

# Enquadramento dos corpos d'água e cobrança pelo uso da água na bacia do rio Pirapama – PE

## Water body classification and raw water charges in the Pirapama River Basin

Selma Cristina da Silva<sup>I</sup>; Márcia Maria Rios Ribeiro<sup>II</sup>

<sup>I</sup>Engenheira Sanitarista e Ambiental - Universidade Federal da Bahia. Especialização em Gerenciamento de Recursos Hídricos - Universidade Federal da Bahia. Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos - Universidade Federal de Campina Grande. Doutoranda em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos - Universidade de Brasília

<sup>II</sup>Engenheira Civil - Universidade Federal da Paraíba. Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos - Universidade Federal da Paraíba. Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Professora do Departamento de Engenharia Civil - Universidade Federal de Campina Grande

### RESUMO

Neste artigo são apresentados os cenários de melhoria da qualidade da água para a bacia do rio Pirapama, localizada na Região Metropolitana do Recife, vinculados ao que dispõe o enquadramento dos corpos d'água segundo as Classes 1, 2 e 3 estipuladas pela Resolução CONAMA nº 357/05. Com base nesses cenários foram definidos os custos marginais de medida de redução da poluição que subsidiaram a concepção de um sistema de cobrança pelo lançamento de efluentes, o qual encontra respaldo legal na Lei nº 9.433/97 da Política Nacional de Recursos Hídricos. Os cenários foram simulados com o Sistema de Apoio à Decisão para o Controle Integrado de Poluição (SAD-CIP) desenvolvido pelo Banco Mundial. Os resultados indicaram que para atender aos objetivos de qualidade (Classe 2), as fontes potencialmente poluidoras devem realizar o Tratamento Secundário e

Terciário nas águas residuárias. O valor mais adequado a ser cobrado dos poluidores seria de US\$ 320,00/ton de DBO lançada no rio.

Palavras-chave: Custo marginal, gestão de recursos hídricos, instrumento econômico.

## ABSTRACT

This paper establishes water quality improvement scenarios for an area of Pirapama River Basin in Recife Metropolitan Region, Brazil. This scenarios are related to Brazilian water body quality goals (defined by CONAMA Directive number 357/05). Based on those scenarios, pollution control marginal costs are calculated in order to simulate a water effluent system charge according to Brazilian Water Resources Policy (Law nº 9.433/97). The Decision Support System for Integrated Pollution Control (DSS-IPC), developed by the World Bank, was chosen for performing the simulations. The outcomes showed that in the studied area, the river does not comply with CONAMA Directive number 357/05, which establishes Class 2 for the main stream. Secondary and Tertiary treatments are needed to reach such Class and the water effluent system charge presents US\$ 320.00/ ton as a viable value to be charged.

Keywords: marginal cost, water resources management, economic instrument.

## INTRODUÇÃO

O uso de instrumentos de gestão em políticas ambientais é tema amplamente discutido na literatura internacional. Esses instrumentos são entendidos como mecanismos indutores dos objetivos ambientais desejados podendo ser classificados em três grandes categorias: os regulatórios (políticas "Comando e Controle"), os econômicos (também denominados de mercado) e os de negociação (Ribeiro e Lanna, 2001; Van Der Zaag e Savenije, 2002; Oecd, 2003; Porto e Lobato, 2004a, 2004b; Correia, 2005).

No âmbito brasileiro, com a aprovação da Lei nº 9.433/97 (sobre a Política Nacional de Recursos Hídricos) ampliaram-se as possibilidades de utilização de instrumentos de gestão no país. A mencionada Lei dispõe sobre cinco instrumentos: os planos de recursos hídricos, a outorga dos direitos de uso da água, o sistema de informações sobre recursos hídricos, o enquadramento dos corpos d'água e a cobrança pelo uso da água bruta. No atual cenário brasileiro, esses instrumentos estão sendo implementados pelos sistemas nacional e estaduais de gerenciamento de recursos hídricos e representam uma grande demanda em pesquisa. No caso específico do instrumento de cobrança, já há uma boa literatura nacional podendo ser citados, entre outros, os trabalhos de Schwartzman et al (2002), Fontes e Souza (2004), Kelman e Ramos (2005), Forgiarini (2006).

Um dos desafios, no âmbito da implementação e do entendimento dos instrumentos de gestão, está em integrá-los. Sendo assim, a outorga deve definir cotas de água e de lançamentos de efluentes que, por sua vez, deverão ter suas quantidades cobradas em função de uma série de critérios, entre os quais, os objetivos de qualidade que se deseja para o corpo hídrico - expressos pelo seu enquadramento. Todo esse arranjo deverá estar configurado em um consistente plano de recursos hídricos e o conjunto de informações organizado no banco de dados do sistema de informações sobre recursos hídricos.

Neste artigo, dois dos cinco instrumentos dispostos na Lei nº 9.433/97 são abordados: o enquadramento dos corpos d'água em classes de uso preponderantes e a cobrança pelo uso da água bruta (especificamente, pelo lançamento de efluentes). O primeiro deles já é um instrumento "familiar" dos órgãos ambientais do país tendo sido normatizado pela Resolução CONAMA nº 020/86, recentemente substituída pela Resolução CONAMA nº 357/05. Sendo considerado um dos instrumentos de gestão de recursos hídricos pela Política Nacional de Recursos Hídricos, o enquadramento encontra-se disposto, também, em resolução específica (Resolução nº 12/2000) do Conselho Nacional de Recursos Hídricos.

Quanto à cobrança pelo uso da água bruta, único instrumento de caráter econômico disposto na Política Nacional de Recursos Hídricos, ela objetiva (art. 19 da Lei nº 9.433/97):

i)"reconhecer a água como bem econômico e dar ao usuário uma indicação do seu real valor;

- ii) incentivar a racionalização do uso da água;
- iii) obter recursos financeiros para financiamento dos programas e intervenções dos planos de recursos hídricos."

No caso do instrumento de cobrança pelo lançamento de efluentes, um dos desafios impostos é o conhecimento sobre os custos de despoluição, os chamados custos de abatimento da poluição gerada pelos distintos usuários da água (setores de abastecimento doméstico, industrial, agrícola, entre outros). A estimativa de tais custos é uma tarefa complexa porque envolve particularidades de cada estação de tratamento, do processo produtivo empregado, da matéria-prima usada, do controle de qualidade adotado, dos tipos de poluentes a serem controlados, dos níveis de remoção desejados, do tamanho e localização da estação de tratamento e do método de controle escolhido (Mendes, 1994; Silva, 2006). Considerando o conhecimento de tais custos, torna-se possível, então, definir um sistema de cobrança que seja capaz de induzir mudanças no comportamento do usuário atendendo assim aos objetivos i e ii definidos na Lei nº 9.433/97 e proporcionando a geração de receitas para a melhoria de qualidade de água na bacia hidrográfica (objetivo iii da Lei).

É no contexto exposto anteriormente que se desenvolve o estudo apresentado neste artigo. Para definir os custos de abatimento dos usuários da Bacia do rio Pirapama (na Região Metropolitana do Recife), utilizou-se do Sistema de Apoio à Decisão para Controle Integrado de Poluição - SAD-CIP desenvolvido pelo Banco Mundial (World Bank, 1998). O sistema de cobrança é definido com base no custo marginal de remoção da carga de DBO. A escolha desse parâmetro deveu-se a importância da poluição orgânica para a qualidade final das águas, em virtude do consumo de oxigênio dissolvido no seu processo de decomposição, o que, eventualmente, pode prejudicar e até impedir o florescimento de várias formas de vida aquática.

## A ÁREA DE ESTUDO E AS ETAPAS METODOLÓGICAS

A bacia do rio Pirapama, escolhida como caso de estudo, localiza-se no litoral do estado de Pernambuco, no extremo sul da Região Metropolitana do Recife (RMR). Essa bacia foi contemplada, no final do ano de 2001, com um reservatório de mesmo nome, com

capacidade de 61 milhões de metros cúbicos para complementar o abastecimento de água da RMR.

A área a montante da barragem Pirapama, objeto deste estudo, é de 312 km<sup>2</sup> com vazão média no rio Pirapama de 9,41 m<sup>3</sup>/s (Cprh/Dfid, 1998). Ela é caracterizada por fontes poluidoras de origem doméstica - municípios de Cabo Rural, Escada, Pombos e Vitória e agroindustrial - as destilarias Sibéria (bebidas), JB e Inexport (álcool). As agroindústrias são responsáveis por uma produção anual de 171.000 ton de álcool, o equivalente ao esgoto gerado por uma população de 8.675.799 habitantes. A carga de esgotos domésticos é de 1820 kg DBO/dia. Esta é produzida pelos 33.700 habitantes residentes nessa área da bacia cujo per capita é de 54 g DBO/dia. O trecho a montante da barragem Pirapama (enquadrado na Classe 2) tem sofrido, portanto, alterações em sua qualidade devido ao lançamento de efluentes agroindustriais e esgotos domésticos sem tratamento, alterando a sua condição de qualidade atual gerando desconformidade com a classe do seu enquadramento.

A pesquisa contemplou as seguintes etapas metodológicas:

- análise da condição de poluição hídrica na bacia por meio da estimativa da carga poluidora lançada no rio;
- simulação de cenários de melhoria da qualidade dos efluentes a serem lançados;
- definição da carga de DBO que o rio teria capacidade de assimilar para atender às Classes 1, 2 e 3 do enquadramento dos corpos d'água (CONAMA nº 357/05);
- levantamento dos custos necessários para modificar a qualidade atual do rio para a qualidade desejada;
- elaboração da Curva de Custo Marginal de Longo Prazo;
- estabelecimento do sistema de cobrança pelo lançamento de efluentes com base na curva de custo marginal.

## O SISTEMA DE APOIO À DECISÃO SAD-CIP

O SAD-CIP é um Sistema de Apoio à Decisão desenvolvido pelo Banco Mundial (World Bank, 1998) que possibilita acessar a situação da poluição (hídrica, do ar ou por

resíduos sólidos) em uma localização geográfica específica, como uma bacia hidrográfica, e analisar alternativas para o controle de poluição, estratégias e políticas. A avaliação da condição de poluição de um corpo d'água requer o fornecimento ao SAD-CIP de dados hidrológicos do rio, das concentrações iniciais dos poluentes que serão avaliados e dos padrões de qualidade da água estabelecidos pela legislação ambiental.

O SAD-CIP é formado por um banco de dados extensivo e modelos computacionais. Aquele é composto por processos tecnológicos poluidores (industriais e o setor doméstico), fatores de emissão de poluição dos processos tecnológicos (por unidade de produto gerado), opções de tratamentos para redução de carga poluidora incluindo programas de prevenção à poluição, e por padrões de qualidade da água e do ar considerados aceitáveis pela legislação local em termos de saúde humana.

Os modelos estimam:

- a carga potencial poluidora gerada pelas atividades econômicas, incluindo o setor doméstico;
- a situação atual da poluição dos corpos receptores de uma bacia hidrográfica ou área estudada (por exemplo, uma cidade) por meio de modelos de dispersão;
- as possíveis medidas de redução de poluição (tipo de tratamento) e cálculo da carga poluidora removida por elas em cada processo tecnológico;
- os custos marginais de remoção da carga poluidora e o custo total para remover toda

## ANÁLISE DA CONDIÇÃO DA POLUIÇÃO HÍDRICA

A análise da poluição hídrica da área em foco foi realizada com base no cálculo efetivado pelo SAD-CIP das cargas de DBO geradas pelas fontes potencialmente poluidoras dos setores usuários (agroindustrial e doméstico) que são lançadas ao rio. A carga poluente é calculada como se segue:

Carga poluente = (produção) x (fator de emissão para o processo e poluente) x (fator de redução para o poluente)

Na Tabela 1 estão listados os fatores de emissão de DBO (único parâmetro analisado nesta pesquisa) por unidade produzida para os usuários doméstico e agroindustrial. Na Tabela 2 estão apresentadas as possibilidades de tratamento e o respectivo fator de redução

de DBO para os usuários. Esses fatores de redução representam as porções remanescentes dos poluentes após o tratamento (Sepa, 2003). Logo, um fator de redução de 0,7 indica uma eficiência de remoção do poluente de 30%.

Tabela 1 - Fatores de emissão de DBO do SAD-CIP para cada setor usuário (World Bank, 1998)

Setor	Tipo de processo	Fator de emissão (kg/unidade de produção)
Doméstico	U	19,60
Agroindustrial	U	216,00
	X	151,20

U = processos base ou não controlados que não possuem medidas de prevenção de resíduos e utilizam-se apenas de controles "end-of-pipe" (tratamento de fim-de-linha).

X = processos limpos ou controlados, referem-se a alternativas com melhor tecnologia disponível na produção.

Tabela 2 - Fatores de redução de DBO utilizado pelo SAD-CIP para cada setor usuário, segundo o tipo de tratamento (World Bank, 1998).

Setor	Tipo de tratamento	Fator de redução
Agroindustrial	Sedimentação Primária (SP)	0,70
	Trat. Primário e Químico (TPQ)	0,40
	Trat. Secundário (TS)	0,10
	Trat. Secundário e Terciário (TST)	0,05
Doméstico	Sedimentação Primária (SP)	0,70
	Trat. Biológico Secundário (TBS)	0,10
	Trat. Biológico e Químico (TBQ)	0,05

A Tabela 3 apresenta os valores de cargas totais de DBO estimadas para os setores agroindustrial e doméstico da sub-bacia estudada. A carga de DBO total anualmente gerada pelos setores usuários é de 37.602 ton/ano. Considerando-se, com base em consultas a especialistas que trabalham na área, que 40% da carga gerada pelas agroindústrias é aproveitada na fertirrigação de forma adequada, não contribuindo para a poluição do rio, a carga de DBO total lançada na área a montante da barragem Pirapama é de 22.828 ton/ano (sendo, aproximadamente, 97% gerada pelo setor agroindustrial). Tal valor confere ao seu

ponto de lançamento uma concentração média anual, aproximadamente, de 80 mg/L de DBO e causa um déficit de OD de 3,30 mg/L. Essa situação exige que seja melhorado o padrão de emissão do efluente antes do seu lançamento no corpo d'água a fim de garantir o padrão de qualidade estabelecido para aquele trecho de rio (Classe 2 como definido pelo enquadramento, na qual o valor limite para a DBO é de 5 mg/L).

Tabela 3 - Cargas totais de DBO geradas pelos setores usuários e estimadas pelo SAD-CIP

Setor	Cargas de DBO (ton/ano)	
Agroindustrial	37.602	22.162*
Doméstico	666	22.828
Total	37.602	22.828

\* considerando o percentual de 40% da carga gerada pelo setor agroindustrial aproveitada de forma adequada na fertirrigação.

## CENÁRIOS DE MELHORIA DA QUALIDADE DE ÁGUA

Diante do quadro de poluição apresentado, 10 (dez) cenários de melhoria da qualidade das águas residuárias foram gerados pelo SAD-CIP. Esses cenários consideram vários tipos de tratamento, incluindo ou não tecnologias limpas nos processos produtivos das agroindústrias e nos processos de tratamento dos esgotos domésticos (Tabela 4).

Tabela 4 - Codificação dos cenários de melhoria da qualidade das águas residuárias

Cenário	Processo de tratamento	Cenário	Processo de tratamento	Cenário	Processo de tratamento
1	BSP (D+E)	5	BTS(D) + STR(E)	9	BTQ(D) + TR(E)
2	LSP(D) + STR(E)	6	LTS(D) + STR(E)	10	LTQ(D) + TR(E)
3	BSP(D) + STR(E)	7	BTS (D+E)		
4	LSP(D) + BSP(E)	8	LTS(D) + BTS(E)		

Na codificação dos tipos de tratamento, a primeira letra indica o tipo do processo: B - Base (Não controlado); L - Limpo (controlado). As duas últimas letras indicam o tipo de tratamento: SP - Sedimentação primária; TS - Tratamento secundário; TQ - Tratamento químico e STR - Sem tratamento. As letras entre parênteses indicam: D - Destilarias; E - Esgoto doméstico. As eficiências de remoção apresentadas pelo SAD-CIP para os tipos de tratamentos SP; TS e TQ são, respectivamente, de 30%, 90% e 70%.

Os tratamentos propostos pelos cenários 6, 7 e 8 são os mais indicados para despoluição das águas residuárias porque reduzem significativamente as cargas poluidoras



de DBO. O lançamento do efluente produzido poderá conferir ao rio a condição de Classe 3 (Tabela 5).

Tabela 5 - Concentrações de DBO conferidas ao rio com o lançamento dos efluentes produzidos após tratamento propostos pelos cenários 6, 7 e 8

Cenário	Tratamento	Cargas lançada (ton/ano)	Conc. média (mg/L)	Classes da Resolução CONAMA nº 357/05 (Valor limite de DBO)		
				1 (3 mg/L)	2 (5 mg/L)	3 (10 mg/L)
Atual	STR	22.828	80	X	X	X
6	LTS-D + STR-E	2.218	10	X	X	√
7	BTS(D + E)	2.283	10	X	X	√
8	LTS-D + BTS-E	1.618	8	X	X	√

X = fora da classe; √ = dentro da classe

Conclui-se, portanto, que mesmo realizando tratamento secundário nas águas residuárias (agroindustrial e doméstica) e implantando melhores tecnologias nos processos produtivos das agroindústrias, as concentrações de DBO variaram entre 8 mg/L e 10 mg/L (Tabela 2). Estas, no entanto, desrespeitam o estabelecido pelo enquadramento para este trecho do rio (Classe 2, 5 mg/L).

## CUSTOS DE REMOÇÃO DA CARGA POLUIDORA

Considerando que os 10 (dez) cenários de melhoria da qualidade analisados não foram capazes de reduzir a carga poluidora gerada pelos setores usuários, de forma que o trecho do rio alcançasse o padrão especificado pela legislação (Classe 2), foram simulados mais 3 (três) cenários. Nessa etapa da pesquisa foram averiguados os custos envolvidos na remoção de carga poluidora.

Cenário A - Custo de melhoria da qualidade atual da água para a Classe 1;

Cenário B - Custo de melhoria da qualidade atual da água para a Classe 2;

Cenário C - Custo de melhoria da qualidade atual da água para a Classe 3.

Admitiu-se, quando da concepção dos Cenários A e C, que poderia ser possível uma alteração em relação à classe na qual está enquadrado o trecho do rio flexibilizando o seu enquadramento (Cenário C) ou exigindo um melhor padrão de qualidade (Classe 1).

A Tabela 6 apresenta informações sobre as cargas e os custos de tratamento a fim de remover a carga em excesso para cada um dos cenários A, B e C.

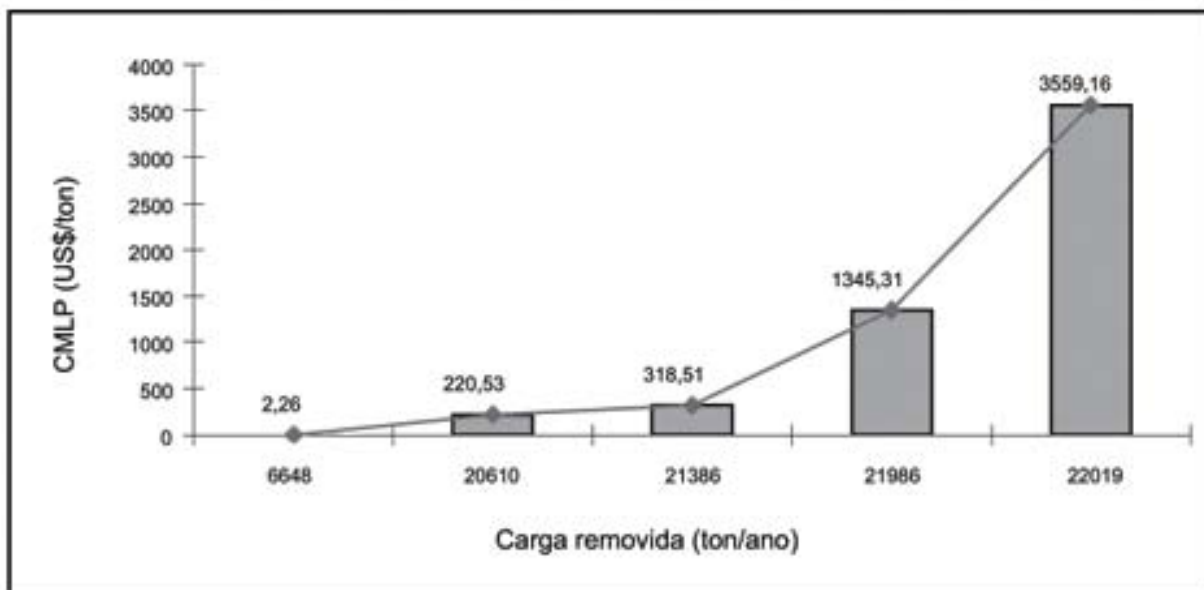
Tabela 6 - Cargas e custos de tratamento (total e marginal) para remoção de DBO em atendimento às Classes 1, 2 e 3 do enquadramento

Cenário/Classe (limites CONAMA 357/05)	Carga (ton/ano)					Custo de tratamento	
	Total gerada	Excesso	Limite	Removida	Lançada	Total (US\$)	Marginal (US\$/ton)
A (1) (3mg/L)	22.828	21.967	861	21.986 (TBS)	842	4.147.878	1.313
B (2) (5mg/L)		<b>21.393</b>	<b>1.435</b>	<b>21.386 (TST)</b>	<b>1.442</b>	<b>3.341.012</b>	330
C (3) (10mg/L)		19.957	2.871	20.610 (TS)	2.218	3.093.956	220

A remoção da carga de DBO em excesso para atender à Classe 2 só será possível com o Tratamento Secundário e Terciário (TST). Caso se opte somente pelo Tratamento Secundário (TS), a condição de qualidade do rio será de Classe 3. Desejando-se atender à Classe 1, o tratamento Biológico Secundário é o mais adequado. O atendimento às Classes 1, 2 e 3, requer, respectivamente, a remoção de DBO de 21.986 ton/ano, 21.386 ton/ano e 20.610 ton/ano (Tabela 6).

Comparando-se os custos de remoção do excesso de carga, nota-se que para atender à Classe 1 é preciso remover uma carga de 600kg a mais do que seria necessário para atender à Classe 2, a um custo total adicional de US\$ 806.865,68 (4.147.878,60 - 3.341.012,82). Um valor considerável a ser investido, evidenciando a necessidade da participação dos usuários da água e de representantes da sociedade civil por meio do respectivo comitê de bacia no processo de re-enquadramento do rio, se for o caso. A remoção de 21.386ton/ano de DBO (atendimento à Classe 2) implica em um custo de US \$ 330,00 por cada tonelada removida.

Os custos marginais são de extremo interesse quando se deseja definir políticas de cobrança pelo lançamento de efluentes. Eles representam o custo incremental ou adicional que seria necessário para reduzir uma unidade a mais da carga poluidora. A referência do custo marginal tem sido utilizada em diversos estudos como subsídio à definição dos valores de cobrança (Winpenny, 1994; Herrington, 1997). Mais importante do que um valor pontual de custo marginal, é a curva dos custos marginais. Para a área em estudo, a curva de custos marginais de remoção da carga de DBO foi obtida a partir da curva de Custo Marginal de Longo Prazo (CMLP) (Figura 1) confeccionada pelo SAD-CIP.



**Figura 1 - Custo Marginal de Longo Prazo para remoção de DBO – Área a montante da barragem Pirapama (Bacia do rio Pirapama – PE)**

Os custos de remoção de carga poluidora dos dois setores estudados são marginalmente crescentes, ou seja, crescem exponencialmente à medida que aumentam os níveis de remoção. A Figura 1 mostra que quanto menor o acréscimo de remoção de quantidade de carga de DBO, maiores os custos marginais. Esse aumento nos custos pode inviabilizar, economicamente, a remoção da carga poluente. Nota-se, por exemplo, que quando o valor da carga a ser removida cresce de 21.986 ton/ano para 22.019 ton/ano (acrécimo de 33ton/ano), o custo que era de US\$ 1.345,31/ton aumenta para US\$ 3.559,16/ton.

A partir dessa Curva é possível obter custos para várias quantidades de carga a serem removidas. Com base na Curva, portanto, pode-se estabelecer um sistema de cobrança pelo lançamento de efluentes para a região em estudo.

## SIMULAÇÃO DO SISTEMA DE COBRANÇA PELO LANÇAMENTO DE EFLUENTES

O sistema de cobrança pelo lançamento de efluentes a ser apresentado nesta seção foi proposto com base na curva de Custo Marginal de Longo Prazo apresentada na Figura 1.

O sistema está fundamentado no princípio de que os usuários envolvidos (setores agroindustrial e doméstico) são racionais e, portanto, pagarão o valor a ser cobrado se este não superar o custo marginal de tratamento, caso contrário, eles farão opção pelo tratamento dos efluentes. Este sistema de cobrança tem por objetivo principal induzir a mudança de comportamento do usuário tornando-o menos perdulário. Trata-se da cobrança com o objetivo de reconhecimento da água com valor econômico e de racionalização do seu uso, indo além do objetivo de financiar um plano de investimentos para a bacia.

Duas situações foram analisadas:

1. Cobrança para atender diversas classes do enquadramento;
2. Cobrança para atender à Classe 2 do enquadramento. Situação 1: Cobrança para atender diversas classes do enquadramento. Foram analisadas as seguintes opções:

Opção 1: O tratamento da carga poluidora dos dois setores pelo setor agroindustrial;

Opção 2: O tratamento da carga poluidora individualmente por cada setor usuário.

A Tabela 7, construída com base na análise da Curva de Custo Marginal (Figura 1), apresenta o resultado das simulações para a cobrança pelo lançamento de efluentes considerando 5 (cinco) valores (US\$/ton): 2,30; 220,00 e 320,00 (contemplam à opção 1) e 1.345,00 e 3.560,00 (contemplam à opção 2). Para cada valor proposto de cobrança são informados: a carga que seria tratada e lançada e os respectivos custos. Uma análise dos resultados permite concluir que a cobrança de um valor de:

US\$ 220,00/ton - proporciona o atendimento à Classe 3 do enquadramento  
US\$ 320,00/ton - proporciona o atendimento à Classe 2 do enquadramento  
US\$ 1.345,00/ton e US\$ 3.590,00/ton - proporciona o atendimento à Classe 1 do enquadramento  
Análise detalhada dos resultados da Tabela 4 é apresentada a seguir para a Opção 1 e a Opção 2.

Tabela 7 - Resumo do sistema de cobrança com valores que podem ser cobrados pelo lançamento de efluentes das fontes poluidoras

Opção	Valor da cobrança (US\$/ton)	Setor	Carga de DBO (ton/ano)		Custo total (US\$)		
			Tratamento	Lançamento	Tratamento	Lançamento	Total
1	2,30	Agroindustrial	6.648	16.179	15.000,00	37.211,70	52.211,70
		Total	6.648	16.179	15.000,00	37.211,70	52.211,70
	220,00	Agroindustrial	20.610	2.217	3.093.956,38	487.740,00	3.581.696,38
		Total	20.610	2.217	3.093.956,38	487.740,00	3.581.696,38
	320,00	Agroindustrial	21.386	1.442	3.341.012,82	461.440,00	3.802.452,82
		Total	21.386	1.442	3.341.012,82	461.440,00	3.802.452,82
2	1.345,00	Agroindustrial	21.386	776	3.341.012,82	1.043.262,70	4.384.275,50
		Doméstico	600	66	806.865,78	89.630,80	896.496,58
		Total	21.986	842	4.147.878,60	1.132.893,50	5.280.772,10
	3.560,00	Agroindustrial	21.386	776	3.341.012,82	2.761.349,60	6.102.362,40
		Doméstico	633	33	925.457,03	118.619,20	1.044.076,20
		Total	22.019	809	4.266.469,80	2.879.968,80	7.146.438,60

Opção 1: O tratamento da carga poluidora dos dois setores pelo setor agroindustrial

O SAD-CIP forneceu três opções de tratamento para o setor agroindustrial com eficiências na remoção de 30%; 93% e 96,5% a um custo marginal, respectivamente, de US\$ 2,30; 220,00 e 320,00/ton (Tabela 4). Nessas simulações, o setor doméstico pagaria ao setor agroindustrial para tratar a sua carga poluente. Essa situação, conforme dados apresentados pelo SAD-CIP, decorre do fato do setor agroindustrial ser mais eficiente do que o setor doméstico conseguindo tratar uma maior quantidade de carga por um menor preço. Apresenta-se, a seguir, análise da situação quando se cobra os valores informados na Tabela 4. A análise é feita com base nas informações da Figura 1 e da Tabela 4.

- Cobrando um valor de US\$ 2,30/ton

A cobrança de um valor de US\$ 2,30/ton de carga de DBO induziria o setor agroindustrial a tratar 30% da carga de DBO (6.648ton/ano). O lançamento da carga remanescente (16.179ton/ano) provocaria uma concentração média anual no rio de 71 mg/L, bastante superior aos limites aceitáveis pelas Classes 1, 2 e 3 do enquadramento (respectivamente de 3 mg/L, 5 mg/L e 10 mg/L). Esse valor de cobrança não promoveria melhorias ambientais, geraria uma arrecadação de pequeno montante (US\$ 37.211,70) não

devendo, portanto, ser adotado pelo sistema de gestão. Seria a situação indesejada de "pagar e continuar poluindo".

- Cobrando um valor de US\$ 220,00/ton

Cobrando-se este valor, o setor agroindustrial poderia ser induzido a tratar 93% da carga de DBO (20.610 ton/ano) e pagar pelo lançamento da carga remanescente (2.217 ton/ano) que ainda estaria alterando a condição de classe do rio, mantendo-o na Classe 3, ou seja, uma qualidade inferior àquela desejada, que seria de Classe 2.

Esta opção só é atrativa se houver o acordo de flexibilização do tipo de classe do enquadramento (de Classe 2 para Classe 3). Do ponto vista financeiro, gera-se uma arrecadação no valor de US\$ 487.740,00 que poderia financiar estudos e projetos para melhoria das condições ambientais da bacia.

- Cobrando um valor de US\$ 320,00/ton

Cobrando-se um valor de US\$ 320,00/ton, o setor agroindustrial trataria 96,5% da carga de DBO (21.386 ton/ano) e pagaria pelo lançamento de uma carga remanescente de 1.442 ton/ano respeitando a Classe 2 do seu enquadramento. A arrecadação total seria menor (US\$ 461.440,00) e o custo de tratamento maior (US\$ 3.341.012,82) do que a cobrança do valor de US\$ 220,00 cuja arrecadação seria de US\$ 487.740,00 e custo de tratamento de US\$ 3.093.956,38.

Opção 2: O tratamento da carga poluidora individualmente por cada setor

Para o setor doméstico, o SAD-CIP forneceu opções de tratamento com remoção de 90% (600 ton/ano) e 95% (633 ton/ano) da carga de DBO com custos unitários, respectivamente, de US\$ 1.345,00 e US\$ 3.560,00 por tonelada removida (Tabela 4).

Esses custos marginais seriam os mesmos quando considerado o tratamento de 96,5% (21.385,94 ton/ano) da carga dos efluentes agroindustriais.

- Cobrando um valor de US\$ 1.345,00/ton

Cobrando-se este valor, poder-se-ia induzir a remoção de 90% (600 ton/ano) e 96,5% (21.386 ton/ano), respectivamente, da carga de DBO dos setores doméstico e agroindustrial. Essa situação implica na melhoria da condição de qualidade da água do corpo receptor para a Classe 1. A carga de DBO lançada seria de 842 (776 + 66) ton/ano e a arrecadação de US\$ 1.132.490,00. O valor de US\$ 1.345,00/ton é considerado alto e a sua adoção só é justificável se houver uma decisão de mudança de classe do trecho do rio.

- Cobrando um valor de US\$ 3.560,00/ton

Este valor induziria o tratamento de 95% (633ton/ano) da carga do setor doméstico e 96,5% (21.386 ton/ano) da carga do setor agroindustrial. Pelo lançamento da carga remanescente de DBO (809 ton/ano) seria cobrado um valor total de US\$ 2.880.040,00. A situação é bastante desvantajosa para o setor agroindustrial que pagaria mais para lançar a mesma quantidade de carga do que na cobrança de US\$ 1.345,00/ton. O valor de US\$ 3.560,00/ton é considerado alto, localizando-se na faixa da curva de custo marginal de ineficiência econômica e técnica. Não poderia ser aceitável como proposta de valor a ser cobrado.

A Tabela 8 informa sobre os valores de arrecadação derivados da cobrança para cada valor de cobrança adotado.

Tabela 8 - Arrecadação obtida com os diversos valores de cobrança

Opção	Valor da cobrança (US\$/ton)	Arrecadação Total (US\$)
1. O tratamento da carga poluidora dos dois setores pelo setor agroindustrial	2,30	37.211,70
	220,00	487.740,00
	320,00	461.440,00
2. O tratamento da carga poluidora individualmente por cada setor	1.345,00	1.132.490,00
	3.560,00	2.880.040,00

#### Situação 2: Cobrança para atender à Classe 2 do enquadramento

A Tabela 9 apresenta a carga total de DBO produzida por cada setor, a carga em excesso que deverá ser removida a fim de se atingir a Classe 2 no corpo receptor e a carga possível de ser lançada sem comprometer a qualidade da água do corpo receptor.

Tabela 9 - Cargas de DBO a serem removidas pelos setores usuários para atender à Classe 2 do enquadramento dos corpos d'água.

Setor	Carga de DBO (ton/ano)		
	Total	Em excesso	Lançada após remoção
Agroindustrial	22.162	20.768	1.394
Doméstico	666	624	42
Total	22.828	21.393	1.435

A remoção de 20.768 ton/ano de DBO custaria ao setor agroindustrial US\$ 240/ton com custo total de tratamento de US\$ 3.056.048,30 (Tabela 10). O lançamento anual das 1.393 ton/ano de DBO remanescente custaria US\$ 334.406,40. Logo, o custo total do sistema seria de US\$ 3.390.454,70.

Tabela 10 - Cobrança no valor de US\$ 240.00/ton para o setor agroindustrial e de US\$ 2.990,00/ton para o setor doméstico

Setor	Carga DBO (ton/ano)		Custo (US\$)		
	Tratamento	Lançamento	Tratamento	Lançamento	Total
Agroindustrial	20.768	1.393	3.056.048,30	334.320,00	3.390.454,70
Doméstico	624	42	880.815,87	125.580,00	1.006.096,90
Total	21.393	1.435	3.936.864,20	459.687,40	4.396.551,60

A remoção da carga de 624 ton/ano custaria ao setor doméstico US\$ 2.990,00/ton. O custo total de tratamento dessa carga seria de US\$ 880.815,87. O lançamento das 42 ton/ano remanescentes custaria US\$ 125.281,00 e o sistema teria um custo total de US\$ 1.006.096,90.

O setor doméstico teria um custo menor se optasse por remover 90% da carga (600 ton/ ano) e lançasse o restante (66 ton/ano), o qual seria pago pelo setor agroindustrial se removesse uma carga superior (21.386 ton/ano) à exigida (20.765 ton/ano) para atender ao enquadramento. Considerando a contribuição per capita de esgotos de 0,054 kg DBO/hab.dia, o custo por habitante seria de US\$ 28,00 por ano para a remoção das 625ton/ ano.

## DISCUSSÃO FINAL

Quanto à situação de poluição da área estudada

Os resultados das simulações mostraram que o rio Pirapama, na área a montante da barragem de mesmo nome, está recebendo uma carga de DBO de 22.828 ton/ano, bastante superior àquela aceitável para a Classe 2 que seria de 1.435 ton/ano de DBO. Essa carga causa um déficit crítico de OD de 3,30 mg/L no ponto de lançamento das águas residuárias no rio. Para atender à condição de Classe 2, na qual o rio se encontra enquadrado, a concentração de OD não deve ser inferior a 5 mg/L (Resolução CONAMA 357/05).



Os cenários de melhoria da qualidade dos efluentes, propostos para a referida área, indicaram o tratamento secundário como melhor alternativa para a remoção da carga poluidora. Após o tratamento, a concentração de DBO no rio seria, aproximadamente, de 8 mg/L - atendendo o limite de Classe 3 do enquadramento (10mg/L). Dessa forma, somente o tratamento secundário não removeria a carga de DBO necessária para que o lançamento da carga remanescente não alterasse a condição de classe do rio, Classe 2. É preciso estabelecer, também, o tratamento terciário e induzir as agroindústrias a utilizar tecnologias limpas em seus processos produtivos. Um sistema que promova a melhoria da qualidade do efluente para atender o enquadramento do rio Pirapama, Classe 2, teria um custo total de US\$ 3.341.012,82 com um custo incremental de US\$ 330,15/ton de DBO a ser removida.

Percebeu-se com os resultados das simulações, que a opção mais favorável econômica e ambientalmente é o tratamento conjunto de todas as águas residuárias da área (agroindústrias e esgotos domésticos), com o setor doméstico pagando ao setor agroindustrial pelo tratamento de sua carga poluidora, pois do ponto de vista econômico e com base na metodologia de Custo Marginal, quanto maior a quantidade de carga a ser removida, menor o custo unitário do sistema.

Foi possível verificar que a implantação de melhorias ambientais nos processos produtivos (técnicas limpas) das agroindústrias (utilização de compostos não agressivos e de baixo custo) favorece a geração de uma carga poluidora menor diminuindo o seu custo de remoção.

Quanto ao sistema de cobrança pelo lançamento de efluentes

O sistema de cobrança pelo lançamento de efluentes, idealizado a partir dos custos marginais fornecidos pelo SAD-CIP, possibilitou definir vários valores a serem cobrados. Entre os valores simulados, aquele que se apresentou mais adequado a ser cobrado foi o de US\$ 320,00/ton de DBO a ser lançada. Cobrando-se este valor, poder-se-ia obter um efluente com qualidade aceitável cujo lançamento não alteraria a condição de qualidade do corpo receptor e, portanto, não alterando a classe do seu enquadramento, Classe 2. Com um valor de cobrança de US\$ 1.345,00 a qualidade da água do rio passaria à condição de Classe 1. Entretanto, verifica-se que o setor agroindustrial é capaz de remover o mesmo percentual de carga (96,5%) com um valor muito inferior (US\$ 320,00/ ton). Considerando

que a carga remanescente a ser lançada pelo setor não estaria ultrapassando o limite da Classe 2, não se recomenda a adoção da cobrança no valor de US\$ 1.345,00.

Sugere-se, adicionalmente, para qualquer valor a ser cobrado, que se faça uma análise dos impactos da cobrança pelos usuários, levando-se em consideração, entre outros fatores, a capacidade de pagamento de cada um deles. Alerta-se que, qualquer que seja o valor de cobrança a ser adotado, ele deve ser respaldado em decisões advindas do Comitê da Bacia Hidrográfica do rio Pirapama.

#### Quanto às limitações do SAD-CIP

Durante a realização desta pesquisa, observou-se que o modelo SAD-CIP apresenta algumas limitações. Ele não é ferramenta de análise aprofundada no caso da avaliação do controle da poluição hídrica, pois não considera o lançamento das águas residuárias diariamente, que seria a situação real, e sim, anualmente. Quando são consideradas todas as fontes potencialmente poluidoras conjuntamente, obtém-se valores médios, o que não permite uma avaliação qualitativa ao longo da extensão do rio. O modelo, também, não avalia a vazão crítica do corpo d'água, e sim uma vazão média. Nos pontos de lançamentos, deve-se avaliar a vazão crítica para que, nos períodos de estiagem, o corpo d'água não seja comprometido com o lançamento de efluentes.

Apesar das limitações comentadas, após a realização deste estudo, conclui-se que a utilização do SAD-CIP é adequada no nível de planejamento, pois o modelo é capaz de realizar o levantamento dos custos globais de investimento e fornecer uma idéia geral da poluição hídrica de uma bacia hidrográfica. O SAD-CIP fornece ao planejador os gastos anuais com um sistema de tratamento de águas residuárias, o tipo de tratamento adequado para remoção da carga poluente de cada indústria isoladamente, a carga imposta ao rio após o lançamento e os custos do tratamento conjunto de todos os efluentes gerados pelas fontes potencialmente poluidoras da área, considerando a convergência das águas residuárias para uma única estação de tratamento. Os valores dos custos marginais fornecidos pelo Sistema são, como foi possível averiguar neste estudo, de extrema importância para se estabelecer um esquema de cobrança pelo lançamento de efluentes capaz de atender ao objetivo econômico posto na Lei nº 9.433/97.

#### Quanto à classe de enquadramento do trecho do rio

De acordo com o custo marginal de longo prazo para tratamento da carga de DBO é recomendável que o trecho do rio, a montante da barragem Pirapama, permaneça na Classe 2. Torná-lo Classe 1 implica em um custo de melhoria da qualidade da água bastante elevado. Deve ser considerado, também, que as atividades econômicas presentes na área (agroindústrias) não necessitam de água de melhor qualidade. O re-enquadramento do trecho do rio para a Classe 1 só se justificaria caso fossem instaladas novas atividades econômicas que necessitassem de água de melhor qualidade. Isso implicaria em um custo marginal aproximadamente 4 vezes maior (1.313,04 US\$/ton) do que aquele previsto para alcançar a Classe 2 (330,15 US\$/ton). Não é interessante o re-enquadramento do rio para a Classe 3, na qual o custo de remoção da carga poluidora é menor (210,32 US\$/ton), porque haverá uma restrição de uso.

Quanto à integração dos instrumentos de gestão

Por fim, acredita-se que a implantação associada dos chamados "instrumentos de gestão" preconizados pela atual Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433/97), entre eles o enquadramento dos corpos d'água em classes de usos preponderantes e a cobrança pelo uso da água, auxiliarão no controle das fontes de lançamento de resíduos, minimizando os impactos negativos que podem causar à qualidade das águas.

## AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem às instituições do Estado de Pernambuco que cederam as informações necessárias à realização desta pesquisa. A primeira autora agradece, também, ao CNPq pela concessão de bolsa de estudos durante a vigência desta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

CORREIA, F. N. Algumas reflexões sobre os mecanismos de gestão de recursos hídricos e a experiência da União Européia. REGA Revista de Gestão de Água da América Latina, v. 2, n. 2, p. 5-16, 2005.

CPRH/DFID. Estudo dos Recursos Hídricos da Bacia do Rio Pirapama. Recife: Companhia Pernambucana do Meio Ambiente/Department for International Development (Publicações Projeto Pirapama), 1998.

FONTES, A. T.; SOUZA, M. P. Modelo de Cobrança para a Gestão de Escassez de Água. RBRH Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 9, n. 2, 2004.

FORGIARINI, F. R. Modelagem da cobrança pelo uso da água bruta para aplicação em escala real na bacia do Rio Santa Maria. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 2006.

HERRINGTON, P. Pricing water properly. In: T. ORIORDAN (Ed.) Ecotaxation. London: Earthscan Publications, p. 263-286, 1997.

KELMAN, J.; RAMOS, M. Custo, valor e preço da água utilizada na agricultura. REGA Revista de Gestão de Água da América Latina, v. 2, n. 2, p. 39-48. 2005.

MENDES, F. E. Uma Avaliação dos Custos de Controle da Poluição Hídrica de Origem Industrial no Brasil. Dissertação (Mestrado em Engenharia Nuclear e Planejamento Energético) - Instituto de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia - COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Rio de Janeiro. 1994.

OECD. The use of tradable permits in combination with other environmental policy instruments. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development. 2003.

PORTO, M.; LOBATO, F. Mechanisms of water management: command & control and social mechanisms (Parte 1 de 2). REGA Revista de Gestão de Água da América Latina, v. 1, n. 2, p. 113-129, 2004.

PORTO, M.; LOBATO, F. Mechanisms of water management: command & control and social mechanisms (Parte 2 de 2). REGA Revista de Gestão de Água da América Latina, v. 1, n. 2, p. 131-146, 2004.

RIBEIRO, M. M. R.; LANNA, A. E. L. Instrumentos regulatórios e econômicos: aplicabilidade à gestão das águas e à bacia do rio Pirapama-PE. RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 6, n. 4, p. 41-70, 2001.

SCHVARTZMAN, A. S.; NASCIMENTO, N. O.; VON SPERLING, M. Outorga e Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos: Aplicação à Bacia do Rio Paraopeba, MG. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 7, n. 1, p. 103-122, 2002.

SEPA. Scottish Environment Protection Agency Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC). Environmental Assessment and Appraisal of BAT. Horizontal Guidance Note. IPPC H1. 127p, 2003.

SILVA, S. B. Cobrança pelo lançamento de efluentes: simulação para a Bacia do rio Paraíba - PB. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental. Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Campina Grande, 2006.

VAN DER ZAAG, P.; SAVENIJE, H. H. G. Water as an economic good and demand management - paradigms with pitfalls. Water International, v. 27, n. 1, p. 98-104, 2002. [ WINPENNY, J. Managing water as an economic resource. London: Routledge, 1 Edition, 133p, 1994.

WORLD BANK. Decision Support System for Integrated Pollution Control. A software for education and analysis in pollution management. User guide. Washington DC, USA, 92p, 1998.

Endereço para correspondência:

Selma Cristina da Silva Universidade de Brasília FT/ENC/PTARH/UnB, SG 12 Sala 7  
Campus Universitário Asa Norte 70910-900 Brasília - DF - Brasil E-mail: [scsilva@unb.br](mailto:scsilva@unb.br);  
[scsilva00@yahoo.com.br](mailto:scsilva00@yahoo.com.br)

Recebido: 06/06/05

Aceito: 05/10/06

© 2007 ABES

Av. Beira Mar, 216 - 13º Andar - Castelo 20021-060 Rio de Janeiro - RJ - Brasil Tel.: +55  
21 2210-3221 Fax.: +55 21 2262-6838