industrial Water Use 1996*. Ontario: Environment Canada.