

PROPOSTA DE UMA METODOLOGIA DE COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA  
APLICÁVEL AO SETOR HIDRELÉTRICO

Bruno Moczydlower

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DOS  
PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS  
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM  
ENGENHARIA CIVIL.

Aprovada por:

---

Prof. José Paulo Soares de Azevedo, Ph.D.

---

Prof. Paulo Canedo de Magalhães, Ph.D.

---

Dra. Rosa Maria Formiga Johnsson, docteur

---

Dr. Jander Duarte Campos, D.Sc.

---

Prof. Jorge Machado Damázio, D.Sc.

---

Dr. Ailton Mesquita Vieira, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

MARÇO DE 2006

MOCZYDLOWER, BRUNO

Proposta de uma Metodologia de  
Cobrança pelo Uso da Água Aplicável ao  
Setor Hidrelétrico [Rio de Janeiro] 2006

XV, 124 p. 29,7 cm (COPPE/UFRJ,  
M.Sc., Engenharia Civil, 2006)

Dissertação - Universidade Federal  
do Rio de Janeiro, COPPE

1. Cobrança pelo Uso da Água

I. COPPE/UFRJ II. Título (série)

À Bianca Bozon Moreira,  
uma companheira amorosa, fiel e  
compreensiva; uma mulher que me  
traz inspiração e equilíbrio.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu orientador Paulo Canedo de Magalhães, principalmente pelas nossas conversas sobre Gestão de Recursos Hídricos nas aulas, no LABHID, ao telefone. Nossas “acaloradas” trocas de idéias e suas metáforas hilárias (e ainda assim esclarecedoras) estarão para sempre em minha memória.

Ao meu também orientador José Paulo Soares de Azevedo, pelos seus comentários sempre pertinentes e pelo seu indispensável apoio institucional.

À consultora e pesquisadora Rosa Maria Formiga Johnsson, que assim como já tinha feito no meu projeto final da graduação, sempre se dispôs a me ajudar, agregando enorme valor a este trabalho com seus comentários e críticas, fruto de bastante experiência e conhecimento nesta área de Gestão de Recursos Hídricos.

Ao meu ex-professor e eterno mestre Flavio Miguez de Mello, por ter despertado em mim o interesse pelas UHE's; pelas sugestões e dúvidas tiradas ao longo desta dissertação e pela indicação de diversas alternativas na minha desesperada busca por dados hidrológicos.

Ao professor e pesquisador Jorge Machado Damázio, por ter me recebido em sua sala no CEPEL e ter me passado diversas informações sobre o setor elétrico com objetividade e, ainda assim, paciência.

A todos os meus colegas de mestrado e, principalmente, aos brilhantes engenheiros André Rotstein Schor, Guilherme Vanni e Luiz Paulo Canedo, que trilharam comigo este caminho da Gestão de Recursos Hídricos e tanto contribuíram para o meu aprendizado.

Aos pesquisadores da COPPE Jander Duarte Campos, Ney Maranhão e Paulo Carneiro, pelas enriquecedoras trocas de idéias nas aulas do mestrado e no LABHID.

Ao advogado André Constant Dickstein do Escritório de Advocacia Gouvêa Vieira e às minhas amigas e também advogadas Vanessa Grosso da Silveira e Luciana de Pina dos Santos, pela assistência em questões jurídicas levantadas por este trabalho.

Ao amigo e ilustre tricolor Raul Garcia, que me ajudou a superar cada obstáculo burocrático que surgia devido às dificuldades de se conciliar o mestrado com o trabalho.

Na minha desesperada “caçada aos dados hidrológicos”, há uma enorme lista de pessoas para agradecer.

À engenheira do LABHID Fernanda Rocha Thomaz, que me ajudou com uma presteza incrível, me enviando dados de vazões mínimas e, o que já parecia impossível, dados de DBO do Paraíba do Sul.

À engenheira do ONS Simone Borim da Silva, que montou e me enviou uma salvadora planilha Excel com vazões diárias de cada uma das UHE's estudadas, e à minha colega de Petrobrás Helena Assaf, por ter indicado a Simone.

Ao engenheiro da ANA e colega de graduação Rafael Xavier, que me enviou o gráfico com o histórico de operação de Funil ao longo de 2003, ilustrando a onda de despacho durante o episódio do derramamento de poluentes no Rio Pomba.

Também não posso deixar de agradecer a todos aqueles que, apesar de não terem conseguido os dados que eu procurava, certamente se esforçaram para tal e, além disso, nunca perderam a paciência com minhas constantes cobranças.

À engenheira da ANA Moema Versiani Acselrad, à engenheira da SERLA e minha querida amiga Marta Otoni, à bióloga do CEIVAP Sandra, ao engenheiro da LIGHT Fernando Lino, ao Diretor de Usos Múltiplos da ANA Joaquim Gondim, ao Diretor do Comitê Brasileiro de Barragens Erton Carvalho, aos engenheiros da ANA Alan Lopes e Patrick Thadeu Thomas, sendo que a dissertação de mestrado deste último foi de grande valia para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus pais e ao meu irmão, por terem sempre incentivado os meus estudos e me estimulado a fazer tudo cada vez melhor.

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

PROPOSTA DE UMA METODOLOGIA DE COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA  
APLICÁVEL AO SETOR HIDRELÉTRICO

Bruno Moczydlower

Março/2006

Orientadores: Paulo Canedo de Magalhães  
José Paulo Soares de Azevedo

Programa: Engenharia Civil

Esta dissertação discute como a cobrança pelo uso da água deveria ser aplicada ao setor hidrelétrico. Para tal, além de mencionar os inconvenientes da atual forma de se cobrar este setor usuário, ela destaca uma série de conceitos da moderna gestão de recursos hídricos que devem servir de base à cobrança de qualquer usuário, inclusive as UHE's.

Uma nova metodologia de cobrança é proposta para as UHE's, procurando-se enquadrar suas influências na disponibilidade hídrica da bacia em usos captação, consumo e diluição, de maneira que as mesmas fórmulas utilizadas para cobrar todos os demais usuários possam ser igualmente aplicadas.

A bacia do rio Paraíba do Sul foi escolhida para o estudo de caso por ser a que mais avançou em termos de implementação de gestão de recursos hídricos no país, segundo os princípios da Lei 9.433/97. Nela já existe um comitê de bacia ativo desde 1996 (CEIVAP), uma agência de bacia instituída (AGEVAP) e a cobrança pelo uso da água está em vigor desde março de 2003. Foram escolhidas cinco UHE's da bacia, para as quais foram simuladas as cobranças que seriam geradas pela metodologia proposta de acordo com dois cenários distintos de arranjos institucionais.

Abstract of Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

PROPOSAL OF A BULK WATER CHARGING METHODOLOGY APPLICABLE  
TO THE HYDROELECTRIC SECTOR

Bruno Moczydlower

March/2006

Advisors: Paulo Canedo de Magalhães  
José Paulo Soares de Azevedo

Department: Civil Engineering

This dissertation discusses how the bulk water charge should be applied to the hydroelectric sector. With that intention, besides mentioning the inconveniences of the current way of charging this sector, it outlines several concepts of the modern water resources management that should base the charge to be applied to any user, including the hydropower plants.

A new charge methodology is proposed for these plants, aiming to “fit” their influences in the river basin water availability to the traditional uses captation, consumption and dilution, so that the same formulas applied to charge all the other users may be applied to them as well.

The Paraíba do Sul river basin has been chosen as a case study because it currently is the most advanced in terms of implementation of water resources management in Brazil, according to law 9.433/97. It has an active basin committee since 1996, the basin agency has already been set up and the bulk water charge is being carried out since 2003. Five hydropower plants have been chosen in this river basin and the charge values that would be generated by the proposed methodology have been simulated for them, according to two different institutional scenarios.

# SUMÁRIO

<b>AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>IV</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>XII</b>
<b>LISTA DE SIGLAS.....</b>	<b>XIV</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2 A NOVA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL .....</b>	<b>7</b>
2.1 A LEI 9.433/97 – “LEI DAS ÁGUAS” .....	7
2.1.1 <i>Princípios da Lei 9.433/97</i> .....	7
2.1.2 <i>Instrumentos da Lei 9.433/97</i> .....	9
2.1.3 <i>Novos Organismos Introduzidos pela Lei 9.433/97</i> .....	12
2.2 O PROJETO DE LEI 1.616/99 .....	17
<b>3 COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA .....</b>	<b>19</b>
3.1 BASE LEGAL .....	19
3.2 A COBRANÇA E A QUESTÃO AMBIENTAL .....	22
3.2.1 <i>Contexto Internacional</i> .....	22
3.2.2 <i>Contexto Nacional</i> .....	23
3.3 O “ESPÍRITO” DA COBRANÇA .....	23
3.4 A OUTORGA E A COBRANÇA .....	25
3.5 TIPOS DE USO E A COBRANÇA .....	26
3.6 O ENQUADRAMENTO E A COBRANÇA .....	27
3.7 IMPACTOS POR TIPO DE USO .....	28
3.7.1 <i>Captação</i> .....	29
3.7.2 <i>Diluição</i> .....	29
3.7.3 <i>Consumo</i> .....	30
3.8 NOVAS PROPOSTAS PARA A COBRANÇA .....	31
<b>4 COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA APLICADA A UHE’S .....</b>	<b>36</b>
4.1 A ATUAL COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA APLICADA A UHE’S .....	36

4.1.1	<i>Lei 7.990/89</i> .....	36
4.1.2	<i>Lei 8.001/90</i> .....	37
4.1.3	<i>Demais Dispositivos Legais Aprovados Antes da Lei 9.984/00</i> .....	37
4.1.4	<i>A Lei 9.984/00 – “Lei da ANA”</i> .....	38
4.1.5	<i>Dispositivos Legais Aprovados Após a Lei 9.984/00</i> .....	41
4.2	COBRANÇA COM ISONOMIA .....	42
4.3	APLICAÇÃO DOS CRITÉRIOS TÉCNICOS DE COBRANÇA ÀS UHE’S.....	43
4.3.1	<i>Parcela Devido ao Uso Captação</i> .....	43
4.3.2	<i>Parcela Devido ao Uso Diluição</i> .....	52
4.3.3	<i>Parcela Devido ao Uso Consumo</i> .....	61
4.3.4	<i>Demais Aspectos</i> .....	71
<b>5</b>	<b>ESTUDO DE CASO: UHE’S DO PARAÍBA DO SUL</b> .....	<b>75</b>
5.1	MOTIVAÇÃO .....	75
5.2	SELEÇÃO .....	75
5.3	METODOLOGIA .....	76
5.4	RESULTADOS .....	82
5.4.1	<i>UHE Paraibuna</i> .....	82
5.4.2	<i>UHE Jaguari</i> .....	88
5.4.3	<i>UHE Santa Branca</i> .....	90
5.4.4	<i>UHE Funil</i> .....	91
5.4.5	<i>UHE Ilha dos Pombos</i> .....	93
5.4.6	<i>UHE Funil – com vazão de captação</i> .....	94
5.4.7	<i>UHE Ilha dos Pombos – com vazão de captação</i> .....	95
5.5	ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	96
5.5.1	<i>UHE Paraibuna</i> .....	97
5.5.2	<i>UHE Jaguari</i> .....	99
5.5.3	<i>UHE Santa Branca</i> .....	101
5.5.4	<i>UHE Funil</i> .....	103
5.5.5	<i>UHE Ilha dos Pombos</i> .....	105
5.5.6	<i>UHE Funil – com vazão de captação</i> .....	107
5.5.7	<i>UHE Ilha dos Pombos – com vazão de captação</i> .....	109

<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>111</b>
<b>7</b>	<b>RECOMENDAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>116</b>
<b>8</b>	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>119</b>
	<b>APÊNDICE A – PRINCIPAIS INFORMAÇÕES DAS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DE ÁGUA .....</b>	<b>124</b>

## Lista de Figuras

Figura 2.1 – Comitês de bacias hidrográficas existentes (maio de 2003) .....	14
Figura 2.2 - Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos .....	17
Figura 3.1 – Dinâmica de aprovação das leis das águas no Brasil.....	21
Figura 4.1 – Operação do reservatório de Funil ao longo de 2003 .....	46
Figura 4.2 – Perfis de um lago em condições de estratificação e de inversão térmica .....	56
Figura 5.1 – Valores de cobrança simulados e atuais – UHE Paraibuna – Cenário 1 .....	97
Figura 5.2 – Valores de cobrança simulados e atuais – UHE Paraibuna – Cenário 2 .....	98
Figura 5.3 – Valores de cobrança simulados e atuais – UHE Jaguari – cenário 1 .....	99
Figura 5.4 – Valores de cobrança simulados e atuais – UHE Jaguari -Cenário 2.....	100
Figura 5.5 – Valores de cobrança simulados e atuais – UHE Santa Branca – Cenário 1.	101
Figura 5.6 – Valores de cobrança simulados e atuais – UHE Santa Branca – Cenário 2.	102
Figura 5.7 – Valores de cobrança simulados e atuais – UHE Funil – Cenário 1 .....	103
Figura 5.8 – Valores de cobrança simulados e atuais – UHE Funil – Cenário 2 .....	104
Figura 5.9 – Valores de cobrança simulados e atuais – UHE Ilha dos Pombos – Cenário 1 .....	105
Figura 5.10 – Valores de cobrança simulados e atuais – UHE Ilha dos Pombos – Cenário 2 .....	106
Figura 5.11 – Valores de cobrança simulados e atuais – UHE Funil – Cenário 1 com vazão de captação.....	107
Figura 5.12 – Valores de cobrança simulados e atuais – UHE Funil – Cenário 2 com vazão de captação.....	108

**Figura 5.13 – Valores de cobrança simulados e atuais – UHE Ilha dos Pombos – Cenário 1  
com vazão de captação ..... 109**

**Figura 5.14 – Valores de cobrança simulados e atuais – UHE Ilha dos Pombos – Cenário 2  
com vazão de captação ..... 110**

## Lista de Siglas

ABRH	Associação Brasileira de Recursos Hídricos
AGEVAP	Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul
ANA	Agência Nacional de Águas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CEDAE	Companhia Estadual de Águas e Esgotos
CEHPAR	Centro de Hidráulica e Hidrologia Professor Parigot de Souza
CEIVAP	Comitê para Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais
CESP	Companhia Energética de São Paulo
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
COPPE	Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia
CORHI	Comitê Coordenador do Plano Estadual de Recursos Hídricos
CRAE	<i>Complementary Relationship Areal Evapotranspiration</i>
CRH	Conselho Estadual de Recursos Hídricos
CRLE	<i>Complementary Relationship Lake Evaporation</i>
CT-HIDRO	Fundo Setorial de Recursos Hídricos
DAEE	Departamento de Águas e Energia Elétrica de São Paulo
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DESA/UFMG	Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental / Universidade Federal de Minas Gerais
DNAEE	Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica
FCE/ UFBA	Faculdade de Ciências Econômicas / Universidade Federal da Bahia

FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
FUNAI	Fundação Nacional do Índio
LABHID/COPPE/UFRJ	Laboratório de Hidrologia e Estudos de Meio Ambiente / COPPE / Universidade Federal do Rio de Janeiro
MW	MegaWatt
MWh	MegaWatt - hora
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MSUI	Modelo de Simulação a Usinas Individualizadas
OD	Oxigênio Dissolvido
ONS	Operador Nacional do Sistema
ONG	Organização Não-Governamental
PCH	Pequena Central Hidrelétrica
PL	Projeto de Lei
PPU	Preço Público Unitário
Q <sub>7,10</sub>	Vazão mínima de 7 dias consecutivos, com tempo de recorrência de dez anos
Q <sub>95</sub>	Vazão com tempo de permanência de 95%
SiBI	Sistema de Bibliotecas e Informação
SIN	Sistema Interligado Nacional
SISEVAPO	Sistema de Avaliação da Evaporação Líquida dos Reservatórios do Sistema Interligado Nacional
SMA	Secretaria de Estado do Meio Ambiente
SRH	Secretaria de Recursos Hídricos
TAR	Tarifa Atualizada de Referência
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UHE	Usina Hidrelétrica
UnB-FINATEC	Universidade de Brasília - Fundação de Empreendimentos Científicos e Tecnológicos
UNEP-IETC	<i>United Nations Environment Program - International Environment Technological Center</i>

# 1 Introdução

Embora o Brasil seja o país com maior abundância de água doce no mundo, já existem conflitos deflagrados e muitos outros latentes devido a problemas relacionados à quantidade e à qualidade das águas. Aliás, a falsa noção de que a água no nosso país é infindável tem alimentado uma cultura de desperdício já bastante arraigada na população.

Inicialmente, convém ressaltar que mais de 73% da água que corre em rios brasileiros está na Bacia Amazônica (SETTI *et al.*, 2001), de desenvolvimento econômico incipiente e de população pequena e esparsa. Isto significa que a disponibilidade hídrica para o restante do país, onde está concentrada a maior parte da população e das atividades econômicas, não é tão “confortável” assim.

Tal constatação torna-se ainda mais clara na região Nordeste, de clima semi-árido. Nesta região, boa parte dos rios é intermitente e, mesmo os rios perenes, incluindo o famoso São Francisco, têm se mostrado incapazes de atender quantitativamente a todos os usuários ao longo do seu curso durante ciclos hidrológicos mais secos.

Os problemas relacionados à qualidade das águas também existem e, na maioria dos casos, têm se mostrado até mais críticos que os quantitativos. Aqueles têm sido causados principalmente por processos acelerados e desordenados de urbanização, industrialização e expansão agrícola. O que se observa é que praticamente todos os mananciais que banham os grandes centros urbanos encontram-se bastante degradados, apresentando restrições a diversos usos e agindo como veiculadores de doenças.

A configuração do quadro acima descrito não é de difícil explicação. Algumas das principais razões são as seguintes:

- A maioria dos grandes centros populacionais apresenta uma rede coletora de esgotos pouco abrangente;

- O percentual do esgoto coletado que é efetivamente tratado antes de voltar aos corpos d'água é ainda menor;
- Os sistemas de drenagem dos grandes centros, assim como os de coleta de lixo, também costumam ser falhos, principalmente nos bairros mais pobres. Com isso, as águas pluviais acabam carreando para os corpos d'água uma quantidade enorme de lixo urbano e sedimentos em geral;
- As indústrias passaram anos e anos praticamente sem se preocuparem com a carga de poluentes que despejavam nos rios. Embora este panorama já tenha começado a mudar, principalmente devido ao marketing verde, elas ainda são grandes poluidoras, principalmente quando se trata de metais pesados, de difícil depuração;
- A maioria dos agricultores não possui um esclarecimento ou um comprometimento ambiental que os demova de usar técnicas rudimentares que, além de consumir muita água, promovem o carreamento de pesticidas e agrotóxicos para os corpos d'água mais próximos.

Este paradoxo de um país riquíssimo em água doce, mas com inúmeros problemas hídricos, evidencia que a gestão das águas praticada no país não tem sido satisfatória.

Com o intuito de reverter este quadro, foi aprovada no Brasil a Lei 9.433/97, conhecida como a “Lei das Águas”, que introduz no país princípios da moderna gestão de recursos hídricos. Apesar de inovadora em diversos aspectos, certamente o ponto mais polêmico desta nova lei é a cobrança pelo uso da água bruta. No Brasil, sempre se cobrou somente pela água tratada, remunerando-se os serviços prestados pelas empresas de saneamento. Esta nova cobrança possui um fato gerador diferente: cobra-se pelo uso do mineral água, seja como insumo, seja como receptor e transportador de efluentes. Este novo instrumento de gestão será abordado com profundidade mais adiante.

Este trabalho se concentra no tema da cobrança pelo uso da água bruta aplicada ao setor hidrelétrico, o qual apresenta várias peculiaridades interessantes.

Primeiramente, trata-se de um setor usuário particularmente importante, e não apenas pela grande receita que ele gera e pela sua vultosa participação na matriz energética brasileira. Cabe lembrar que, até pouco tempo atrás, o setor hidrelétrico brasileiro era, de longe, o mais poderoso dos usuários dos recursos hídricos. Na década de 70 principalmente, quando o “milagre brasileiro” demandava um rápido aumento na oferta de energia do país, os “barrageiros” tiveram prioridade absoluta no uso das águas brasileiras. Contando ainda com a desorganização e a falta de representatividade dos demais setores usuários, construíram-se dezenas de usinas hidrelétricas pelo país, muitas vezes desconsiderando-se a possibilidade de os rios atenderem também a outras finalidades e prejudicando-se diversos outros usos, notadamente a navegação interior. Há que se ressaltar, no entanto, que este quadro vem se alterando e o setor elétrico vem sendo obrigado a dialogar e a negociar mais intensamente com os demais atores da bacia acerca da operação de seus reservatórios. Exemplos destas negociações são volumes de espera alocados em diversas usinas para amortecimento de cheias e manutenção de níveis mínimos para viabilização de navegação em algumas outras (fatos que já ocorriam mesmo antes da aprovação da “Lei das Águas”). É importante mencionar que quase sempre tais negociações resultam em restrições operacionais para as UHE’s, reduzindo sua capacidade de gerar energia.

Por outro lado, com um desenvolvimento tão expressivo e vertiginoso, o setor hidrelétrico acumulou um enorme conhecimento acerca dos nossos rios, além de continuar a ser o principal “patrocinador” e responsável pela expansão e manutenção da rede hidrometeorológica nacional. Todo este conhecimento, incluindo alguns já bem testados modelos de simulação hidrológica, tem sido fundamental para os estudos, projetos e avanços na utilização dos recursos hídricos brasileiros.

Outro aspecto singular do setor hidrelétrico é que, ao contrário de todos os outros usuários, ele é capaz de provocar mudanças substanciais no regime dos rios. Tais modificações podem ser tanto benéficas, como nos casos de UHE’s que fazem controle de cheia e de UHE’s que regularizam as vazões da bacia ao longo do ano, quanto malélicas, como nos casos de operação de ponta e de liberação de ondas de despacho abruptas, podendo estas ser mais danosas que as próprias cheias naturais.

Finalmente, uma particularidade do setor hidrelétrico que trouxe grande motivação a este trabalho é o fato de este já vir sendo cobrado pela utilização de recursos hídricos e de uma forma completamente diferente dos demais usuários. A partir da aprovação da Lei 9.984/00, que instituiu a Agência Nacional de Águas (ANA), todas as usinas hidrelétricas acima de um certo porte<sup>1</sup> pagam 0,75% do valor total da energia gerada, a título de “pagamento pelo uso de recursos hídricos”. Este valor, que não substituiu ou alterou os 6% sobre a energia total que já eram pagos a Municípios, Estados e União a título de “compensação financeira pela utilização dos recursos hídricos”, vem sendo inclusive a principal fonte de sustento do recém criado Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, principalmente da ANA. Sendo assim, enquanto todos os demais usuários hídricos são cobrados de acordo com seus usos (captação, consumo e diluição de efluentes), as UHE’s pagam de acordo com este critério que não possui nenhum embasamento técnico ou conceitual. Por exemplo, uma usina de alta queda pode gerar a mesma quantidade de energia que uma outra de baixa queda com uma vazão turbinada bem menor. No entanto, mesmo utilizando muito menos água, como a energia gerada seria a mesma, aquela pagaria o mesmo que esta pelo “uso da água”.

Compreende-se que negociações políticas, principalmente no âmbito do Poder Legislativo, são indispensáveis no caso de assuntos (e fontes de receita) tão relevantes. No entanto, é fundamental também que a boa técnica sirva de ponto de partida e como balizamento para tais negociações. Como um dos pilares da nova gestão de recursos hídricos que ora se implanta no país é a isonomia entre usuários, não é desejável que o setor hidrelétrico seja cobrado com uma metodologia totalmente diferente de todos os demais e que em nada reflète sua real influência na disponibilidade hídrica da bacia.

Este trabalho não se propõe a discutir se o tal valor de 0,75% (ou 6,75%) é alto ou baixo, se ele é ou não indispensável como fonte de receita da ANA ou se ele foi uma

---

<sup>1</sup> As usinas consideradas Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH’s) estão isentas deste pagamento instituído pela Lei 9.984/00 e também da compensação financeira pela utilização dos recursos hídricos. Para mais detalhes, ver capítulo 4.1.

medida pragmática necessária quando da fase inicial de implantação do Sistema Nacional de Gestão de Recursos Hídricos. Este trabalho se propõe a discutir critérios de cobrança objetivos e bem fundamentados, que possam ser aplicados a este tão complexo setor hidrelétrico. Trata-se obviamente de uma tarefa bastante complicada devido à singularidade do uso da água praticado pelas UHE's, o qual não pode ser caracterizado imediatamente nem como captação, nem como consumo e nem como diluição de efluentes.

Finalmente, este trabalho reconhece as dificuldades, ou mesmo inconveniências, de se adotar, no curto prazo, novas regras para cobrança do setor hidrelétrico. No entanto, pretende-se dar uma contribuição técnica para uma futura reformulação na cobrança do setor.

No capítulo dois, a seguir, os principais dispositivos legais relativos a esta nova Gestão de Recursos Hídricos são analisados. Logicamente, busca-se dar maior ênfase aos aspectos mais intimamente ligados a este trabalho.

No capítulo três, o instrumento de cobrança pelo uso da água é analisado com maior profundidade. Além da sua base legal, do seu “espírito” e da sua inserção na Questão Ambiental, comenta-se como ele se relaciona com os demais instrumentos de gestão das águas e apontam-se propostas de aperfeiçoamento deste instrumento a serem implementadas no médio prazo. A essência destas propostas vai ser utilizada na nova metodologia introduzida por este trabalho.

O capítulo quatro se inicia com a atual metodologia de cobrança aplicada ao setor hidrelétrico e prossegue com a importância de uma nova metodologia, isonômica em relação aos demais usuários, ser adotada. Os últimos subitens abrangem a discussão do que caracterizaria uso captação, uso consumo e uso diluição no caso de uma UHE. Esta discussão, que busca considerar as influências mais relevantes das UHE's na gestão das águas, é inegavelmente o cerne deste trabalho.

O capítulo cinco se refere ao estudo de caso realizado, em que a nova metodologia proposta foi aplicada a cinco UHE's do Paraíba do Sul. Após as devidas explicações metodológicas, os resultados simulados são apresentados em forma de planilhas e gráficos e são comparados com os valores atualmente cobrados. A minuciosa análise destes resultados encerra o capítulo.

O capítulo seis traz as conclusões desta dissertação e o capítulo sete se refere às recomendações finais. O capítulo oito traz as referências bibliográficas e o apêndice A mostra as principais informações das estações de qualidade de água cujos dados foram utilizados no estudo de caso.

## **2 A Nova Gestão de Recursos Hídricos no Brasil**

### **2.1 A Lei 9.433/97 – “Lei das Águas”**

A Lei 9.433/97, que trata essencialmente da organização político-administrativa, veio atender a uma demanda que já era latente no país. Era importantíssimo definir logo uma nova Política Nacional de Recursos Hídricos que refletisse as boas práticas de gestão já disseminadas há muitos anos nos países desenvolvidos e já propostas em algumas “leis de águas” em alguns Estados pioneiros da federação (São Paulo - 1991, Ceará - 1992, Minas Gerais e Rio Grande do Sul - 1994, etc.). Convém ressaltar que o papel destes Estados foi importantíssimo para a discussão, a elaboração e a aprovação da Lei 9.433/97.

#### ***2.1.1 Princípios da Lei 9.433/97***

Os mais importantes princípios proclamados pela Lei 9.433/97, que refletem a experiência dos países que mais avançaram na gestão de recursos hídricos, são os seguintes:

- *A água é um bem de domínio público*

Não pode haver domínio privado sobre a água, que deve ser encarada como propriedade da coletividade (o domínio pode ser apenas do governo federal ou estadual). Em casos de escassez, os usos prioritários devem ser o consumo humano e a dessedentação de animais.

- *Adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento*

As fronteiras político-administrativas criadas pelo homem são quase sempre baseadas em aspectos sócio-econômicos, com pouca importância dada aos aspectos ambientais. Sendo assim, é muito comum encontrarmos uma mesma bacia abrangendo diversos

Municípios, Estados e/ou países. A gestão destas bacias fica dificultada pela existência de diversas autoridades governamentais tendo domínio sobre trechos diferentes de uma mesma bacia. É óbvio que ações empreendidas por autoridades competentes no trecho de rio sob sua jurisdição vão impactar nos outros trechos, sem que as outras autoridades possam interferir.

Desta forma, para evitar tais conflitos e garantir o uso racional da água, a gestão deve ser feita por bacia hidrográfica, e não por Municípios ou Estados. Uma vez que os divisores de água da bacia passam a ser o perímetro da área a ser planejada, a compatibilização entre as disponibilidades e as demandas, também chamado balanço hídrico, torna-se também muito mais viável.

➤ *Respeito aos usos múltiplos dos corpos d'água*

Esta é uma maneira não só de racionalizar os usos, mas de maximizar os benefícios oferecidos pelos corpos d'água. Cada intervenção a ser realizada, se for beneficiar diretamente somente um setor usuário, não pode prejudicar os demais. Desta forma, não pode haver hegemonia de um setor sobre os demais, conforme vinha ocorrendo tradicionalmente no Brasil, aonde o setor hidrelétrico vinha “comandando” a gestão dos recursos hídricos superficiais, com inegáveis prejuízos para os demais usuários.

➤ *Reconhecimento da água como um bem finito e vulnerável*

Trata-se da constatação de que a disponibilidade hídrica mundial está caindo rapidamente, mesmo sendo a água um recurso natural renovável. Isto ocorre porque a taxa de degradação dos corpos d'água pelo homem, além do desperdício e do uso indisciplinado, faz com que a taxa de indisponibilização da água seja maior que a taxa de sua reposição pelos fenômenos naturais. Sendo assim, chega-se à óbvia conclusão de que, se nada for mudado, um dia a água aproveitável pelo ser humano não será mais suficiente para suprir a demanda mundial.

No Brasil, este é um princípio bastante difícil de se disseminar, pois a água ainda é muito barata, sendo vista como infindável e, conseqüentemente, sendo desperdiçada em níveis alarmantes.

➤ *Reconhecimento do valor econômico da água*

Este princípio, que não deixa de ser uma conseqüência do anterior, visa a disciplinar o uso deste recurso natural, dando aos usuários uma idéia do seu real valor e contribuindo para minorar o quadro de escassez previsto no item anterior. Ele também serve de base para a cobrança pela utilização de recursos hídricos, que será tratada mais profundamente adiante.

➤ *Gestão descentralizada e participativa*

A experiência internacional no manejo dos rios mostra que “as decisões gerenciais devem ser localizadas o mais próximo possível de onde ocorrem os problemas e conflitos, o que implica descentralização e transferência do poder decisório e da responsabilidade para as autoridades e comunidades locais” (CANEDO DE MAGALHÃES, 2004). Em termos de descentralização, isto significa que tudo o que puder ser resolvido em níveis hierárquicos mais baixos do governo, não deve ser levado aos níveis mais altos (princípio da subsidiaridade). Em termos de gestão participativa, isto significa que os usuários, a sociedade civil, as ONG's e os demais organismos podem e devem participar do processo de tomada de decisões.

### ***2.1.2 Instrumentos da Lei 9.433/97***

São cinco os instrumentos instituídos pela nova lei:

➤ *Plano Nacional de Recursos Hídricos*

Trata-se do documento programático para o setor. Ele visa a fundamentar e a orientar a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, garantindo um gerenciamento dos recursos hídricos com horizontes de planejamento compatíveis com a implantação dos programas e projetos previstos. Este documento será constituído por Planos Diretores de Recursos Hídricos, a serem elaborados por bacias (ou conjunto de bacias) hidrográficas. Além disso, ele deve estar aberto para incorporar eventuais mudanças ou ajustes que se fizerem necessárias ao longo do tempo.

➤ *Outorga de Direito de Uso dos Recursos Hídricos*

Trata-se do instrumento através do qual o usuário recebe uma autorização, concessão ou permissão (conforme o caso), para fazer uso da água. São os seguintes os usos sujeitos à outorga: derivação ou captação de parcela de água existente em um corpo de água para consumo final, inclusive abastecimento público ou insumo de processo produtivo; extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo; lançamento em corpo de água de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final; aproveitamento dos potenciais hidrelétricos; outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo d'água.

Este instrumento deve ter como base a compatibilização entre as demandas e as disponibilidades de cada bacia, constituindo-se num elemento central para o planejamento e para a racionalização do uso dos recursos hídricos, na medida em que induz o usuário a uma disciplina deste uso.

A outorga é talvez o mais privilegiado dos novos instrumentos de gestão. Alguns órgãos gestores estaduais e a ANA, em nível federal, vêm aplicando-o regularmente, apesar de o processo muitas vezes ainda ser precário do ponto de vista técnico e administrativo (FORMIGA-JOHNSSON e LOPES, 2003).

➤ *Cobrança pelo uso da água*

Os usos da água sujeitos à outorga poderão ser cobrados, com os valores arrecadados sendo prioritariamente aplicados na bacia hidrográfica onde foram gerados. Fica reconhecido o valor econômico da água, com os usuários tendo uma idéia do seu real valor e, conseqüentemente, sendo induzidos a racionalizar seus usos. Além disso, obtêm-se recursos financeiros para o financiamento de programas e projetos previstos nos planos de recursos hídricos.

Na verdade, existe uma grande polêmica em torno da palavra “prioritariamente” no primeiro período do parágrafo anterior, o qual reproduz fielmente os dizeres da lei. Segundo os modernos conceitos de gestão, os recursos gerados pela cobrança deveriam ser integralmente aplicados na bacia de origem. A palavra prioritariamente abre uma indesejável possibilidade de estes recursos serem utilizados em outras bacias ou com outros fins (que não os expressos nos planos de bacia). No entanto, a polêmica acabou dirimida pela Lei 10.881/04, que dispõe sobre os contratos de gestão entre a Agência Nacional de Águas e entidades delegatárias das funções de Agências de Águas. A referida lei estipula que o recurso da cobrança deve sim voltar para a agência da bacia de origem.

➤ *Enquadramento dos corpos d'água em classes de uso*

Este instrumento visa a garantir que a qualidade das águas dos mananciais seja compatível com seus usos preponderantes. Além disso, ele propicia um combate à poluição mais eficaz e barato, com ações preventivas permanentes e não com projetos de remediação.

O enquadramento permite a ligação entre a gestão da quantidade e da qualidade das águas, em última análise relacionando a gestão dos recursos hídricos à gestão ambiental. Trata-se de um instrumento importantíssimo neste novo arranjo institucional, mas cuja implementação segue lenta e quase sempre longe dos moldes ideais.

➤ *Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos*

Trata-se de um sistema encarregado da coleta, tratamento, organização, armazenamento, crítica e difusão das informações relativas aos recursos hídricos, seus usos, o balanço hídrico de cada manancial e de cada bacia. Sua coordenação deve ser unificada, mas a obtenção e produção de dados devem ser descentralizadas.

Seu objetivo principal é fornecer subsídios para a elaboração dos planos de recursos hídricos e para outras tomadas de decisão por parte dos gestores, dos usuários e da sociedade civil como um todo.

### **2.1.3 Novos Organismos Introduzidos pela Lei 9.433/97**

A nova estrutura institucional estabelecida pela lei é baseada fortemente em novos organismos, os quais serão examinados a seguir. É importante ressaltar que o novo sistema se sobrepõe à estrutura existente, mas não se opõe a ela, mantendo inclusive a maioria das competências dos organismos existentes. As novas organizações foram criadas para adaptar-se a uma nova modalidade de gestão, muito mais descentralizada e participativa e tendo a bacia hidrográfica como base territorial, e não divisões político-administrativas. O novo sistema pode ser considerado inovador no país, principalmente no que diz respeito à parceria entre o governo, nas suas diferentes esferas, e a sociedade civil para a gestão de um bem de domínio público, que é a água.

Os novos organismos são os seguintes:

- Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) / Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos

São os organismos políticos responsáveis pela supervisão, normatização e regulação do Sistema Nacional/Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos. A maioria dos Estados já dispõe de seu Conselho Estadual de Recursos Hídricos, embora nem todos

funcionando regularmente, e na esfera federal o CNRH é ativo desde 1998 (FORMIGA-JOHNSSON e LOPES, 2003).

➤ Organizações Cíveis de Recursos Hídricos

São entidades que realizam estudos e atuam na área de planejamento e gestão de recursos hídricos e que passam a poder participar efetivamente no sistema, seja nos próprios processos decisórios seja no monitoramento das ações.

➤ Comitês de Bacia Hidrográfica

São organizações novas na administração do “bem público água” no Brasil, pois além de representantes do governo, nos seus diferentes níveis, são constituídas por representantes da sociedade civil organizada e pelos próprios usuários das bacias. Aliás, é importante destacar que os representantes dos poderes executivos da União, Estados, Distrito Federal e municípios não podem ultrapassar a metade do total de membros. Nos casos de rios que passem pela fronteira do Brasil ou que não tenham todo o seu curso contido em território nacional, a representação da União deverá incluir o Ministério das Relações Exteriores. No caso de rios que passem por terras indígenas, deverá haver representatividade da FUNAI e das comunidades indígenas em referência.

Os comitês podem ser encarados como verdadeiros “parlamentos das águas”, constituindo-se nos fóruns decisórios de cada bacia hidrográfica. A eles cabe, por exemplo, arbitrar os conflitos de usuários em primeira instância; propor isenção de outorga para usos pouco expressivos; propor mecanismos de cobrança pelo uso dos recursos hídricos e estabelecer valores a serem cobrados; promover rateio do custo das obras de uso múltiplo, entre outras atribuições.

Como a Lei 9.433/97 não torna obrigatória a criação de comitês para todas as bacias, a tendência é que eles sejam formados apenas onde houver conflitos reais ou potenciais de usos dos recursos hídricos e onde houver interesse por parte dos usuários, do governo e/ou do restante da comunidade local.

Estima-se que atualmente já exista mais de uma centena de comitês de bacia, notadamente nas regiões Sudeste e Sul, sendo a maioria deles criados no âmbito dos sistemas estaduais de recursos hídricos (FORMIGA-JOHNSSON e LOPES, 2003).



Figura 2.1 – Comitês de bacias hidrográficas existentes (maio de 2003)

(fonte: FORMIGA-JOHNSSON e LOPES, 2003)

➤ Agências de Bacia

As agências de bacia terão sua área de atuação abrangendo um ou mais comitês de bacia hidrográfica, tendo sua criação condicionada à sua viabilidade financeira e à prévia existência de pelo menos um comitê correspondente. Elas poderão adquirir a personalidade jurídica que melhor se ajustar às condições particulares da sua área de atuação (fundação de direito privado, empresa estadual, associação de usuários,

consórcio intermunicipal, etc.). Também são órgãos inteiramente novos no país, podendo ser considerados o “braço técnico-executivo” do(s) respectivo(s) comitê(s).

As agências de bacia são organismos de capital importância para o funcionamento do sistema, na medida em que são os responsáveis por arrecadar e gerir os recursos oriundos da cobrança pelo uso dos recursos hídricos. Outras de suas principais competências são as seguintes:

- ✓ Manter balanço atualizado da disponibilidade de recursos hídricos na sua área de atuação;
- ✓ Manter o cadastro de usuários (até para poder efetuar, mediante delegação do outorgante, a cobrança pelo uso dos recursos hídricos);
- ✓ Analisar e emitir pareceres sobre projetos e obras a serem custeados pelos recursos oriundos da cobrança;
- ✓ Gerir o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos em sua área de atuação;
- ✓ Elaborar o Plano de Recursos Hídricos para apreciação do(s) respectivo(s) comitê(s);
- ✓ Propor ao(s) respectivo(s) comitê(s) o enquadramento dos corpos d'água nas classes de uso, os valores a serem cobrados pelo uso dos recursos hídricos, o plano de aplicação dos recursos e o rateio de custos das obras de uso múltiplo.

Embora existam há algum tempo estudos e até propostas legais para a criação de agências de bacias, somente recentemente esses organismos estão sendo criados e instalados: a agência de bacia do comitê do Alto-Tietê foi instalada em dezembro de 2001, a Agência de Bacia do rio Paraíba do Sul (AGEVAP) foi instalada em setembro de 2004; e a agência de bacia do Comitê Piracicaba/Capivari/Jundiá iniciou o seu funcionamento em 2006.

Além destes novos organismos criados pela Lei 9.433/97, é válido ressaltar que demais organismos já existentes ou implementados posteriormente também assumem

importantes papéis neste novo quadro institucional. Segue uma breve explicação e uma figura ilustrativa:

➤ Secretaria de Recursos Hídricos (SRH/MMA)

Entidade federal, criada em 1995, encarregada de formular a Política Nacional de Recursos Hídricos, subsidiar a formulação do orçamento da União e atuar como Secretaria Executiva do CNRH.

➤ Agência Nacional de Águas (ANA)

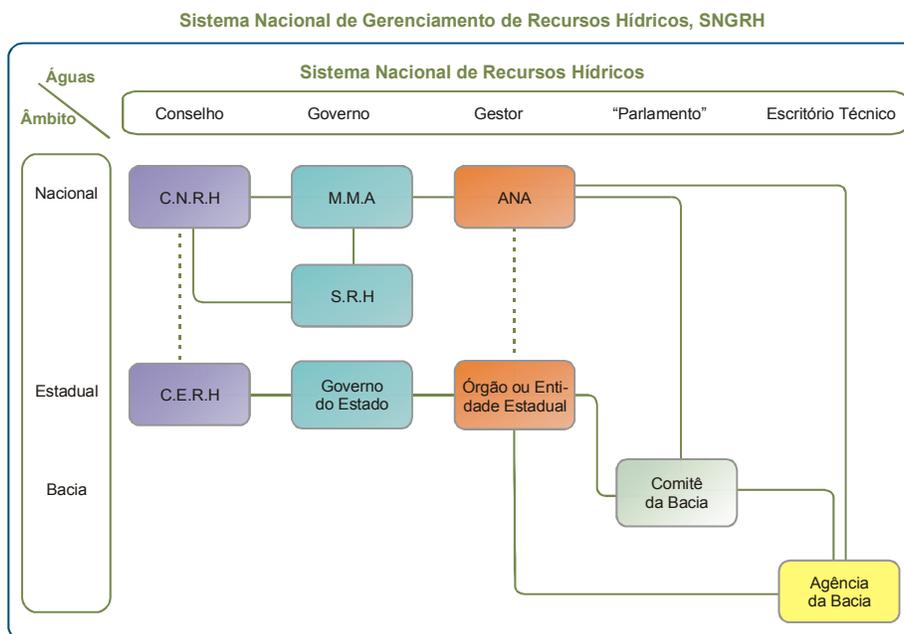
Autarquia especial, criada pela Lei 9.984/2000 (vide capítulo 4.1), responsável pela implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, em articulação com órgãos e entidades públicas e privadas integrantes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

➤ Gestor estadual de recursos hídricos

Órgão central e coordenador do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos que possui, em sua esfera de atuação, competências similares à ANA, com destaque para a outorga e fiscalização do uso de recursos hídricos de domínio do Estado. Enquanto que alguns Estados já contavam com tais instituições, outros criaram órgãos gestores específicos quando das suas reformas estaduais.

➤ Fundo Estadual de Recursos Hídricos

Órgão responsável pelo suporte financeiro do sistema de gestão das águas. Apesar de proposto em quase todas as leis de águas estaduais, este organismo não tem sido operacionalizado devido principalmente às dificuldades na implementação da cobrança pelo uso da água (FORMIGA-JOHNSON e LOPES, 2003).



**Figura 2.2 - Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos**  
**(Fonte: PEREIRA e FORMIGA-JOHNSON, 2003)**

## 2.2 O Projeto de Lei 1.616/99

O Projeto de Lei 1.616/99, ainda em tramitação no Congresso Nacional, visa a regulamentar a Lei 9.433/97, principalmente no que diz respeito à sistemática de outorgas e ao estabelecimento da cobrança pelo uso da água.

Além de abordar aspectos não contemplados claramente na “Lei das Águas”, como a natureza jurídica e a forma de atuação das Agências de Bacia, o regime de racionamento em períodos críticos e as águas subterrâneas, o referido projeto de lei prevê os seguintes pontos que merecem destaque na ótica deste trabalho:

- A outorga referente à diluição de efluentes será com base na vazão de diluição<sup>2</sup>, a qual pode variar ao longo do prazo de duração da outorga em função da

---

<sup>2</sup> Vazão necessária para diluir o poluente em questão até uma concentração igual à concentração de enquadramento. Este conceito será discutido com maior profundidade mais adiante neste trabalho.

concentração máxima de cada indicador de poluição estabelecida pelo Comitê de Bacia ou, na falta deste, pelo poder outorgante;

- A vazão passível de outorga poderá variar sazonalmente, em função das características hidrológicas;
- O lançamento de efluentes que apresentem qualidade superior à da água captada no mesmo corpo hídrico e a operação de reservatórios, quando resultar em melhoria do regime fluvial, poderão ser objeto de redução da cobrança.

Pelo acima exposto, pode-se notar que este projeto de lei já prevê melhorias ao sistema de outorga e cobrança hoje existente. Estas novas propostas serão abordadas mais adiante neste trabalho.

Finalmente, é válido ressaltar que o PL 1.616/99 ainda está em tramitação no Congresso Nacional e, sendo assim, ainda está sujeito a alterações.

### **3 Cobrança pelo Uso da Água**

#### **3.1 Base Legal**

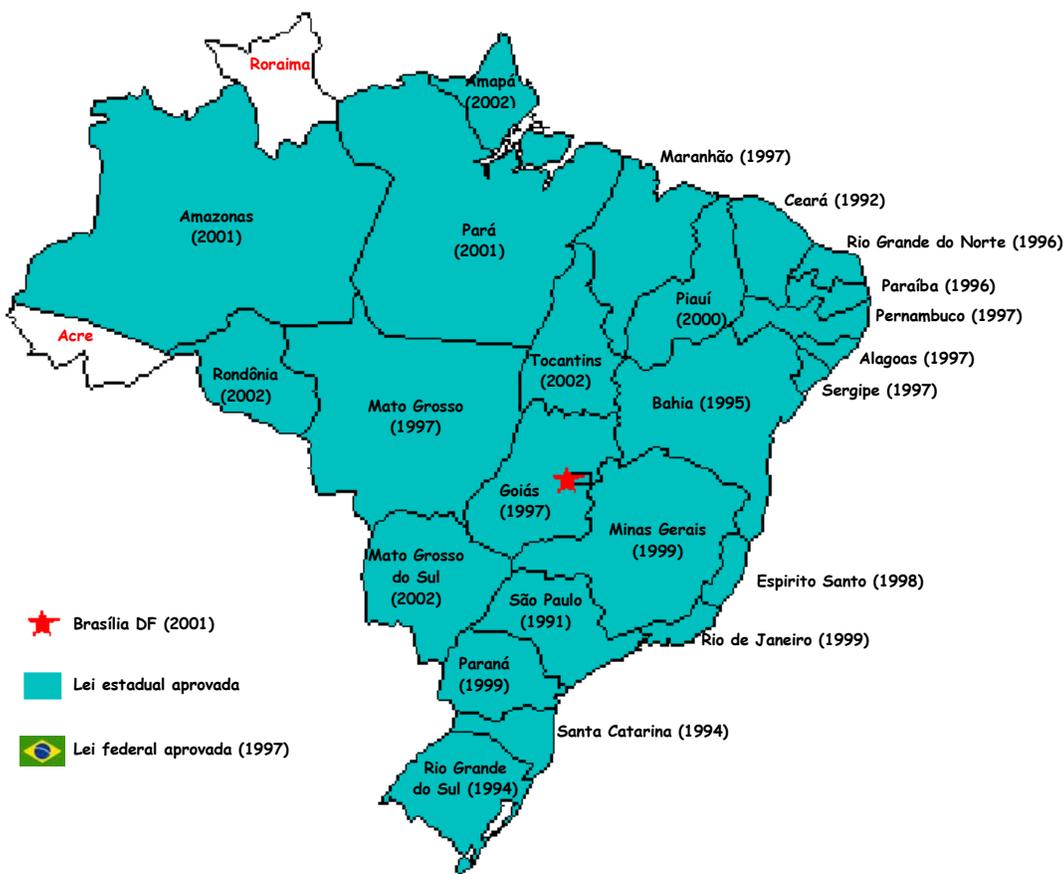
Fundamentos legais para a cobrança podem ser encontrados desde o Código Civil de 1916, que estabelece que a utilização de bens públicos de uso comum pode ser gratuita ou retribuída (ANA, 2004b). Na mesma linha, o Código de Águas, Decreto-lei 24.642/34, estabeleceu que o uso comum das águas pode ser gratuito ou retribuído, de acordo com os dispositivos legais vigentes na circunscrição administrativa a que pertencerem (*Ibid.*).

Posteriormente, a Lei 6.938/81, que instituiu a Política Nacional de Meio Ambiente no país, abriu a possibilidade de os poluidores e predadores serem obrigados a recuperar e/ou indenizar os danos ambientais causados e de os usuários serem cobrados pela utilização de recursos naturais com fins econômicos.

Finalmente, conforme já mencionado anteriormente, a Lei 9.433/97 definiu a cobrança pelo uso da água como um dos novos instrumentos de gestão da Política Nacional de Recursos Hídricos. É válido ressaltar que, desde a aprovação desta lei, a cobrança não passou a ser obrigatória no país. A política adotada pela ANA prevê a sua implementação apenas em bacias nas quais já existam comitês organizados, que decidam democraticamente pela adoção da cobrança, assim como pelos seus valores e condições de aplicação. No entanto, uma vez instituída a cobrança na bacia e definidas suas regras de aplicação, o pagamento torna-se obrigatório, constituindo a inadimplência uma infração legal.

Também é interessante ressaltar que a Lei 9.984/00, que instituiu a ANA, já delega a esta Agência a função de implementar a cobrança nas bacias de domínio federal, em articulação com os respectivos comitês. Conforme também já mencionado neste trabalho, esta Lei implementou a cobrança pelo uso da água no setor hidrelétrico.

Quanto ao âmbito estadual, atualmente vinte e cinco Estados e o Distrito Federal já aprovaram suas leis sobre Política e Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos (junho de 2004), sendo que todas elas prevêm a cobrança pelo uso da água como instrumento de gestão (ANA, 2004b). São Paulo foi o Estado pioneiro do processo, tendo aprovado sua lei em 1991. Sob sua inspiração, mas com variantes institucionais, veio a lei estadual do Ceará. Os demais Estados foram sucessivamente discutindo e aprovando suas leis, com maior ou menor rapidez, graças principalmente à disseminação das experiências pioneiras ocorrida no âmbito da ABRH. Os Estados da região Norte foram os que mais tardiamente aprovaram suas leis, sendo que Roraima é o único Estado do país ainda sem sua própria “lei de águas”. Também é interessante destacar que o Estado de Minas Gerais e o Distrito Federal consideraram necessário substituir suas leis de águas aprovadas anteriormente, a fim de adequá-las à lei federal, aprovada somente em 1997. A figura a seguir ilustra esta dinâmica de aprovação de leis. Ela está desatualizada, pois o Acre recentemente já aprovou sua lei estadual (FORMIGA-JOHNSSON e LOPES, 2003).



**Figura 3.1 – Dinâmica de aprovação das leis das águas no Brasil  
(fonte: FORMIGA-JOHNSSON e LOPES, 2003)**

Apesar dos inúmeros estudos, eventos, relatórios, artigos e teses abordando a cobrança pelo uso da água, somente duas iniciativas estão operacionais no país até o momento. A primeira delas é no Estado do Ceará, que vem cobrando pela utilização dos recursos hídricos desde 1996, numa iniciativa pragmática que vem sendo gradativamente ampliada. A outra é na Bacia do rio Paraíba do Sul, de domínio federal, em que, por iniciativa conjunta da ANA e do CEIVAP, a cobrança foi iniciada em 2003.

## **3.2 A Cobrança e a Questão Ambiental**

### ***3.2.1 Contexto Internacional***

Embora a Questão Ambiental não evolua de forma homogênea e simultânea em cada país, é possível identificar um fio condutor ao longo das últimas décadas. No final da década de 60 e durante a década de 70, as instituições e as políticas ambientais estavam sendo estruturadas, apresentando via de regra uma ótica essencialmente corretiva. Já na década de 80, frente às evidências da vulnerabilidade mundial com relação à escassez dos recursos naturais, o enfoque tornou-se preventivo. Até então, a Gestão Ambiental Pública era baseada nos chamados “instrumentos de comando e controle” e os conflitos entre empresas, governos nas diferentes esferas e sociedade eram diversos (MAGRINI, 2001).

A partir da década de 90, já sob influência do conceito de desenvolvimento sustentável, muitas empresas passaram a agir de forma pró-ativa, introduzindo seus próprios mecanismos de gestão ambiental, buscando ganhar mercado através do “marketing verde”. Esta foi a época da confecção e da rápida disseminação da série de normas ISO 14000. No âmbito da Gestão Pública, frente ao notório insucesso dos instrumentos de comando e controle para disciplinar a preservação ambiental, buscou-se instrumentos alternativos, menos punitivos, principalmente em países europeus. Neste contexto, surgem os conceitos de selos ambientais, auditorias voluntárias, conciliações de conflitos e, principalmente, instrumentos econômicos (MAGRINI, 2001).

Estes instrumentos econômicos são uma forma interessante, não convencional, de disciplinar o uso dos recursos naturais. Já que simplesmente proibir ou restringir é inviável ou pouco eficaz (por diversas razões que fogem ao escopo deste trabalho), cobra-se por este uso, fazendo com que o usuário internalize os custos ambientais causados por ele e, assim, tenha um forte estímulo a racionalizar tal uso.

### **3.2.2 Contexto Nacional**

A evolução das políticas ambientais no Brasil foi relativamente similar ao quadro internacional. Embora já houvesse normativas ambientais anteriores, na prática, a estruturação do setor começou na década de 70 e uma Política Nacional de Meio Ambiente só foi instituída pela Lei 6.938 de 1981. Esta lei prevê instrumentos até hoje em uso, como o zoneamento ambiental, o licenciamento de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras e o sistema de Unidades de Conservação. A Constituição de 1988 veio reforçar a política ambiental brasileira, além de dar mais autonomia aos municípios no campo ambiental. No entanto, a ótica permanece corretiva e preventiva, com uso generalizado de instrumentos de comando e controle. Neste ponto, o Brasil ainda encontra-se bastante distante das melhores práticas de gestão ambiental internacionais, as quais apontam para uma visão muito mais integradora do que punitiva (MAGRINI, 2001).

Uma honrosa exceção a este quadro é a Lei 9.433/97, que além de trazer conceitos de formação de parcerias, negociações e soluções de conflitos em níveis locais, instituiu o instrumento econômico de cobrança pelo uso da água. Nas palavras de MAGRINI (2001, p.147), “o gerenciamento de recursos hídricos no Brasil pode portanto vir a constituir-se no primeiro exemplo significativo de gestão ambiental cooperativa podendo servir como modelo para a reformulação do próprio Sistema Nacional de Meio Ambiente”.

### **3.3 O “Espírito” da Cobrança**

Convém ressaltar que o “espírito” da cobrança pelo uso da água, assim como todo o restante da Lei 9.433/97, não é preponderantemente ambientalista. A cobrança pelo uso da água e os demais instrumentos de gestão recém introduzidos possuem um propósito bastante específico: garantir para esta e para as próximas gerações a disponibilidade de água bruta em uma qualidade mínima aproveitável (a ser estipulada por cada bacia). Em outras palavras, tais instrumentos não foram criados meramente como mais uma tentativa de reduzir a poluição dos rios (ótica ambientalista), e sim como novas “armas”

para combater um problema bem específico e que preocupa cada vez mais: a falta de água em condições mínimas de aproveitamento. Logicamente, esta problemática possui um enorme viés sócio - econômico, visto que a água é um insumo básico para quase todos os tipos de indústrias e demais atividades econômicas, além de ser indispensável para o consumo do próprio ser humano.

O que vem acontecendo ano após ano, e numa intensidade cada vez maior, é que a velocidade de indisponibilização de água pela Humanidade tem sido bem maior que a velocidade com que os fenômenos naturais conseguem repô-la. Com isso, embora o volume total de água no sistema Terra - atmosfera seja constante ao longo do tempo, o volume de água aproveitável economicamente pelo homem é cada vez menor. Isso porque as águas doces superficiais, de mais barato aproveitamento, estão atingindo um grau de degradação tamanho, que se torna inviável tratá-las em grandes escalas.

Trata-se do caso que ocorreu em 2003 no Rio Guandu, ameaçando o abastecimento de 8,5 milhões de pessoas na Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Devido a um ciclo de baixa pluviosidade nas cabeceiras do Rio Paraíba do Sul, que tem cerca de 2/3 (dois terços) das suas águas transpostas para o Guandu mais a jusante, este rio apresentou uma forte queda em suas vazões. No entanto, ainda havia volume de água o suficiente para abastecer as tais 8,5 milhões de pessoas com folga. O problema foi que estas baixas vazões causaram um aumento na concentração dos poluentes, tornando a água quase que intratável e, justamente por isso, chegando bem perto de secar as torneiras do Grande Rio.

Em resumo, mais que recuperar a qualidades dos mananciais, com vistas a melhorar as condições dos ecossistemas locais, a cobrança pelo uso dos recursos hídricos visa a resolver o urgente problema econômico de escassez de um insumo básico para a vida humana: a água bruta em uma qualidade mínima.

Justamente por esta razão, entende-se que a cobrança deve estar relacionada diretamente com o grau de indisponibilização de água gerado pelo usuário na bacia. Em outras palavras, para se definir qual o valor a ser cobrado de cada usuário, deve se considerar

primordialmente o quanto ele prejudica os demais usuários da bacia, sejam eles existentes ou potenciais. Questões como a capacidade econômica do usuário e o setor a que ele pertence, se consideradas, devem assumir importância secundária. Este entendimento é abordado novamente mais adiante e é um pressuposto básico deste trabalho.

### **3.4 A Outorga e a Cobrança**

A Lei das Águas é bem explícita ao afirmar que “serão cobrados os usos de recursos hídricos sujeitos a outorga”. Isso significa que, embora até possa haver outorga sem cobrança, não pode existir cobrança sem a correspondente outorga.

Esta tão estreita relação fica bastante óbvia ao se ressaltar que o pagamento não é pelo uso da água, e sim pelo direito de uso. Ou seja, os usuários pagam pelos valores que lhes foram outorgados, mesmo que não usem as vazões outorgadas em sua totalidade. Por exemplo, caso um usuário tenha outorga para captar 1 m<sup>3</sup>/s e diluir 30 g/s de DBO numa dada bacia, mas na prática só capte 0,5 m<sup>3</sup>/s e dilua 10 g/s, a cobrança a ser aplicada considerará o 1m<sup>3</sup>/s e os 30 g/s.

O que à primeira vista pode parecer injusto, é, na verdade, plenamente justificável. Isto porque a outorga é uma garantia de disponibilidade hídrica, a qual possui um valor econômico e deve ser cobrada, sendo ou não exercida na sua plenitude. Em outras palavras, mesmo que o usuário hipotético do parágrafo anterior não capte o 1 m<sup>3</sup>/s a que ele tem direito, esta vazão estará reservada para ele e, portanto, indisponível para outros usuários. A cobrança é sobre esta reserva, e não sobre o uso em si. Da mesma forma, mesmo diluindo somente 10 g/s, outros usuários diluidores de DBO estarão sendo restringidos considerando-se a reserva de uma vazão de diluição correspondente a 30 g/s.

Em resumo, a cobrança no Brasil é sempre relativa à respectiva outorga de direito de uso. No entanto, apesar das vantagens desta vinculação direta, é inegável que um sistema em que a cobrança fosse baseada no uso efetivamente praticado (medido)

induziria mais fortemente a racionalização do uso da água. Este caso ocorre na França, onde os sistemas de outorga e cobrança são nitidamente desvinculados, inclusive em termos de banco de dados (FORMIGA-JOHNSSON, 2006).

Uma das maiores dificuldades para se aplicar a cobrança pelo uso da água às UHE's seguindo critérios técnicos é, portanto, a singularidade da sua outorga. Na verdade, trata-se de uma reserva de disponibilidade hídrica que, após a concessão da ANEEL, transforma-se automaticamente em uma outorga. Como tal outorga não expressa explicitamente o quanto de água será reservado para captação, consumo ou diluição de poluentes, fica bem mais complexo quantificar a cobrança correspondente.

### **3.5 Tipos de Uso e a Cobrança**

Com base no exposto no item anterior, é lógico e natural que a cobrança pelo uso da água siga o mesmo padrão das outorgas e tome como base a classificação tradicionalmente utilizada para os diferentes tipos de uso:

➤ **Captação**

É o uso que considera a quantidade total de água captada pelo usuário na bacia de interesse.

➤ **Consumo**

É o uso que considera a quantidade total de água captada pelo usuário na bacia de interesse subtraída da quantidade que é devolvida à mesma; ou seja, considera a quantidade de água efetivamente consumida pelo usuário.

➤ **Diluição**

É o uso que considera a quantidade total de cada poluente lançado pelo usuário na bacia de interesse. Quando a base de cálculo escolhida é a vazão de diluição,

esta quantidade é expressa em quantidade equivalente de água necessária para diluir o poluente até a sua concentração de enquadramento.

No caso do uso diluição, convém ressaltar que, além de diluir os poluentes, o rio “presta o serviço” de transportar e dar destinação final (ainda que não a mais adequada) aos efluentes do usuário. Além disso, também é válido destacar que a cobrança por diluição consegue e prefere considerar apenas um número finito de poluentes. Por exemplo, no caso da cobrança recém implantada na Bacia do Paraíba do Sul, preferiu-se considerar somente o parâmetro DBO.

### **3.6 O Enquadramento e a Cobrança**

Outro instrumento de íntima relação com a cobrança pelo uso da água é o enquadramento dos corpos d' água em classes, segundo seus usos preponderantes.

Primeiramente, há que se ressaltar que o enquadramento é uma decisão não só ambiental, mas acima de tudo econômica. Quanto mais elevada a qualidade de água pretendida para o rio, maiores serão os custos a serem arcados pelos usuários (tratamento de efluentes, reuso, tecnologia mais limpas, etc.). Tais custos podem ser tão elevados a ponto de inviabilizarem determinadas atividades econômicas, desestimularem a vinda de novos usuários e/ou estimularem a saída dos atuais. Por outro lado, uma qualidade de água muito baixa, além dos óbvios problemas estéticos e sanitários, pode igualmente ser indesejável, na medida que impõe custos de tratamento muito elevados aos usuários.

O enquadramento ideal deve encontrar o ponto intermediário ótimo para cada parâmetro de qualidade de água que seja relevante na bacia. Logicamente, a definição de quais são estes parâmetros e quais as respectivas concentrações admissíveis pode e deve variar de bacia para bacia, de acordo com as deliberações dos respectivos comitês.

Vale ressaltar que a recente revisão da famosa Resolução CONAMA 20/86 (atual Resolução 357/04) veio ratificar esta autonomia dos comitês. Embora ainda exista a

rígida divisão em determinadas classes de uso de água, cada qual com uma lista enorme de parâmetros a serem observados, abriu-se a possibilidade de os comitês estabelecerem metas intermediárias progressivas. Desta forma, fica entendido que a qualidade de água tão rigidamente especificada pelo CONAMA será uma meta final, e não imediata, em cada bacia.

Embora o enquadramento se relacione com a cobrança em diversas formas, a mais direta é através da parcela devido ao uso diluição. Conforme proposto no PL 1.616/99, existe uma tendência de se cobrar tal parcela com base na vazão de diluição, a qual é inversamente proporcional à concentração de enquadramento de cada poluente considerado. Quanto menor (mais restritiva) for esta concentração, maior será a vazão de diluição para uma determinada carga poluente. Sendo assim, maiores serão as cobranças por esta parcela e menos outorgas poderão ser concedidas na bacia, limitando seu desenvolvimento econômico.

Desta maneira, fica patente que concentrações exageradamente restritivas de enquadramento (muitas vezes pretendidas por órgãos ambientais) gerariam cobranças absurdamente elevadas e inviabilizariam outorgas para uma série de usuários existentes e/ou potenciais.

### **3.7 Impactos por Tipo de Uso**

Como os três usos clássicos (fatos geradores) considerados para a outorga são a captação, a diluição de efluentes e o consumo e como este trabalho entende que a cobrança deve refletir o grau de indisponibilização hídrica gerado por cada usuário, faz-se a seguir uma breve discussão dos impactos causados por cada um destes usos sobre a disponibilidade hídrica dos demais usuários da bacia. Para facilitar a explicação e o entendimento, serão analisados usuários exclusivamente captadores, diluidores ou consumidores, embora tais usuários sejam bastante raros na prática. Em outras palavras, quando se discutir o impacto do uso captação, se considerará que o único uso praticado por aquele usuário é a captação. O mesmo vale para as explicações referentes ao

consumo e à diluição. Para maiores detalhes e exemplos didáticos sobre estes impactos, consultar THOMAS (2002, pp. 61-67).

### **3.7.1 Captação**

É bastante claro que um usuário exclusivamente captador (uso não consuntivo) não afeta nenhum usuário a jusante, na medida em que este tipo de uso pressupõe a devolução de toda a água retirada do rio e nas mesmas condições de qualidade.

Entretanto, não se pode afirmar o mesmo para os usuários a montante. Para que a vazão que o usuário vai captar esteja realmente disponível para ele, é preciso que os usuários consumidores a montante sejam restringidos, salvaguardando, além da chamada vazão ecológica, a vazão reservada para o captador mais a jusante. Diluidores e demais captadores a montante não são impactados.

Sendo assim, o uso captação reduz a disponibilidade hídrica para usuários consumidores, situados a montante.

### **3.7.2 Diluição**

O uso diluição afeta usuários a montante e a jusante. Na verdade, como tal uso requer a alocação (reserva) de uma vazão de diluição na bacia, necessária para diluir o efluente lançado até a concentração de enquadramento, todos os outros usuários diluidores do mesmo poluente são afetados (seja a montante ou a jusante), na medida que a vazão disponível para diluir seus efluentes fica reduzida. Também convém ressaltar que, em qualquer ponto da bacia, usuários diluidores de outros poluentes, os quais possam apresentar efeitos sinérgicos com o poluente em questão, trazendo efeitos maléficos à bacia, também ficam restringidos.

Quanto aos usuários captadores, tanto os de montante como os de jusante não são afetados, pois usam e devolvem água na mesma quantidade e qualidade que captaram.

Considerando que as concentrações de enquadramento são aceitáveis para todos os usuários da bacia, os captadores a jusante de diluidores podem captar parte da vazão de diluição dos mesmos sem maiores transtornos e, desta forma, não são afetados por eles.

Quanto aos usuários consumidores, somente os de montante são afetados por usuários diluidores. Como estes usuários demandam a alocação de uma vazão de diluição, os consumidores a montante ficam restringidos em sua possibilidade de retirar água da bacia sem devolução. Já os de jusante, pelas mesmas razões do captadores de jusante, não são afetados.

Sendo assim, o uso diluição reduz a disponibilidade hídrica para usuários consumidores, situados a montante, e para diluidores do mesmo poluente, situados a montante ou a jusante.

### **3.7.3 Consumo**

O uso consumo foi deixado por último por ser, certamente, o mais impactante dos três.

Como captadores não causam impacto algum a usuários a jusante e diluidores só prejudicam a jusante outros diluidores do mesmo poluente (conforme explicado nos itens anteriores), o uso consumo só prejudica a montante outros usuários consumidores, os quais ficam restringidos pela vazão que deve ser salvaguardada para o consumidor de jusante.

No entanto, devido à redução de vazão no rio propiciada pelo uso consumo, todos os usuários a jusante são prejudicados. Os captadores e consumidores têm uma menor vazão disponível para sua retirada e os diluidores têm uma menor vazão disponível para diluição de seus efluentes até a concentração de enquadramento.

Sendo assim, o uso consumo reduz a disponibilidade hídrica para outros usuários consumidores, situados a montante, e para todos os tipos de usuários a jusante.

A tabela abaixo resume os impactos discutidos acima:

**Tabela 3.1 – Resumo dos impactos de um usuário sobre os outros, relativos a cada tipo de uso da água (fonte: THOMAS, 2002)**

POTENCIAL IMPACTO A MONTANTE	TIPO DE USUÁRIO	POTENCIAL IMPACTO A JUSANTE
CONSUMIDORES	CAPTADOR	-
CONSUMIDORES	CONSUMIDOR	CAPTADORES, CONSUMIDORES E DILUIDORES (qualquer poluente)
CONSUMIDORES E DILUIDORES (mesmo poluente)	DILUIDOR	DILUIDORES (mesmo poluente)

Fica claro então que a captação é o uso menos impactante e o consumo é o mais impactante.

### **3.8 Novas Propostas para a Cobrança**

É notório que as atuais fórmulas de cobrança pelo uso da água no Brasil (tanto a já implantada no Paraíba do Sul como as demais iniciativas pelo país) são bastante simples e imperfeitas. Na verdade, trata-se de uma tática proposital com o intuito de se “vencer a inércia” e se conseguir implementar o sistema de cobrança no país. Este pragmatismo é realmente indispensável nesta fase inicial quando, mais do que nunca, é fundamental que todos os atores da bacia compreendam e aceitem a fórmula da cobrança.

No entanto, tamanha simplificação nas fórmulas de cobrança traz problemas, na medida em que diversos aspectos notoriamente relevantes deixam de ser considerados.

Sendo assim, conforme o sistema ganhe credibilidade e aceitação pública, espera-se que as fórmulas sejam aperfeiçoadas de maneira a refletir, da melhor maneira possível, a real influência de cada usuário na disponibilidade hídrica da bacia.

Com este intuito, já existem várias propostas de melhorias para as atuais fórmulas de cobrança. Algumas das mais pertinentes, na ótica deste trabalho, são as seguintes<sup>3</sup>:

➤ Vazão de Diluição:

Conforme proposto no PL 1.616/99, é mais vantajoso cobrar o uso diluição não por concentração ou por carga de efluentes lançados, mas sim pela vazão necessária para diluir aquela quantidade de poluentes até a concentração de enquadramento (vazão de diluição).

Esta opção permite uma maior integração entre a gestão da qualidade e da quantidade das águas, na medida em que permite que se cobre por diluição também utilizando o m<sup>3</sup> como base de cálculo. Além disso, esta nova forma de cobrar torna direta a influência da concentração de enquadramento no valor da parcela por diluição. Com isso, fica claro para todos que quanto mais restritivo for o enquadramento, maiores serão os valores desta parcela.

Atualmente, existem várias pesquisas em andamento sobre como considerar a vazão de diluição na cobrança, especialmente em casos em que mais de um poluente for considerado. Um estudo interessante a este respeito, incluindo simulações de valores de cobrança, pode ser encontrado no Relatório para o Fundo Setorial de Recursos Hídricos realizado pela COPPE (ÁREA DE RECURSOS HÍDRICOS / COPPE / UFRJ, 2004).

➤ “Balanço de Cargas”:

Trata-se de mais uma proposta para a parcela diluição. As formulações atuais de cobrança consideram exclusivamente a concentração de poluentes no efluente do

---

<sup>3</sup> As propostas apresentadas neste item 3.8 provêm de longas e numerosas discussões ocorridas tanto junto à equipe do Laboratório de Hidrologia da COPPE/UFRJ, como também nas próprias aulas do mestrado em Engenharia Civil, área de Recursos Hídricos (CANEDO DE MAGALHÃES, 2004). Algumas delas já são inclusive abordadas no já citado PL 1.616/99.

usuário, sem que seja levada em conta a concentração na água captada pelo próprio. Por exemplo, se um usuário capta água com uma DBO de 20 mg/l e lança seus efluentes com uma DBO de 10 mg/l, ele é cobrado com base neste último valor. No entanto, é claro que este usuário está na verdade “limpando” o rio, e não o poluindo.

Sendo assim, a proposta é que a parcela da diluição faça um balanço entre a carga de poluentes captada e a carga devolvida ao rio. Com isso, o usuário será cobrado somente pelo quanto a mais ele poluiu.

Seguindo este raciocínio, a vazão de diluição deve ser calculada da seguinte forma:

$$Q_{dil} = \frac{(Q_{eflu} \times C_{eflu} - Q_{aflu} \times C_{aflu})}{C_{meta}} \quad (1)$$

Onde:

$Q_{dil}$  = vazão de diluição;

$Q_{eflu}$  = vazão efluente;

$C_{eflu}$  = concentração do poluente em questão no efluente;

$Q_{eflu} \times C_{eflu}$  = carga efluente;

$Q_{aflu}$  = vazão afluyente;

$C_{aflu}$  = concentração do poluente em questão no afluyente;

$Q_{aflu} \times C_{aflu}$  = carga afluyente;

$C_{meta}$  = concentração de enquadramento do poluente

Vale destacar que, conforme proposto no PL 1.616/99, nos casos em que a concentração efluente for inferior à afluyente, isto é, quando o usuário estiver “despoluindo o rio” (ainda que involuntariamente), ele teria direito a um desconto no valor total da cobrança, com a parcela do uso diluição assumindo sinal negativo. No entanto, a legislação brasileira em vigor impede que o valor total da cobrança (considerando as

parcelas pelos três usos) assuma sinal negativo, ou seja, que o usuário seja credor do comitê<sup>4</sup>.

➤ Outorgas e cobranças sazonais:

Em geral, as vazões fluviais são bastante variáveis ao longo do ano, acompanhando principalmente a precipitação ocorrida nas bacias hidrográficas. Além disso, em boa parte do país é possível dividir o ciclo hidrológico anual em dois grandes períodos, o seco e o chuvoso.

A vazão total outorgável em uma bacia deve ser um valor mínimo, de modo que os usuários não sejam atendidos integralmente apenas em casos excepcionais. Ora, como atualmente a vazão outorgável (e conseqüentemente a cobrança) é constante ao longo do ano, durante todo o período chuvoso, embora o rio apresente uma vazão confortavelmente maior que esta vazão total outorgável, este excedente de água não é aproveitado (oficialmente) pelos usuários.

Conforme o sistema amadureça, é esperado que os comitês incentivem outorgas sazonais para corrigir este desvio e possibilitar um aproveitamento mais intensivo da água. Para tal, uma medida óbvia seria tornar o preço unitário da água maior durante o período seco, o que seria um incentivo econômico para os usuários se reorganizarem de maneira a usar menos água nesta época e mais água nos meses chuvosos.

➤ Cobrança com base na escassez hídrica:

Como um dos principais objetivos da nova Política Nacional de Recursos Hídricos é aumentar a disponibilidade de água nas bacias, é natural que se busque uma forma de a

---

<sup>4</sup> Como a Política Nacional de Recursos Hídricos está no âmbito do Direito Público, ela está submetida ao “Princípio da Legalidade Estrita”. Segundo este, os entes públicos podem praticar apenas o que está expressamente previsto em lei. Sendo assim, como nenhum dispositivo legal prevê explicitamente a possibilidade de um usuário ser credor do sistema, nem mesmo o PL 1.616/99 ainda em discussão, conclui-se que tal possibilidade é vedada pela atual legislação.

cobrança refletir diretamente esta preocupação. Sendo assim, é desejável que as fórmulas de cobrança não se preocupem apenas em “colocar preço” no m<sup>3</sup> de água. É desejável que as novas fórmulas a serem propostas considerem o quanto de água o usuário efetivamente indisponibiliza para o restante da bacia, conforme já descrito neste trabalho. Em outras palavras, a cobrança deve se basear no quanto o usuário interfere na escassez de água da bacia. Para um exemplo interessante de metodologia de cobrança que segue este princípio, ver THOMAS (2002, pp.74-81).

Enfim, como a metodologia proposta neste trabalho não é para imediata aplicação e busca um embasamento técnico-conceitual que seja o maior possível, estas novas propostas serão consideradas sempre que forem aplicáveis.

## **4 Cobrança pelo Uso da Água Aplicada a UHE's**

### **4.1 A Atual Cobrança pelo Uso da Água Aplicada a UHE's**

A atual cobrança pelo uso da água aplicada a UHE's (exceto as PCH's) está intimamente relacionada ao histórico da compensação financeira pela utilização dos recursos hídricos. A Compensação Financeira pelo resultado da exploração de petróleo ou gás natural, de recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica e de recursos minerais foi instituída pela Lei 7.990 de 28 de dezembro de 1989.

#### **4.1.1 Lei 7.990/89**

No seu Artigo 1º, a Lei determina que a compensação financeira remunerará Estados, Distrito Federal e Municípios.

Em relação aos recursos hídricos, o Artigo 2º estipula que o valor de 6% sobre a energia produzida deve ser pago pelos concessionários de energia elétrica.

O Artigo 3º incumbe o DNAEE (hoje a ANEEL) de fixar, com base nas tarifas de suprimento vigentes, uma tarifa atualizada de referência (TAR), para efeito de aplicação das compensações financeiras de maneira uniforme e equalizada sobre toda a hidroeletricidade produzida no País.

As isenções do pagamento da Compensação Financeira estão contempladas no Artigo 4º, abrangendo as UHE's com capacidade nominal igual ou inferior a 10 MW e os autoprodutores.

O Artigo 5º estabelece que, nos casos em que o aproveitamento atingir mais de um Estado ou Município, o rateio das compensações financeiras arrecadadas será proporcional às áreas inundadas.

Os demais artigos desta lei se referem à exploração de outros recursos minerais e, portanto, fogem do escopo deste trabalho.

#### **4.1.2 Lei 8.001/90**

Esta lei definiu os percentuais de distribuição dos recursos oriundos da Compensação Financeira referente aos recursos hídricos:

- 45% aos Estados;
- 45% aos municípios;
- 8% ao DNAEE (hoje ANEEL);
- 2% ao Ministério de Ciência e Tecnologia.

Os percentuais de 45% referentes a Estados e Municípios foram preservados ao longo do tempo, mas os demais 10% sofreram sucessivas revisões.

Outro ponto interessante estabelecido por este dispositivo legal é que, no caso de UHE's beneficiadas por reservatórios de montante, o acréscimo de energia por eles propiciado será considerado como geração associada a estes reservatórios regularizadores.

#### **4.1.3 Demais Dispositivos Legais Aprovados Antes da Lei 9.984/00**

O Decreto nº 1, de 11 de janeiro de 1991, regulamenta o pagamento da Compensação Financeira instituída pela Lei 7.990/89 e inclui os *royalties* devidos pela ITAIPU BINACIONAL. Além de ratificar os principais artigos das Leis 7.990/89 e 8.001/90, este dispositivo legal estabelece como o DNAEE (ANEEL) deve empregar sua cota, detalha a formulação para o cálculo das frações devidas a cada beneficiário de uma determinada UHE e dá outras providências que fogem ao escopo deste trabalho.

A Portaria DNAEE nº 304, de 29 de abril de 1993, estabelece que os concessionários da geração de energia hidroelétrica pagarão suas Compensações Financeiras de acordo com a seguinte fórmula, a ser aplicada pelo DNAEE (ANEEL):

$$CF = GH \times TAR \times P \quad (2)$$

Onde:

CF = valor da Compensação Financeira referente à UHE considerada (unidade monetária);

GH = valor da geração mensal da UHE considerada (MWh);

TAR = valor da Tarifa Atualizada de Referência do mês anterior ao de vencimento, fixada pelo DNAEE (ANEEL) (unidade monetária/MWh);

P = valor percentual fixado em 6% (seis por cento).

A já citada Lei 9.433/97 alterou o percentual distribuído entre os órgãos federais para os seguintes valores:

- 4,4 % à Secretaria de Recursos Hídricos do ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal;
- 3,6 % ao DNAEE (hoje ANEEL);
- 2,0 % ao Ministério de Ciência e Tecnologia.

As Leis 9.427/96 e 9.648/98 alteraram o limite da capacidade nominal máxima de uma UHE isenta de Compensação Financeira de 10 MW para 30 MW.

#### **4.1.4 A Lei 9.984/00 – “Lei da ANA”**

A Lei 9.984/00 cria a Agência Nacional de Águas, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, integrante do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras providências.

Em seu Artigo 28º, esta Lei institui a cobrança pelo uso dos recursos hídricos no setor hidrelétrico com a seguinte redação:

Art 28. O art. 17 da Lei nº 9.648, de 27 de maio de 1998, passa a vigorar com a seguinte redação:

“Art. 17. A compensação financeira pela utilização de recursos hídricos de que trata a Lei nº 7.990, de 28 de setembro de 1989, será de seis inteiros e setenta e cinco centésimos por cento sobre o valor da energia elétrica produzida, a ser paga por titular de concessão ou autorização para exploração de potencial hidráulico aos Estados, ao Distrito Federal e aos Municípios em cujos territórios se localizarem instalações destinadas à produção de energia elétrica, ou que tenham área inválidas por água dos respectivos reservatórios, e a órgãos da administração direta da União.”

“§ 1º Da compensação financeira de que trata o caput”

“I – seis por cento do valor da energia produzida serão distribuídos entre os Estados, Municípios e órgãos da administração direta da União, nos termos do art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, com a redação dada por esta Lei;”

“II – setenta e cinco centésimos por cento do valor da energia produzida serão destinados ao Ministério do Meio Ambiente, para aplicação na implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, nos termos do art. 22 da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e do disposto nesta Lei.”

“§ 2º A parcela a que se refere o inciso II do § 1º constitui pagamento pelo uso de recursos hídricos e será aplicada nos termos do art. 22 da Lei nº 9.433, de 1997.”

Desta forma, esta lei estabeleceu para o setor hidrelétrico a cobrança pelo uso da água com o valor de 0,75% sobre o total de energia gerada. O valor de 6,00 % sobre esta energia, pago a título de Compensação Financeira a Municípios, Estados (e/ou Distrito

Federal) e União permaneceu inalterado<sup>5</sup>. As PCH's, isentas desta Compensação Financeira, também ficaram isentas da cobrança dos 0,75% adicionais pelo uso da água.

A distribuição percentual deste 6,00 %, referente aos órgãos federais, foi alterada para a seguinte configuração:

- 4,4 % Ministério do Meio Ambiente;
- 3,6 % ao Ministério de Minas e Energia;
- 2,0 % ao Ministério de Ciência e Tecnologia.

Além disso, os seguintes pontos merecem ser destacados:

➤ Operação de reservatórios

A ANA passa a ser responsável por fiscalizar a operação dos reservatórios, com o intuito de assegurar os usos múltiplos dos recursos hídricos, conforme disposto nos respectivos planos de bacia. Para tal, condições de operação devem ser definidas em articulação com o Operador Nacional do Sistema (ONS).

➤ Reserva de disponibilidade hídrica

Quando da instalação de uma nova UHE na bacia, deve ser solicitada previamente junto à ANA (ou junto ao órgão gestor estadual, de acordo com a dominialidade do rio) uma reserva de disponibilidade hídrica. Caso a ANEEL defira o pedido de concessão ou autorização, esta reserva de disponibilidade de transforma automaticamente em outorga de direito de uso de recursos hídricos.

---

<sup>5</sup> Na verdade, como este valor de 6% da energia gerada é denominado “compensação financeira pela utilização de recursos hídricos”, não existe um consenso sobre qual o valor que realmente corresponde à cobrança pelo uso da água: 0,75% ou 6,75% da energia gerada.

➤ Outorgas preventivas

A ANA poderá emitir outorgas preventivas no caso de empreendedores que planejem se instalar na bacia e que queiram garantir antecipadamente a disponibilidade hídrica para tal.

#### ***4.1.5 Dispositivos Legais Aprovados Após a Lei 9.984/00***

Após a aprovação da “Lei da ANA”, uma série de novos dispositivos legais referentes à Compensação Financeira têm sido publicados. Pode-se citar, por exemplo, a Lei 9.993/00, que novamente alterou o rateio percentual entre os órgãos federais, incluindo o Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico; o Decreto nº 3.739/01, que dispõe sobre a metodologia de cálculo da TAR e da contribuição energética propiciada por reservatórios de montante; a Resolução ANEEL 394/98, que estabeleceu novos critérios para classificar um empreendimento hidrelétrico em PCH e a Resolução ANEEL 652/03, que revogou a resolução anterior, revisando novamente estes critérios.

No entanto, até o presente momento, nenhum destes novos dispositivos legais alterou o conceito ou o valor total desta mistura de compensação financeira e cobrança pelo uso da água aplicada aos usuários hidrelétricos.

Finalmente, é interessante destacar que a lei que dispõe sobre a cobrança pelo uso da água no Estado do Rio de Janeiro (Lei 4.247/03) prevê, no seu artigo 20º, que as PCH's, isentas pela legislação federal, deverão ser cobradas segundo a mesma fórmula instituída pela Lei 9.984/00 (fórmula (2), com  $P = 0,75\%$ ). Apenas as PCH's com geração inferior a 1 MW são isentas, visto que seu uso é considerado insignificante (artigo 5º). Além disso, o CEIVAP também inclui as PCH's no seu já implementado sistema de cobrança com as mesmas considerações da Lei Estadual 4.247/03, tanto no que se refere à fórmula, quanto no que se refere ao uso insignificante. Por discordar da legalidade desta cobrança do CEIVAP, a CEMIG, detentora de três PCH's na bacia do Paraíba do Sul, entrou na justiça e está pagando em juízo. O CEIVAP e a ANA já

ganharam em primeira instância, mas ainda cabe recurso por parte da CEMIG (THOMAS, 2006).

## **4.2 Cobrança com Isonomia**

Para que o novo arranjo institucional proposto pela Lei 9.433/97 obtenha êxito, é fundamental que a isonomia e a credibilidade do sistema estejam claros para todos os envolvidos (usuários, sociedade civil organizada e as três esferas de governo). Dentro deste novo arranjo, logicamente, a cobrança pelo uso da água é um ponto particularmente sensível e polêmico (por representar um custo a mais para os usuários) e, por isso mesmo, deve estar pautada em critérios que sejam considerados justos, coerentes e objetivos por todos os envolvidos e, de preferência, que possuam uma base científica que os sustentem com firmeza.

Nesta linha, é extremamente indesejável que um setor usuário qualquer seja cobrado com base em uma metodologia totalmente distinta dos demais. Obviamente, tal setor pode se considerar prejudicado e/ou os demais setores podem considerar que ele está sendo beneficiado. Este tipo de desconfiança, que neste caso é até justificável, é extremamente danosa para uma implantação bem sucedida do novo sistema.

Pois é esta justamente a situação atual das UHE's no Brasil. Conforme mostrado no item 4.1, as UHE's pagam 0,75% do valor total da energia gerada a título de pagamento pelo uso dos recursos hídricos, além dos outros 6,00% a título de compensação financeira pela utilização dos recursos hídricos. Além destes valores não terem sido analisados ou propostos pelos comitês de bacia (na verdade, esta cobrança é praticada até mesmo em bacias ainda sem comitês), trata-se de uma cobrança que não segue absolutamente os critérios praticados nas cobranças dos demais setores.

Sendo assim, este trabalho se propõe a analisar como os mesmos critérios aplicados na cobrança de todos os demais setores podem ser aplicados, na medida do possível, às UHE's. Para tal, todos os impactos significativos gerados por estas em suas respectivas

bacias, sejam eles negativos ou positivos, serão classificados em termos dos tradicionais tipos de uso (captação, consumo ou diluição).

Finalmente, deve-se ressaltar que as singularidades do uso da água praticado pelas UHE's são tantas, que a cobrança nunca poderia assumir uma forma exatamente igual a dos outros usuários. O que este trabalho propõe a seguir é uma adaptação, tecnicamente coerente, que reproduza o mais fielmente possível a cobrança aplicada aos demais usuários.

### **4.3 Aplicação dos Critérios Técnicos de Cobrança às UHE's**

#### ***4.3.1 Parcela Devido ao Uso Captação***

Conforme já mencionado neste trabalho, o uso captação somente provoca impacto a consumidores a montante, os quais devem restringir seu consumo para salvaguardar a vazão reservada para o usuário captador.

A primeira questão que surge ao se tentar enquadrar a utilização de água pelas UHE's no uso captação é: qual a vazão a ser considerada como vazão de captação para cada usina? Deveria ser a vazão turbinada (que efetivamente gera energia/riqueza)? Deveria ser a máxima vazão “turbinável” (seguindo o conceito de que se paga pelo direito de uso, e não pelo uso efetivo)? Deveria ser a variação de armazenamento no reservatório durante o mês de processamento? Certamente há argumentos defensáveis para estas e até para outras possibilidades.

Todavia, antes de se escolher uma destas possibilidades e se calcular a cobrança referente a esta parcela, deve-se relembrar alguns pontos fundamentais nesta discussão.

Como a cobrança deve refletir o efeito do usuário sobre a disponibilidade de água na bacia, deve-se discutir primeiramente a real influência das UHE's nos consumidores a montante.

Na verdade, para se definir se uma outorga para um determinado uso pode ou não ser concedida, deve-se comparar, naquele trecho específico, a vazão total já outorgada com a máxima vazão “outorgável”. A determinação deste último valor é crítica para a gestão da bacia, mas envolve uma série de incertezas e subjetividades. Neste ponto, é até recomendável que o Poder Outorgante seja conservador, uma vez que é imprescindível que os usuários tenham a confiança que apenas não serão atendidos integralmente em períodos excepcionalmente secos. Além disso, é sempre válido lembrar que não se pode outorgar o “rio todo”; deve ser mantida uma vazão mínima para garantir a sobrevivência dos ecossistemas existentes. A determinação desta vazão, muitas vezes chamada de “vazão ecológica”, também envolve um altíssimo grau de subjetividade.

No Brasil, para a estimativa de vazões mínimas, costuma-se trabalhar com a  $Q_{7,10}$  (vazão mínima de 7 dias consecutivos, com dez anos de recorrência) ou com a  $Q_{95}$  (vazão com tempo de permanência igual a 95%), sendo esta última preferível, uma vez que dá ao usuário uma noção bem mais concreta do risco hidrológico que ele corre (não ser atendido integralmente em 5% do tempo). Com base na vazão mínima adotada é que as outorgas são analisadas; a vazão máxima outorgável é dada pela vazão mínima adotada subtraída da vazão de restrição (ecológica). No Brasil, como estas vazões de restrição ainda não são estimadas de uma maneira técnica-conceitual, geralmente arbitra-se para elas um percentual da vazão mínima adotada. Por exemplo, pode-se decidir que a máxima vazão outorgável em um determinado trecho da bacia é 70% da  $Q_{95}$  (vazão de restrição = 30% da  $Q_{95}$ ), ou 50% da  $Q_{7,10}$  (vazão de restrição = 50% da  $Q_{7,10}$ ).

Sendo assim, na grande maioria do tempo, quando a vazão do rio é superior a este valor máximo “outorgável”, este excesso de água é como se não existisse para os usuários, uma vez que ele não foi outorgado. Acontece que, ao contrário de todos os demais usuários, as UHE’s (exceto as usinas a fio d’água) armazenam este excesso para posterior utilização. Na verdade, o excesso acumulado ao longo do ano representa um volume bastante superior ao que seria propiciado somente pela vazão máxima “outorgável” naquele trecho específico da bacia. Em outras palavras, a grande parte da

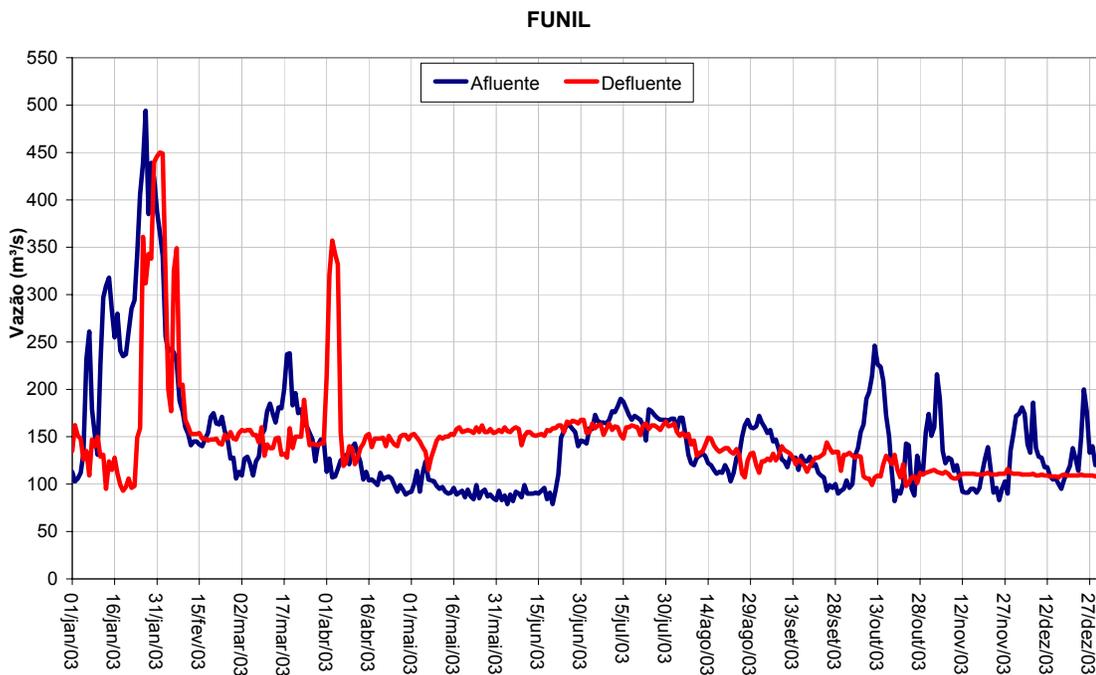
água utilizada pelas UHE's é uma água que não seria utilizada por nenhum outro usuário, simplesmente por não estar outorgada.

Uma consequência disso é que o impacto causado em UHE's por consumidores a montante é bastante limitado. Suponhamos um caso extremo em que se instale um perímetro de irrigação a montante de uma UHE e que se conceda a ele a máxima outorga de consumo possível: toda a vazão outorgável daquele trecho de rio. Ainda assim, a UHE continuaria a operar normalmente e, dependendo do seu porte, o impacto na geração média de energia pode ser plenamente administrável. Apenas para se ter uma ordem de grandeza, na UHE Paraibuna, na bacia do rio Paraíba do Sul, a vazão média de longo termo é  $69 \text{ m}^3/\text{s}$  e, se considerarmos a vazão máxima outorgável como 50% da  $Q_{95}$  nos últimos dez anos, o seu valor seria de apenas  $9 \text{ m}^3/\text{s}$  (ONS, 2006). Uma exceção a este raciocínio seria quando o usuário a se instalar a montante for uma outra UHE com regularização de vazões. Neste caso, esta poderia “consumir” mais do que a vazão total outorgável. De qualquer maneira, para que tal situação ocorresse, seria necessário que houvesse aprovação prévia da ANEEL, o que somente aconteceria caso o déficit de geração provocado na UHE pré-existente fosse compensado, com folga, pela nova UHE. Conclui-se então que, mesmo nesta situação de exceção, o impacto de consumidores a montante sobre UHE's é limitado.

Um argumento que reforça esta tese é que, justamente por apresentar essa capacidade de armazenar água durante os períodos mais úmidos do ano para posterior utilização, não é usual negar outorgas de consumo a montante de UHE's com base na redução de vazões propiciada para estas. Pelo contrário, é comum encontrarmos exemplos de empresas de saneamento ou de irrigantes que captam sua água nos próprios reservatórios das usinas.

Nesta mesma linha de raciocínio, também convém ressaltar que, em casos extremos (estados de escassez), o usuário hidrelétrico pode ser “persuadido” pelo Poder Público a operar seu reservatório segundo interesses alheios aos seus. Para ilustrar este caso, dois curtos exemplos ocorridos na bacia do Paraíba do Sul :

- Caso do desastre ambiental ocorrido no Rio Pomba, provocado pelo rompimento de uma barragem de rejeitos da empresa Cataguazes Papéis e Celulose, derramando milhões de litros de efluentes tóxicos e causando gravíssimos danos em boa parte da bacia do Paraíba do Sul: a usina de Funil teve que liberar uma enorme onda de despacho no intuito de diluir os poluentes e aumentar a velocidade média do rio, “empurrando” a mancha mais rapidamente. Com isso, uma quantidade enorme de água foi liberada sem gerar energia, conforme pode ser visto no gráfico abaixo, referente à operação do reservatório de Funil no ano de 2003. A onda de despacho mencionada pode ser observada nos primeiros dias de abril, sendo bem caracterizada pela brutal diferença entre a vazão afluyente e defluyente.



**Figura 4.1 – Operação do reservatório de Funil ao longo de 2003  
(fonte: ANA, 2004a)**

- Final do ano de 2003 (antes do início do período chuvoso), período de forte escassez na bacia do Paraíba do Sul, com reflexos óbvios na Bacia do Guandu, a qual recebe 2/3 da vazão média anual daquela através de uma transposição na Elevatória Santa Cecília. Por um lado, a Bacia do Guandu necessita de uma

vazão mínima para que a CEDAE capte e abasteça os 8,5 milhões de pessoas da Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Por outro lado, a diminuição da vazão no Paraíba do Sul prejudica cidades e indústrias a jusante da transposição, inclusive com perigosa penetração de cunha salina na foz. Novamente, tanto a Elevatória de Santa Cecília como os usuários hidrelétricos envolvidos tiveram que operar segundo regras negociadas com diversos agentes das duas bacias, e não segundo os interesses exclusivos do setor hidrelétrico.

Por tudo isso, não se pode considerar, no caso das UHE's, que o volume de água que seria considerado salvaguardado pelos usuários consumidores a montante está efetivamente reservado e, portanto, indisponível para estes. Sendo assim, o argumento da cobrança das UHE's por captação fica bastante enfraquecido.

Além disso, ao contrário de todos os outros usuários, os quais definem sua vazão de captação com base principalmente nos seus processos e em estratégias de mercado, as UHE's não podem decidir por si mesmas o quanto de água elas próprias irão captar (o quanto produzirão de energia). Conforme já dito, tal decisão é tomada pelo Operador Nacional do Sistema (ONS) com base em interesses nacionais, portanto, desvinculados da própria bacia<sup>6</sup>.

Adicionalmente, há um outro argumento bastante forte no sentido de não cobrar o setor hidrelétrico pelo uso captação. Não há dúvida de que o principal objetivo da cobrança pelo uso da água é o de disciplinar, racionalizar a sua utilização, e não somente gerar recursos para serem aplicados na bacia. A idéia é que os usuários internalizem os custos da água e, desta forma, procurem minimizar sua necessidade de água por razões econômicas. No caso do setor hidrelétrico, toda a vazão afluyente precisa necessariamente passar pelo reservatório antes de seguir para jusante. Não há como mudar isto. Além disso, não há como reduzir a utilização de água em seu processo, na

---

<sup>6</sup> Na verdade, as usinas hidrelétricas têm autonomia para decidir sua operação ao longo do dia, contanto que atendam às diretrizes do ONS, de maior horizonte de planejamento. Além disso, por questões de segurança, no caso de enchentes (grandes vazões afluentes), as UHE's podem, e devem, operar da maneira que julgarem mais conveniente.

medida em que o “processo” é o turbinamento da própria água bruta. A energia gerada é diretamente proporcional à vazão turbinada. Desta forma, pela própria natureza específica do seu negócio, não faz sentido querer racionalizar o uso captação das UHE’s e, conseqüentemente, cai por terra o principal argumento que poderia sustentar uma cobrança por este uso no setor.

Tendo em vista o acima exposto, este trabalho propõe que o uso captação não seja cobrado no caso de UHE’s.

Finalmente, convém ressaltar que a afirmativa do parágrafo anterior é que as UHE’s não precisam pagar pelo uso captação, mas nada impede que elas o façam por interesse próprio.

Explica-se: caso realmente as UHE’s não paguem por captação, deve ficar claro que as mesmas não representarão nenhum empecilho para que se conceda outorgas de consumo a montante, pois não estarão reservando nenhuma vazão para si. Por outro lado, nos casos em que uma possível redução nas vazões médias afluentes devido a usuários consumidores a montante for considerada crítica pelo setor elétrico, nada impede que as UHE’s requeiram outorgas de captação, com o intuito de salvaguardar uma certa vazão mínima para si, passando elas a ser cobradas por tal garantia.

Nestes casos, surge uma situação peculiar e bastante interessante em que o Poder Outorgante (que é público) deve analisar se concede ou não a outorga de captação voluntariamente solicitada pela UHE. Isto ocorre porque, o mesmo Poder Público capaz de negar tal outorga e conceder outorgas de consumo a outros usuários a montante, reduzindo as vazões médias afluentes e assim reduzindo a capacidade média de geração da UHE, pode compensar este déficit energético pontual com outras usinas do SIN, bastando para tal uma determinação a ser passada ao ONS. Em outras palavras, caberá ao Poder Público decidir sobre a melhor alocação da água na bacia: será melhor para o país reservar aquela água para a UHE e negar outorgas de consumo a montante ou será melhor conceder tais outorgas e suprir o conseqüente déficit de geração com outras usinas do SIN (caso isso seja viável)? Um ponto interessante é que é bastante comum no

Brasil uma configuração de “cascata de reservatórios” com uma UHE de cabeceira regularizando a vazão fluvial para uma série de aproveitamentos a jusante, muitos deles a fio d’água. Nestas situações, caso o Poder Outorgante conceda todo este acréscimo de vazão garantido pela UHE de cabeceira a outros usuários consumidores, essa água deixará de gerar energia em uma série de UHE’s, sendo que algumas destas possivelmente nem seriam econômicas caso projetadas para esta vazão após o consumo. Este exemplo deixa claro que as decisões do Poder Outorgante podem ser enormemente impactantes e, portanto, devem ser tomadas com grande responsabilidade e baseadas em análises bastante criteriosas.

Em tempo: a lucratividade dos concessionários hidrelétricos depende muito pouco do quanto de energia eles efetivamente estão gerando; a remuneração variável é uma parcela pequena da remuneração total (DAMÁZIO, 2004). Sendo assim, ao se provocar uma redução na geração energética média de uma UHE, o concessionário do empreendimento não está absolutamente sendo prejudicado.

No caso das usinas que fazem regularização de vazões, a solicitação de uma outorga para uma vazão de captação nem sempre se mostrará atraente, na medida em que elas podem acumular o grande volume de água excedente ao volume total outorgado para posterior utilização. Sendo assim, a redução de vazões propiciada por possíveis consumidores a montante pode não ser muito preocupante.

O mesmo já não se pode afirmar sobre as usinas a fio d’água, as quais geram energia de acordo com as vazões afluentes instantâneas. Para estas, uma outorga para uma vazão de captação, ainda que cobrada, pode ser bem mais interessante.

Vejam os exemplos a seguir:

Uma outorga de  $1\text{m}^3/\text{s}$ , segundo a fórmula atual de cobrança do CEIVAP, por exemplo, custaria por mês:

$$P_{\text{cap}} = \text{PPU} \times K_0 \times Q_{\text{cap}} \quad (3)$$

$$P_{\text{cap}} = 0,02 \text{ R\$/m}^3 \times 0,4 \times 1 \text{ m}^3/\text{s} \times (60 \text{ s/min} \times 60 \text{ min/h} \times 24 \text{ h/dia} \times 30 \text{ dias/mês})$$

$$P_{\text{cap}} = \text{R\$ } 20.736,00$$

Onde:

$P_{\text{cap}}$  = valor da cobrança, parcela de captação (R\$);

PPU = preço público unitário (R\$/m<sup>3</sup>)

$K_0$  = coeficiente multiplicador de captação (adimensional);

$Q_{\text{cap}}$  = vazão de captação (m<sup>3</sup>/s).

Para o setor hidrelétrico, vejamos quanto valeria 1m<sup>3</sup>/s durante um mês.

Sabe-se que, simplificadamente:

$$P = Q \times H \times g \times \rho \times \eta. \quad (4)$$

Onde:

P = potência gerada (W);

Q = vazão turbinada (m<sup>3</sup>/s);

H = altura de queda útil (m);

g = aceleração da gravidade (9,81 m/s<sup>2</sup>);

$\rho$  = massa específica da água (1000 kg/m<sup>3</sup>);

$\eta$  = rendimento global do sistema (adimensional).

Ainda que suponhamos uma UHE com queda de 50 m (considerada de baixa para média) e um rendimento global conservador ( $\eta = 0,85$ ), teríamos:

$$P = 1 \times 50 \times 9,81 \times 1000 \times 0,85 = 416.925 \text{ W}$$

Durante um mês, a energia gerada por 1m<sup>3</sup>/s, seria então:

$$E = P \times \Delta t \quad (5)$$

Onde:

$E$  = energia gerada (MWh)

$\Delta t$  = intervalo de tempo considerado = um mês (em horas)

$$E = (416.925 \text{ (W)} \times 24 \text{ (horas/dia)} \times 30 \text{ (dias/mês)}) / 1.000.000 = 300 \text{ MWh}$$

Com um preço de 116 R\$/MWh, proposto pelo governo no leilão de energia no final de 2005, teríamos finalmente uma estimativa do valor de 1 m<sup>3</sup>/s, durante um mês, para o setor hidrelétrico:

$$R_{\text{ger}} = E \times P_{\text{energ}} \quad (6)$$

Onde:

$R_{\text{ger}}$  = receita proveniente da geração hidrelétrica (R\$)

$P_{\text{energ}}$  = preço da energia contratada (R\$/MWh)

$$R_{\text{ger}} = 300 \times 116 = \text{R\$ } 34.800,00 > P_{\text{cap}} = \text{R\$ } 20.736,00$$

Esta comparação é bastante simplificada (não considera impostos, custos variáveis de produção, etc.) e não significa que possíveis outorgas voluntárias de captação serão sempre vantajosas economicamente para as UHE's. No entanto, ela indica que, mesmo em situações desfavoráveis de geração (baixa queda e baixo rendimento), faz sentido fazer uma análise econômica da questão.

Em resumo, a proposta desta tese é que cada UHE informe ao seu respectivo Poder Outorgante qual a vazão que ela pretende reservar para si, mediante uma solicitação de outorga de captação, seguindo o mesmo procedimento válido para todos os demais usuários. Visando a otimizar o benefício gerado pela água, o Poder Público pode conceder integralmente, parcialmente ou não conceder tal outorga. Caso ela seja concedida, a UHE será cobrada com base na vazão de captação que lhe será garantida, como ocorre também para qualquer outro usuário. Sendo assim, as diferenças básicas entre as outorgas de captação das UHE's e as dos demais usuários seriam:

1. A vazão de captação a ser solicitada não será decidida pelo próprio concessionário da UHE. Esta decisão dependerá de estudos energéticos a serem realizados em âmbito nacional, não vinculados àquela bacia especificamente. Desta forma, é natural que este processo de tomada de decisão seja centralizado, seguindo a mesmíssima lógica do planejamento energético nacional de médio e longo prazo;
2. Baseada nos estudos energéticos citados no item anterior, uma UHE pode muito bem solicitar uma vazão de captação zero. Conforme já dito neste trabalho, é possível que haja casos em que a perda da afluência correspondente à vazão máxima outorgável não seja tão relevante (não gere perdas de geração elétrica muito significativas para o país).

Convém ressaltar apenas que tal modalidade de outorga ainda não existe para as UHE's, as quais operam respaldadas por uma reserva de disponibilidade hídrica (vide item 4.1.4).

No estudo de caso deste trabalho foram simulados casos-base, em que a outorga de captação não é solicitada, e dois casos em que as UHE's solicitam uma outorga de 15 m<sup>3</sup>/s e são cobradas de acordo.

#### ***4.3.2 Parcela Devido ao Uso Diluição***

No caso do uso diluição, não cabe raciocínio análogo ao do uso captação; isto é, a melhora ou piora na qualidade da água propiciada por cada UHE é real, fisicamente mensurável e, portanto, pode impactar de fato os usuários diluidores e os consumidores situados a montante.

O estudo do uso diluição é bastante complexo no caso de UHE's na medida em que, apesar de não haver lançamento direto de poluentes no corpo hídrico, são diversos os efeitos do barramento e da reservação na qualidade das águas. Os dois sub-itens a seguir

descrevem estes principais efeitos e o último sub-item propõe uma forma pragmática de considerá-los na cobrança.

#### **4.3.2.1 Eutrofização**

Um aspecto que logo vem à tona quando se menciona a influência de reservatórios na qualidade de água é a eutrofização. A eutrofização é o crescimento excessivo das plantas aquáticas, tanto planctônicas quanto aderidas, a níveis tais que sejam considerados como causadores de interferências com os usos desejáveis da água (THOMANN e MUELLER *apud* VON SPERLING, 1996).

Em rios, este processo é bastante raro devido a condições ambientais desfavoráveis ao crescimento de algas e de outras plantas. Entre tais condições, destacam-se as elevadas turbidez e velocidade da massa líquida em movimento. No entanto, em corpos lânticos, tais como lagos e represas (incluindo logicamente os reservatórios de usinas hidrelétricas), como a turbidez decresce bastante devido à forte sedimentação e as velocidades se aproximam de zero, o processo de eutrofização ocorre com muito mais freqüência.

O principal fator de estímulo para este processo é o excesso de nutrientes em corpos d'água, principalmente nitrogênio e fósforo. Quando o aporte destes elementos ao lago ou represa é elevado (esgotos, drenagem pluvial urbana, assoreamento, etc.), ocorre naturalmente um aumento na população de algas e de outras plantas. Este aumento, dependendo da capacidade de assimilação do corpo d'água, pode ser exagerado, fazendo com que estas populações atinjam valores bastante elevados, o que causa uma série de efeitos indesejáveis.

Entre tais efeitos, pode-se destacar os seguintes (ARCEIVALA, THOMANN e MUELLER, VON SPERLING *apud* VON SPERLING, 1996):

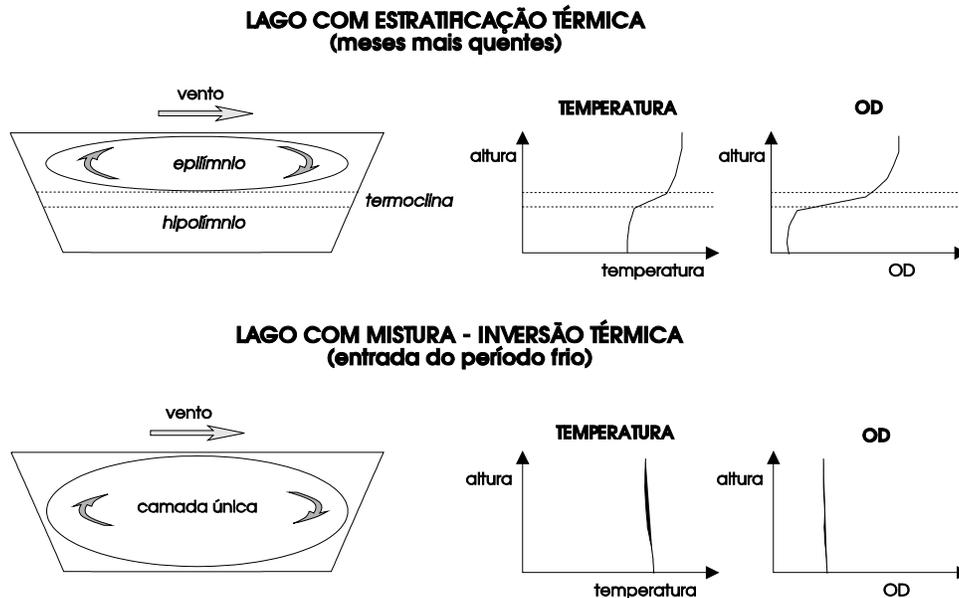
- “*Problemas estéticos e recreacionais*. Diminuição do uso da água para recreação, balneabilidade e redução geral na atração turística devido a:

- Freqüente floração das águas (superpopulação de algas);
  - Crescimento excessivo de vegetação;
  - Distúrbios com mosquitos e insetos;
  - Eventuais maus odores;
  - Eventuais mortandades de peixes.
- *Condições anaeróbias no fundo do corpo d'água.* O aumento da produtividade do corpo d'água causa uma elevação da concentração de bactérias heterotróficas, que se alimentam da matéria orgânica das algas e de outros microorganismos mortos, consumindo oxigênio dissolvido do meio líquido. No fundo do corpo d'água predominam condições anaeróbias devido à sedimentação da matéria orgânica, e à reduzida penetração de oxigênio a estas profundidades, bem como à ausência de fotossíntese (decorrente da ausência de luz).
  - *Eventuais condições anaeróbias no corpo d'água como um todo.* Dependendo do grau de crescimento bacteriano, pode ocorrer, em períodos de mistura total da massa líquida (inversão térmica) ou de ausência de fotossíntese (período noturno), mortandade de peixes e reintrodução dos compostos reduzidos em toda a massa líquida, com grande deterioração da qualidade da água.
  - *Eventuais mortandades de peixes.* A mortandade de peixes pode ocorrer em função de:
    - Anaerobiose (já comentada acima);
    - Toxicidade por amônia. Em condições de pH elevado (freqüente durante os períodos de elevada fotossíntese), a amônia apresenta-se em grande parte na forma livre (NH<sub>3</sub>), tóxica aos peixes, ao invés de na forma ionizada (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), não tóxica.
  - *Maior dificuldade e elevação nos custos de tratamento de água.* A presença excessiva de algas afeta substancialmente o tratamento da água captada no reservatório, devido à necessidade de:
    - Remoção da própria alga;

- Remoção de cor;
  - Remoção de sabor e odor;
  - Maior consumo de produtos químicos;
  - Lavagens mais frequentes dos filtros.
- 
- *Problemas com abastecimento de água industrial.* Elevação dos custos para o abastecimento de água industrial devido a razões similares às anteriores, e também aos depósitos de algas nas águas de resfriamento.
  
  - *Toxicidade das algas.* Rejeição da água para abastecimento humano e animal em razão da presença de secreções tóxicas de certas algas.
  
  - *Redução na navegação e capacidade de transporte.* O crescimento excessivo de macrófitas enraizadas interfere com a navegação, aeração e capacidade de transporte do corpo d'água.
  
  - *Redução da vida útil do reservatório.* Em decorrência da eutrofização e do assoreamento, aumenta a acumulação de matérias e de vegetação, e o reservatório se torna cada vez mais raso, até vir a desaparecer. Esta tendência de desaparecimento de lagos (conversão a brejos ou áreas pantanosas) é irreversível, porém usualmente extremamente lenta. Com a interferência do homem, o processo pode se acelerar abruptamente. Caso não haja um controle na fonte e/ou dragagem do material sedimentado, o corpo d'água pode desaparecer relativamente rapidamente.”

Também convém ressaltar que, dependendo da profundidade e do grau de eutrofização do reservatório, este corpo d'água pode apresentar uma completa estratificação de suas camadas durante os meses mais quentes. Sendo assim, nos meses mais frios, pode ocorrer o resfriamento da camada superficial do reservatório, gerando uma homogeneização na temperatura e na densidade ao longo da profundidade, e propiciando uma súbita desestratificação, o que tende a revolver completamente a água no reservatório. Tal fenômeno é conhecido como inversão térmica. A figura abaixo ilustra o acima explicado:

## DINÂMICA DE ESTRATIFICAÇÃO E MISTURA DE LAGOS



**Figura 4.2 – Perfis de um lago em condições de estratificação e de inversão térmica**  
(fonte: VON SPERLING, 1996)

Esta súbita ascensão da massa líquida do fundo, a qual se encontrava em condições anaeróbias e rica em compostos orgânicos e inorgânicos reduzidos, acaba reduzindo fortemente a concentração de oxigênio dissolvido e deteriorando significativamente a qualidade da água no corpo d'água como um todo.

Existem métodos e modelos para se estimar o aporte de nutrientes e a concentração dos mesmos em reservatórios, com o objetivo de se analisar o grau de eutrofização, tomando em geral o fósforo (P) como indicador. Entretanto, a aplicabilidade dos mesmos é bastante específica para cada região, sendo bastante difícil estabelecer uma regra geral que seja válida para qualquer reservatório. Além disso, a regra de operação dos reservatórios, que influi bastante na dinâmica do processo, também é bastante específica para cada UHE, o que acaba dificultando ainda mais uma modelagem genérica deste processo. Por tudo isso, não parece viável quantificar isoladamente o efeito da eutrofização na qualidade da água de uma maneira suficientemente simples e

genérica. Desta forma, este fenômeno deverá ser considerado na cobrança juntamente com demais processos ocorridos nos reservatórios, conforme explicado no item 4.3.2.3.

#### ***4.3.2.2 Demais Efeitos das UHE's na Qualidade da Água<sup>7</sup>***

Em relação aos demais efeitos causados por UHE's à qualidade das águas, pode-se mencionar inicialmente que os reservatórios reduzem fortemente a turbulência do escoamento, fazendo com que as velocidades médias tendam a zero. Essa brusca queda de turbulência acaba propiciando a sedimentação de boa parte da matéria em suspensão na massa líquida, fato inclusive que pode comprometer a vida útil do reservatório caso não tenha sido adequadamente considerado no projeto.

Tendo em vista o acima citado, um dos mais evidentes efeitos no curso d'água é a retenção de praticamente toda a vazão sólida afluente ao reservatório por parte da barragem. Mesmo em estruturas dotadas de descarregadores de fundo, somente os sólidos sedimentados bem próximos às barragens são transpostos. Os sólidos sedimentados em todo o restante do reservatório permanecem no local. Se por um lado os rios tendem a ficar menos turvos a jusante da barragem, por outro eles passam a apresentar alto poder erosivo (capacidade de escavar as margens e carrear estes sedimentos) e se tornam bem mais “pobres” em termos de vida aquática. Neste caso, portanto, temos um impacto que certamente ocorrerá (retenção de sedimentos), mas que pode ser considerado preponderantemente positivo ou negativo, dependendo das condições específicas da bacia e, mais particularmente, das características existentes logo a jusante da barragem.

A quantificação deste impacto pode ser feita através de medições da vazão sólida (vazão de sedimentos, em kg/s) no rio, logo a montante e logo a jusante do reservatório.

Outro aspecto a ser considerado é que a água que passa para jusante através das turbinas e dos vertedouros é submetida a intensas turbulências nestas estruturas, propiciando

---

<sup>7</sup> Todo este sub-item foi inspirado em aulas da graduação (Engenharia Civil) e do Mestrado, com destaque para a disciplina “Poluição e Qualidade das Águas” (VOLSCHAN JUNIOR, 2003).

uma forte reaeração atmosférica. Com isso, esta massa líquida de jusante tende a apresentar aumento na sua concentração de oxigênio dissolvido (OD), o que, por sua vez, tende a reduzir a concentração de matéria orgânica (e seu indicador mais usual: a demanda bioquímica de oxigênio - DBO). Deve-se ressaltar, no entanto, que outros fenômenos, como a própria eutrofização, impactam nas concentrações de OD e DBO. O balanço entre tais fenômenos é que determinará se o reservatório provocará aumento no OD e diminuição na DBO do rio (melhora de qualidade da água) ou vice-versa.

Finalmente, cabe lembrar que outras variáveis também podem impactar na qualidade de água efluente do reservatório. Por exemplo, se a tomada d'água captar uma água mais superficial, a qualidade desta tende a ser melhor. O próprio manejo do reservatório (proteção das margens e matas ciliares, controle de erosão, etc.) pode pesar bastante nas características da água a ser transposta para jusante.

#### ***4.3.2.3 Proposta para a Quantificação***

Tendo em vista o exposto nos subitens anteriores, é extremamente difícil quantificar a influência de cada um dos fenômenos mencionados na qualidade da água efluente. As variáveis intervenientes são diversas, de complexa predição e vários dos processos são sinérgicos.

Sendo assim, ao contrário do item seguinte, referente ao uso consumo, em que cada fenômeno aplicável será quantificado separadamente, trabalhar-se-á neste caso com uma quantificação global. Em outras palavras, a influência de cada UHE na qualidade da água, abrangendo todos os vários processos intervenientes, será quantificada “de uma só vez”.

Propõe-se trabalhar então com dados históricos de cada parâmetro de qualidade de água a ser cobrado, sempre comparando as cargas afluente e efluente através do já discutido conceito de “balanço de cargas”.

Deve-se destacar, portanto, que para haver a cobrança, é indispensável que haja um histórico de medições de cada parâmetro de qualidade de água a ser cobrado, a montante e a jusante dos reservatórios. Trata-se de um pré-requisito razoável, uma vez que é praticamente impossível se estudar os efeitos de um poluente qualquer sem fazer medições.

Outro ponto importante é que tais medições não teriam que ser realizadas exclusivamente para este cálculo de cobrança. Na verdade, caso os Comitês de Bacia desejem cobrar qualquer usuário segundo o “balanço de cargas”, o que é provável em médio prazo, é preciso que se tenha um modelo confiável de qualidade de água ao longo da bacia, inclusive nos pontos de montante e jusante de eventuais reservatórios. Como a influência destes reservatórios na qualidade d'água é bastante complexa, é provável que seja necessário um histórico de medições, minimamente para a calibração do referido modelo.

No caso da cobrança atual na bacia do Paraíba do Sul, por exemplo, apenas o histórico das medições de DBO seria necessário, pois se trata do único parâmetro de qualidade de água considerado. Na maioria das bacias do Brasil, em curto prazo, é provável que somente se trabalhe com a DBO mesmo, pois é o indicador universal do problema mais usual dos nossos rios: a matéria orgânica. No entanto, nada impede que demais parâmetros de qualidade de água, que também sejam considerados críticos em cada bacia específica, venham a ser cobrados paralelamente à DBO.

Desta forma, é necessário calcular a vazão de diluição associada a cada parâmetro a ser cobrado. Analisemos a aplicação da fórmula (1), já mencionada neste trabalho:

$$Q_{dil} = \frac{(Q_{eflu} \times C_{eflu} - Q_{aflu} \times C_{aflu})}{C_{meta}} \quad (1)$$

$C_{meta}$  é determinado pelo Comitê de Bacia de acordo com o plano de bacia aprovado. Trata-se, portanto, de um dado que não requer nenhuma análise específica para esta cobrança.

$C_{\text{eflu}}$  e  $C_{\text{afllu}}$  são os parâmetros que dependerão do histórico de medições. Se possível, deve-se trabalhar com médias mensais, o que traduziria claramente a forte influência da sazonalidade no processo. Outro ponto é o período a ser considerado para este histórico. Este trabalho sugere o período de dez anos, que não é curto demais a ponto de ser desestabilizado por meses ou anos atípicos e não é longo demais a ponto de não detectar as mais recentes mudanças no manejo do reservatório.

Quanto às vazões afluente e efluente a serem consideradas, uma análise mais minuciosa se faz necessária. Como toda a massa de água do rio “cruza os domínios do reservatório” antes de passar para jusante, ou seja, sofre influência da UHE, é natural que  $Q_{\text{afllu}}$  e  $Q_{\text{eflu}}$  assumam o mesmo valor. Dever-se-ia então trabalhar com as vazões totais afluentes e efluentes ao reservatório?

Primeiramente, deve-se destacar que esta escolha é de capital importância. Vazões por demais elevadas podem amplificar enormemente pequenas diferenças de concentração afluente e efluente (em medições nem sempre tão precisas), encarecendo ou barateando sobremaneira a cobrança. Por outro lado, vazões por demais reduzidas podem não fazer justiça aos danos ou aos benefícios causados, tornando ínfima esta parcela devido à diluição.

Retomando a análise física da questão, deve-se destacar que os reservatórios das UHE's não são reatores biológicos onde a vazão afluente é introduzida, homogeneizada na enorme massa líquida existente e finalmente passada a jusante. Pelo contrário, as tomadas d'água localizadas em cotas mais elevadas (para maximizar a queda e, portanto, a energia gerada) acabam dificultando a saída da massa d'água pré-existente no reservatório nas maiores profundidades, a qual reúne as condições de qualidade mais críticas. Conseqüentemente, uma parcela considerável da água afluente aos reservatórios vai apresentar um tempo de detenção bem pequeno, sendo turbinada ou vertida com um grau bastante baixo de mistura com a água pré-existente no reservatório.

Tendo em vista o acima exposto, este trabalho propõe que não seja cobrada diluição das UHE's nos meses em que a vazão afluyente é maior que a defluyente. Nestes períodos, é razoável considerar que grande parte da vazão defluyente é composta por água com baixo tempo de detenção e que, portanto, pouco se misturou no reservatório, fato que torna a cobrança injustificada. Já nos demais meses, o valor individual de  $Q_{\text{aflu}}$  e  $Q_{\text{eflu}}$  a ser considerado na fórmula deve ser a diferença entre as vazões efluente e afluyente (médias mensais). Este valor representa a parcela da vazão efluente que era pré-existente no reservatório; ou seja, a parcela de água que estava armazenada há mais tempo e, portanto, cuja qualidade pode ter sido influenciada pelas condições do reservatório.

Sendo assim, a cobrança desta parcela de diluição pode ser efetuada de duas formas:

1. Calculando-se vazões de diluição e respectivas cobranças mensalmente, sendo que nos meses em que  $Q_{\text{aflu}}$  for maior que  $Q_{\text{eflu}}$  não haveria cobrança da parcela de diluição;
2. Calculando-se vazões de diluição mensalmente, somando-se todas as cobranças por diluição devidas ao longo do ano e dividindo o montante, igualmente, em doze parcelas mensais.

A alternativa 2 (dois) é mais adequada ao cenário atual de outorgas e cobranças e a alternativa 1 (um) é mais adequada a um eventual cenário de outorgas e cobranças sazonais.

#### ***4.3.3 Parcela Devido ao Uso Consumo***

No caso das UHE's, por analogia ao que foi explicado no sub-item 4.3.1, não se deve considerar o impacto em usuários consumidores a montante devido a uma possível reserva de água a ser garantida para as mesmas. Desta forma, o uso consumo em UHE's impacta, de fato, todos os usuários a jusante (captadores, diluidores e consumidores).

A operação das UHE's apresenta três aspectos que podem se enquadrar no uso consumo, os quais são abordados a seguir.

#### **4.3.3.1 Evaporação**

Um aspecto que pode ser facilmente caracterizado como consumo de água é a evaporação pela área superficial do reservatório, a qual pode ser bastante significativa, principalmente em aproveitamentos com relações cota x área x volume não muito favoráveis. Como esta água evaporada não necessariamente será precipitada sobre a própria bacia, deve-se considerar que se trata de um volume perdido pela mesma, representando, portanto, um uso consumo.

Para se quantificar esta parcela, o primeiro ponto a ser ressaltado é que não deve ser considerada a evaporação real do reservatório, mas sim a diferença entre este valor e a evapotranspiração real da bacia no local inundado antes da implantação da usina (diferença esta denominada Evaporação Líquida).

Os métodos normalmente utilizados para determinar a evaporação são (ONS, 2001):

- Transferência de massa;
- Balanço de energia;
- Equações Empíricas;
- Balanço hídrico;
- Evaporímetros.

Para se medir ou estimar a evapotranspiração, os procedimentos adotados são geralmente os seguintes (*Ibid.*):

- Medidas diretas;
- Métodos baseados na temperatura;
- Métodos baseados na radiação;
- Método combinado;
- Balanço Hídrico.

Como o fenômeno da evaporação exerce influência sobre a operação dos reservatórios das UHE's, uma vez que perdas de água refletem-se linearmente em perdas energéticas, o próprio setor elétrico tem se preocupado com a questão. Sendo assim, o CEHPAR (Centro de Hidráulica e Hidrologia Professor Parigot de Souza) desenvolveu, a pedido do ONS, o Sistema de Avaliação da Evaporação Líquida dos Reservatórios do Sistema Interligado Nacional – SISEVAPO. As etapas necessárias para este desenvolvimento são sucintamente descritas a seguir (ONS, 2001):

- Adaptação de programas existentes (H70REG, H70MOR e H70LIQ) com vistas à sua utilização também para as Usinas dos Subsistemas Norte e Nordeste. Estes programas foram anteriormente utilizados para cálculo das grandezas evaporação de lago, evapotranspiração real e evaporação líquida para as usinas dos Subsistemas Sul e Sudeste/Centro-Oeste;
- Organização e implantação dos dados de temperatura média mensal, umidade relativa média mensal, número de horas de insolação mensal e da precipitação anual, dos períodos 1931 a 1960 e 1961 a 1990, para todas as estações que constam nas publicações Normais Climatológicas (BRASIL, 1969; BRASIL,1992 *apud* ONS, 2001);
- Obtenção das superfícies interpoladoras para todo o Brasil das grandezas temperatura média mensal, umidade relativa média mensal, número de horas de insolação mensal e da precipitação anual, necessárias na determinação das grandezas evaporação e evapotranspiração, e que são obtidas a partir dos dados fornecidos pelo usuário ou a partir dos dados das Normais Climatológicas;
- Obtenção, a partir de técnicas de regionalização, de estimativas regionais das grandezas temperatura, umidade relativa, insolação e precipitação nos locais dos aproveitamentos hidrelétricos.
- Determinação da evapotranspiração real e potencial usando o modelo CRAE - *Complementary Relationship Areal Evapotranspiration*, e a evaporação de lago e potencial usando o modelo CRLE - *Complementary Relationship Lake Evaporation* (MORTON,1983a; MORTON, 1983b *apud* ONS, 2001). A

evaporação líquida é obtida pela diferença entre a evaporação de lago e a evapotranspiração real calculada.

- Análise dos métodos CRLE e CRAE, considerando os aspectos da variabilidade climática dos reservatórios das usinas dos Subsistemas Norte e Nordeste.

Para se obter a evaporação líquida de um aproveitamento qualquer, basta fornecer ao sistema os seguintes dados da usina: latitude, longitude, nível e profundidade média (volume médio sobre área média). O sistema pode se basear nos dados das Normais Climatológicas de 1931-1960, 1961-1990 ou 1931-1990. O ONS recomenda que se utilize a segunda opção. Para maiores detalhes das hipóteses, do desenvolvimento e da operação do sistema, consultar ONS (2001, pp.37-54).

Como tal sistema já foi testado e aprovado pelo próprio setor elétrico, este trabalho recomenda que os resultados do mesmo sejam adotados para a estimativa da evaporação líquida em cada usina a ser cobrada.

Além disso, para que a cobrança reflita a sazonalidade do fenômeno da evaporação de maneira mais fidedigna, é conveniente que se trabalhe com valores médios mensais de evaporação líquida. Em meses mais secos e quentes, é natural que a evaporação seja maior nos reservatórios e, com isso, maiores sejam as perdas para a bacia. Convém lembrar que, conforme já discutido neste trabalho, espera-se que em médio prazo as outorgas (e conseqüentemente as cobranças) sejam sazonais, considerando as diferentes disponibilidades hídricas ao longo do ano.

Outra questão relevante é que, como a evaporação é determinada em fórmula de lâmina d'água (mm), é necessário que se multiplique este valor por uma área superficial para se obter o volume evaporado. No caso dos reservatórios das UHE's, como o nível dos mesmos oscila continuamente, sua área superficial também varia. Com base no princípio de que se cobra pela outorga, pelo direito de uso, este trabalho propõe que seja considerada nos cálculos a área superficial correspondente ao nível máximo normal de operação das usinas. Caso se trabalhe com dados de evaporação mensais, pode-se

levantar o nível médio mensal de cada reservatório e, com este valor, se determinar a área superficial média mensal.

No estudo de caso deste trabalho, para o cálculo das vazões de evaporação, foi considerada sempre a área superficial correspondente ao nível máximo normal de operação, mesmo no cenário de outorgas e cobranças sazonais.

#### **4.3.3.2 Infiltração**

Outro fator que acarreta perda de água pelos reservatórios é a infiltração. Na verdade, a infiltração ocorre não só pelo fundo dos mesmos, como também pelo corpo da barragem principal e de eventuais diques.

A intensidade deste fenômeno depende basicamente do grau de saturação do meio infiltrante, do seu material constituinte e da pressão exercida. Infiltrações mais intensas ocorrem em meios menos úmidos (mais longe da umidade de saturação), mais porosos e com maior pressão atuante.

No entanto, de uma maneira geral, a perda de água devido a este fenômeno não é muito significativa em reservatórios de UHE's. A maior prova disso é que o próprio setor elétrico não vem demonstrando grande preocupação em estudar e quantificar estas perdas, como feito para o fenômeno da evaporação. Considera-se que tais perdas são iguais ou menores às incertezas hidrológicas inerentes ao negócio (DAMÁZIO, 2004).

Na verdade, se tais perdas não são significativas para as usinas hidrelétricas, menos ainda seriam para a disponibilidade hídrica geral da bacia, uma vez que uma fração significativa da água infiltrada acaba retornando ao rio mais a jusante, inclusive aumentando a sua vazão de base. Com efeito, como as bacias de águas subterrâneas tendem a ter seus limites aproximadamente equivalentes aos das bacias superficiais, a parcela de água que é efetivamente perdida pela bacia por fluxos laterais, mesmo somada à parcela perdida por percolação profunda, não chega a ser significativa.

Sendo assim, este trabalho propõe que, no item consumo, a parcela da cobrança devido à infiltração seja desconsiderada.

Finalmente, cabe esclarecer que esta proposição não exclui a possibilidade de este fenômeno vir a ser considerado futuramente, quando sua quantificação estiver mais bem estudada e/ou quando sua intensidade passar a ser considerada relevante pelos gestores das bacias.

#### ***4.3.3.3 Regularização (aumento da disponibilidade hídrica)***

Um aspecto inegavelmente benéfico para a bacia, propiciado por UHE's que não operam a fio d'água, é a regularização da vazão fluvial. Tal regularização, que pode até ter caráter plurianual, provoca um aumento nas vazões mínimas (garantidas) a jusante das usinas, aumentando por consequência a vazão total outorgável. Em outras palavras, esta regularização permite que mais água possa ser alocada entre os usuários e, portanto, representa um “uso consumo com sinal oposto”; é como se as UHE's estivessem “injetando” mais água na bacia.

Então surge a questão: como quantificar a regularização exercida pelas UHE's?

Dever-se-ia considerar a capacidade máxima de regularização de cada reservatório, dada pelo Diagrama de Rippl? Na verdade, tal consideração não seria muito justa, uma vez que a prioridade das UHE's não é a regularização máxima e, portanto, raramente ela é praticada. Mesmo que o fosse, não necessariamente a bacia precisa e/ou deseja toda aquela regularização.

Deve-se trabalhar, portanto, com a diferença entre a vazão efetivamente garantida pela UHE a jusante e a vazão garantida caso a mesma não existisse. O problema é que, para fazer tal comparação, é preciso que as duas grandezas tenham o mesmo nível de risco associado, ou seja, uma vazão não pode ser mais garantida que a outra. Este problema ocorre, por exemplo, caso queira se considerar que as vazões mínimas garantidas pelas UHE's são aquelas impostas pelo ONS/ANA através de resoluções e/ou diretrizes de

operação. Estes são valores limites, que somente não serão atendidos em casos muito extremos. A operação normal das UHE's, mesmo em períodos secos, deve sempre superar tais vazões efluentes. Por mais que se seja conservador na escolha da vazão garantida sem a UHE ( $Q_{99}$ , por exemplo), dificilmente o risco desta vazão mínima não ocorrer será tão baixo quanto o da primeira parcela da subtração.

Uma idéia interessante para resolver esta questão é considerar de quanto o usuário hidrelétrico aumentou a vazão total outorgável no trecho onde está inserido. Em outras palavras, a tal diferença entre vazões garantidas passa a ser a diferença entre a vazão total outorgável que de fato é considerada pelo Poder Outorgante (com o efeito da UHE) e a vazão total outorgável que seria praticada caso a UHE não existisse. Por exemplo, se a vazão total outorgável logo a jusante da UHE é  $100 \text{ m}^3/\text{s}$ , mas seria  $90 \text{ m}^3/\text{s}$  caso a mesma não existisse, a sub-parcela vazão de regularização, na parcela do consumo, deveria ser  $10 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Como não existe consenso sobre qual a vazão máxima outorgável a ser adotada (nem sobre qual a vazão mínima de referência, nem sobre como estimar a vazão de restrição), este trabalho toma a liberdade de adotar 50% da  $Q_{95}$ . Como o grau de risco das parcelas com e sem a UHE é o mesmo (ambas são  $Q_{95}$ ), não há erro conceitual. No estudo de caso desta dissertação, para a obtenção destas grandezas, trabalhou-se com o histórico de vazões defluentes de cada UHE (parcela com influência da mesma) e afluentes a cada UHE (parcela sem a influência da mesma).

Convém destacar que este “balanço de vazões” proposto englobaria, em tese, toda a parcela consumo, e não somente a sub-parcela de regularização. Explica-se: quando se compara a vazão garantida a jusante e a montante da UHE, o valor obtido representaria o total de água firme que a usina retira ou acrescenta à bacia; todos os possíveis aspectos relacionados ao uso consumo estariam automaticamente sendo considerados.

No entanto, a forma atual de obtenção dos dados de vazão afluente e defluente das UHE's garante que este balanço de vazões represente bem somente a sub-parcela regularização. As equações a seguir explicam o porquê:

$$Q_{\text{deflu}} = Q_{\text{turb}} + Q_{\text{vert}} \quad (7)$$

Onde:

$Q_{\text{deflu}}$  = vazão defluente da UHE ( $\text{m}^3/\text{s}$ );

$Q_{\text{turb}}$  = vazão turbinada ( $\text{m}^3/\text{s}$ );

$Q_{\text{vert}}$  = vazão vertida ( $\text{m}^3/\text{s}$ ).

A vazão defluente é o somatório da vazão turbinada com a vazão vertida. A vazão turbinada é obtida a partir da energia gerada e da tabela de produtividade. A vazão vertida é obtida através das operações de comportas realizadas e da curva de descarga dos vertedores (ONS, 2006).

De acordo com o balanço hídrico no reservatório, a vazão afluente deveria ser obtida da seguinte forma:

$$Q_{\text{afllu}} = Q_{\text{deflu}} + Q_{\text{armaz}} + Q_{\text{consum}} + Q_{\text{evap}} - Q_{\text{prec}} \quad (8)$$

Onde:

$Q_{\text{afllu}}$  = vazão afluente ( $\text{m}^3/\text{s}$ );

$Q_{\text{deflu}}$  = vazão defluente ( $\text{m}^3/\text{s}$ );

$Q_{\text{armaz}}$  = vazão correspondente ao armazenamento de água no reservatório ( $\text{m}^3/\text{s}$ );

$Q_{\text{consum}}$  = vazão de consumo correspondente a eventuais usos consuntivos existentes no reservatório ( $\text{m}^3/\text{s}$ );

$Q_{\text{evap}}$  = vazão correspondente à evaporação líquida ( $\text{m}^3/\text{s}$ );

$Q_{\text{prec}}$  = vazão correspondente à precipitação líquida ( $\text{m}^3/\text{s}$ ).

A vazão de armazenamento é calculada a partir da curva cota-volume e dos níveis d'água do reservatório no início e no fim do dia. No entanto, atualmente, no processo de acompanhamento dos dados hidrológicos não são consideradas as vazões de uso consuntivo, as vazões médias de evaporação líquida e a precipitação líquida sobre o

reservatório. Desta forma, a equação para a determinação da vazão afluyente das UHE's fica (ONS, 2006):

$$Q_{\text{afllu}} = Q_{\text{deflu}} + Q_{\text{armaz}} \quad (9)$$

Sendo assim, fica claro que o balanço entre as vazões defluentes e afluentes assim obtidas não contempla todos os aspectos relacionados ao uso consumo. É por isso que, além desta sub-parcela de regularização, o estudo de caso deste trabalho considera a sub-parcela evaporação (item 4.3.3.1) no cálculo da vazão de consumo.

Retomando a análise do balanço de vazões a ser utilizado no cálculo da vazão de regularização, o período a ser considerado no histórico de vazões é igualmente importante. Por um lado, ele não pode ser muito pequeno, pois seria muito suscetível a eventos pontuais, como meses ou anos anormalmente secos. Por outro lado, ele também não pode ser muito longo, uma vez que qualquer mudança de tendência na operação das UHE's demoraria muito a ser detectada, a fazer alguma diferença. Embora dificilmente alguma UHE vá maximizar sua regularização unicamente para disponibilizar mais água para os usuários a jusante, é preciso que fique claro que ela seria beneficiada na cobrança caso o fizesse. Não se deve nunca perder de vista que o objetivo primordial desta cobrança é a racionalização do uso para a universalização da água. Este trabalho recomenda a adoção do período histórico de dez anos.

Outro ponto importante é a sazonalidade do processo. Obviamente, no cenário de outorgas e cobranças atual, o certo seria calcular a vazão de regularização numa base anual ( $Q_{95}$  afluentes e efluentes globais, e não mensais) e aplicá-la igualmente em todos os meses. Mas como fazer em um eventual cenário de outorgas e cobranças sazonais? Deve se lembrar que, como o ciclo da regularização é de um ano hidrológico (um período seco e um chuvoso), ela não fica tão bem caracterizada em horizontes de tempo menores, por exemplo, em bases mensais. E então? Dever-se-ia trabalhar com  $Q_{95}$  mensais ou globais? Embora não pareça fazer muito sentido à primeira vista, o mais correto seria trabalhar com  $Q_{95}$  mensais, havendo cobrança por consumo (devido à regularização) nos meses em que reservatório está se enchendo (vazão afluyente maior

que a efluente) e cobrança com sinal oposto nos meses em que o reservatório está sendo esvaziado (vazão afluyente menor que a efluente). Explica-se: na ótica da Gestão de Recursos Hídricos (que é a ótica da cobrança), o que vale é como e o quanto a UHE estaria afetando a vazão total outorgável naquele trecho da bacia. Se nos meses chuvosos (período de enchimento dos reservatórios) a  $Q_{95}$  afluyente é superior à  $Q_{95}$  efluente, aquela UHE está reduzindo a vazão total outorgável natural nesta época e, portanto, deve ser cobrada por tal. Logicamente, nos meses secos esta tendência se inverte e o balanço anual entre vazões de regularização positivas e negativas tende a ser sempre favorável às UHE's; ou seja, tende a prevalecer a cobrança com sinal oposto. Além disso, cabe destacar que neste eventual cenário de outorgas e cobranças sazonais, a água será mais barata nos meses chuvosos (quando esta sub-parcela da cobrança corresponderia a um ônus) e mais cara nos meses secos (quando esta sub-parcela da cobrança corresponderia a um bônus). Tal fato tornaria este balanço anual ainda mais favorável às UHE's, o que é ótimo, uma vez que a cobrança deve obviamente estimular a regularização enquanto “injeção de água” firme na bacia.

Neste cenário de outorgas e cobranças sazonais, para a determinação da vazão de regularização a ser considerada a cada mês, existem então duas alternativas:

- Calcular as vazões de regularização numa base mensal (utilizando  $Q_{95}$  afluentes e efluentes mensais) e aplicá-las diretamente nos respectivos meses de referência;
- Calcular as vazões de regularização numa base mensal (utilizando  $Q_{95}$  afluentes e efluentes mensais), efetuar uma soma algébrica destas vazões de janeiro a dezembro (haverá valores positivos e negativos) e dividir a soma (que deverá ser positiva) por doze, de forma a obter uma vazão de regularização média mensal a ser considerada para a cobrança;

A segunda alternativa apresenta a vantagem de não alternar valores positivos e negativos mês a mês, tornando esta parcela mais estável e, portanto, de mais fácil aceitabilidade. A primeira alternativa, por sua vez, representa mais fielmente a

influência sazonal exercida na disponibilidade hídrica da bacia, apesar da alta variabilidade das parcelas geradas. No entanto, como a legislação brasileira atual impede que qualquer usuário seja credor do sistema, a lógica da primeira alternativa (anualmente os bônus prevaleceriam sobre os ônus) perderia totalmente a validade. Os ônus teriam que ser pagos e os bônus não poderiam ser embolsados. Todavia, como o próprio cenário de outorgas e cobranças sazonais já é um exercício de imaginação, este trabalho se “dá ao luxo” de exercitá-la um pouco mais e imaginar uma mudança de legislação na qual a primeira alternativa seja sim viável. Convém lembrar que este é um trabalho acadêmico em que a prioridade é a boa técnica.

Finalmente, cabe destacar que, caso seja de interesse dos comitês, podem ser utilizadas metodologias bem mais sofisticadas que esta para a determinação da sub-parcela de regularização. Para um exemplo interessante, utilizando o modelo de simulação hidrológica MSUI (Modelo de Simulação a Usinas Individualizadas), consultar SILVA e MELLO (1998, pp.2-7).

#### ***4.3.4 Demais Aspectos***

Certamente existem impactos bastante significativos causados por UHE's que não são mencionados nas propostas anteriores. Dentre estes, pode-se citar:

➤ **Controle de cheias**

Trata-se de uma prática já adotada por uma série de usinas hidrelétricas e que gera um impacto positivo. Uma vez que o Poder Público julgue conveniente, ele pode impor à determinada(s) usina(s), através do ONS/ANA, uma restrição operativa tal que determine a alocação de um volume de espera em seu(s) reservatório(s) com o intuito de retardar e amortecer o pico de ondas de cheias naturais. Em geral, tais determinações provêm de intensas negociações com os atores locais, constituindo-se num belo exemplo para a gestão de recursos hídricos no país;

➤ “Operação de ponta”

Conforme já mencionado, as usinas hidrelétricas, via de regra, têm autonomia para decidir sobre o regime horário de sua operação, desde que atendam às determinações de maior horizonte do ONS. Sendo assim, não raro elas optam por acumular o máximo de água durante a madrugada e o período diurno, para poder gerar o máximo de energia no horário de pico, em geral a partir das 18 h, quando a tarifa é mais cara devido à maior demanda. Trata-se da chamada “operação de ponta”.

No entanto, este tipo de operação pode ser extremamente danoso a usuários a jusante das usinas. Estes ficam obrigados a conviver diariamente com vazões mínimas ao longo da madrugada, manhã e tarde (quando a usina está guardando água) e com fortes ondas de despacho a partir do fim da tarde (horário de pico). Embora esta abrupta variação de vazões até tenda a se diluir ao longo do rio devido ao seu amortecimento natural, nos casos em que a calha fluvial não apresenta uma seção transversal muito grande e/ou as vazões defluentes no pico são enormemente maiores que as vazões no resto do dia, os efeitos podem ser desastrosos para os usuários a jusante, principalmente os mais próximos (inclusive as populações ribeirinhas).

➤ Alterações na piscosidade

Sabe-se que as usinas hidrelétricas podem alterar de maneira significativa a piscosidade na bacia em que estão inseridas. Este efeito ocorre principalmente devido a:

- Mudanças impostas ao regime fluvial, tanto pela regularização ao longo do ano como pelas operações de ponta;
- Alterações provocadas na qualidade da água (questão já discutida anteriormente neste trabalho);

- Barramento impedindo fluxo migratório de espécies que sobem o rio na época de reprodução (já existem usinas com escadas de peixes construídas para amenizar este problema).

Estas alterações podem ser positivas ou negativas, a depender das diversas variáveis envolvidas, inclusive das características particulares das espécies presentes na bacia.

No entanto, estes três impactos citados, além de vários outros não mencionados, têm em comum o fato de não influírem diretamente na disponibilidade hídrica da bacia. Em outras palavras, embora estes aspectos sejam sim relevantes para a gestão global das bacias, eles não impactam diretamente na alocação de água entre os usuários. Desta forma, entende-se que a fórmula geral de cobrança para as UHE's não deve contemplar tais fatores.

Todavia, nada impede que, devido a desejos ou necessidades específicas de uma bacia ou de um trecho dela, o seu respectivo comitê decida incluir algum destes fatores na fórmula de cobrança das UHE's<sup>8</sup> (tal decisão terá que ser homologada pelo Conselho Nacional ou Estadual de Recursos Hídricos, conforme a dominialidade das águas). Pelo contrário, trata-se de uma maneira salutar de induzir as usinas a operarem seus reservatórios de acordo com os interesses de todos os atores da bacia.

Por exemplo, imagina-se uma bacia com um problema crônico de enchentes em um determinado trecho. O comitê pode oferecer a uma usina, a montante do referido trecho, um desconto na cobrança proporcional ao volume de espera reservado por ela (em m<sup>3</sup>) ou, ainda melhor, proporcional à atenuação propiciada por esta no pico de uma cheia natural de projeto (em m<sup>3</sup>/s). A alternativa seria aguardar a sensibilização do Governo Federal para o problema de maneira a que este pudesse impor novas restrições operativas através do ONS.

---

<sup>8</sup> O entendimento atual é que os comitês têm autonomia para propor a cobrança apenas para as usinas isentas da compensação financeira, ou seja, para as PCH's. Para se alterar a fórmula da cobrança das UHE's de uma maneira geral, seria preciso uma discussão em âmbito nacional.

Outro exemplo seria o de uma bacia com uma relevante atividade de pesca sendo prejudicada por uma usina que causa impacto negativo sobre a piscosidade. Uma bela maneira de se resolver este problema é adotar um indicador representativo para o mesmo (como número provável de organismos de uma dada espécie por unidade de volume) e embutir este fator na cobrança da usina. Desta forma, o usuário hidrelétrico seria induzido a buscar soluções para minimizar o problema, por exemplo através da construção de uma escada de peixes.

## **5 Estudo de Caso: UHE's do Paraíba do Sul**

### **5.1 Motivação**

A motivação deste estudo de caso foi aplicar a metodologia proposta no item anterior a UHE's existentes, utilizando dados hidrológicos verídicos, para verificar a ordem de grandeza dos valores de cobrança que seriam gerados.

Cabe ressaltar que, para que a proposta deste trabalho seja considerada razoável, além de consistente tecnicamente, ela não deve gerar valores de cobrança proibitivos. Todavia, não existe nenhuma predisposição para que os valores simulados sejam iguais ou muito próximos aos valores de cobrança atualmente praticados.

### **5.2 Seleção**

A Bacia do Paraíba do Sul foi selecionada, principalmente, por se tratar de uma bacia na qual a cobrança pelo uso da água já está implementada. Já existe um comitê de bacia ativo desde 1996, o CEIVAP, e, mais recentemente, até a sua a agência de bacia, a AGEVAP, também foi instituída. Sendo assim, trata-se certamente da bacia mais avançada em termos de implementação de gestão de recursos hídricos no Brasil, segundo os princípios da Lei 9.433/97.

Além disso, por ser uma bacia que abrange uma área de enorme importância econômica para o país, é também uma das mais estudadas. Desta forma, a obtenção dos dados hidrológicos necessários para este estudo de caso seria supostamente mais fácil.

As UHE's selecionadas foram Paraibuna, Jaguari, Santa Branca, Funil e Ilha dos Pombos, sendo esta última a fio d'água. As UHE's que ficam a jusante da transposição da Elevatória de Santa Cecília, embora pertencentes ao mesmo sistema, não foram incorporadas neste estudo.

### 5.3 Metodologia

Definidas as UHE's a serem estudadas e os critérios de cobrança a serem aplicados, o próximo passo foi buscar os dados hidrológicos necessários. Cabe registrar que se tratou de uma tarefa muito mais árdua, demorada e exaustiva do que era esperado.

Os dados de evaporação foram obtidos diretamente da *homepage* do ONS (ONS, 2001). As áreas superficiais dos reservatórios, correspondentes ao nível máximo normal, foram obtidas na *homepage* da CESP (CESP, 2006), concessionária das usinas de Paraibuna e Jaguari, e no SIPOT (ELETROBRÁS, 2006). Uma planilha com as vazões diárias afluentes e efluentes às UHE's selecionadas, de 01/01/1995 a 15/01/2006, foi obtida por correio eletrônico junto ao ONS (ONS, 2006). Desta planilha, foi possível obter-se as  $Q_{95}$  afluente e efluente e as vazões médias mensais através de uma planilha do *software* Excel®. Considerou-se para tais cálculos o período de 01/01/1995 a 31/12/2004 (dez anos) e nenhum tratamento ou análise de consistência foi realizado com os dados recebidos.

Em relação aos dados de DBO, conseguiu-se através do Laboratório de Hidrologia da COPPE/UFRJ (LABHID, 2006) a série histórica de estações de qualidade de água a montante e a jusante de cada UHE selecionada neste estudo. Novamente, não se realizou nenhum tratamento ou análise de consistência. É importantíssimo ressaltar que as séries disponíveis são bastante curtas e descontínuas. A quantidade de medições em cada mês é totalmente heterogênea, sendo que nos meses de janeiro, fevereiro e dezembro a densidade de dados é, geralmente, bem menor que nos demais. Existem até casos de estações sem nenhuma medição histórica em certos meses. Nestes casos, adotou-se uma média entre os meses anterior e posterior. Outra ressalva é que existe uma pequena cidade entre a UHE Ilha dos Pombos e a estação de jusante, o que pode interferir nos resultados obtidos. Além disso, existem duas estações a montante da UHE Paraibuna (uma no rio Paraibuna e uma no Paraitinga) e duas estações a jusante da UHE Santa Branca. Em ambos os casos, as médias mensais foram calculadas para cada estação e depois se trabalhou com os valores médios entre as duas estações redundantes.

A tabela com as principais informações de cada estação utilizada pode ser encontrada no Apêndice A.

De posse dos dados necessários, foi possível calcular as vazões de captação, consumo e diluição para todas as UHE's consideradas. Para a simulação das respectivas cobranças, a escolha óbvia é a fórmula de cobrança atualmente em uso na bacia do Paraíba do Sul. A seguir transcreve-se esta fórmula, bem como a sua devida explicação, segundo a proposta original da COPPE (CAMPOS, J.D. *et al.*, 2001):

$$\text{“Cobrança total} = Q_{\text{cap}} \times [ K_0 + K_1 + (1 - K_1) \times (1 - K_2 K_3) ] \times \text{PPU} \quad (10)$$

Onde:

$Q_{\text{cap}}$  corresponde ao volume de água captada durante um mês ( $\text{m}^3/\text{mês}$ )

$K_0$  expressa o multiplicador de preço unitário para captação (inferior a 1,0 (um)).

$K_1$  expressa o coeficiente de consumo para a atividade em questão, ou seja, a relação entre o volume consumido e o volume captado pelo usuário (ou o índice correspondente à parte do volume captado que não retorna ao manancial).

$K_2$  expressa o percentual do volume de efluentes tratados em relação ao volume total de efluentes produzidos (ou o índice de cobertura de tratamento de efluentes doméstico ou industrial), ou seja, a relação entre a vazão efluente tratada e a vazão efluente bruta

$K_3$  expressa o nível de eficiência de redução de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) na Estação de Tratamento de Efluentes.

$\text{PPU}$  é o Preço Público Unitário correspondente à cobrança pela captação, pelo consumo e pela diluição de efluentes, para cada  $\text{m}^3$  de água captada ( $\text{R}\$/\text{m}^3$ ).

A fórmula de cobrança, na realidade bastante simples, pode também ser vista como a soma de três parcelas:

$$C = \underbrace{Q_{\text{cap}} \times K_0 \times \text{PPU}}_{1^{\text{a}} \text{ Parcela}} + \underbrace{Q_{\text{cap}} \times K_1 \times \text{PPU}}_{2^{\text{a}} \text{ Parcela}} + \underbrace{[Q_{\text{cap}} \times (1 - K_1) \times (1 - K_2 K_3)] \times \text{PPU}}_{3^{\text{a}} \text{ Parcela}} \quad (11)$$

A fórmula, com esse desmembramento, permite observar que:

- A 1ª parcela corresponde ao cálculo do valor cobrado pelo volume de água captada no manancial;
- A 2ª parcela corresponde ao cálculo do valor cobrado pelo volume de água efetivamente consumido pelo usuário, ou seja, aquele volume que foi captado mas não retornará ao corpo hídrico como efluente;
- A 3ª parcela corresponde ao cálculo do valor cobrado pelo despejo de efluente no corpo receptor; cálculo que incorpora reduções de valor decorrentes do percentual de efluentes tratados ( $K_2$ ) e, ainda, do nível de eficiência desse tratamento ( $K_3$ ).

A base técnica da fórmula considera, portanto, tanto os aspectos de quantidade (captação, consumo), quanto o aspecto de qualidade (DBO).

O fator  $K_0$  foi introduzido na fórmula de cobrança com a preocupação de considerar a captação como um fato gerador de cobrança tal qual o consumo e a diluição de efluentes. Pois o fato de um usuário dispor de uma “reserva de água”, correspondente à sua outorga, já é motivo suficiente para haver a cobrança; afinal, essa água reservada não poderá ser utilizada por outro usuário a montante.

Ao se instituir um  $K_0$  menor que 1, procurou-se estabelecer uma relação de importância entre a captação e o consumo. A premissa básica dessa relação é que o consumo é mais impactante do que a captação uma vez que indisponibiliza, de forma definitiva, a água para outros usos. O peso a ser dado ao  $K_0$  (entre 0 e 1) deverá ser definido pelo CEIVAP.

Em relação à segunda parcela, o valor a ser pago dependerá da vazão captada efetivamente consumida, expressa pelo coeficiente de consumo  $K_1$ .

Quanto à terceira parcela, foram considerados os esforços daqueles que já buscam racionalizar o uso da água ou diminuir os níveis de poluição dos seus efluentes. Nesse último caso, a expressão  $(1 - K_2 - K_3)$  corresponde a um fator de redução do valor da cobrança a ser pago pelo usuário.”

O CEIVAP definiu posteriormente o valor de  $K_0$  em 0,4 e o PPU<sup>9</sup> em R\$0,02/m<sup>3</sup>.

Para as parcelas de captação e consumo, a aplicação da fórmula, segundo a metodologia proposta, é bastante simples, bastando substituir o produto  $(Q_{cap} \times K_1)$  diretamente pela vazão de consumo, uma vez que o coeficiente  $K_1$  não se aplica ao caso das UHE's. No entanto, no que se refere à parcela de diluição, a aplicação da fórmula é bastante complicada. Não apenas o conceito de vazão de diluição ainda não é considerado, como os coeficientes  $K_2$  e  $K_3$  não têm a menor aplicabilidade no caso das UHE's, que não lançam poluentes no rio e, obviamente, não possuem estações de tratamento de efluentes. Desta forma, em se utilizando a fórmula atual do CEIVAP, entende-se que esta parcela de diluição deve ser desprezada para o caso de UHE's, uma vez que não faz sentido incentivar um aumento de eficiência de estações de tratamento de efluentes que simplesmente não existem.

No entanto, já que a fórmula atual não é capaz de representar bem o uso diluição conforme proposto, optou-se por trabalhar também com uma proposta de evolução da fórmula de cobrança do CEIVAP, desenvolvida também pela COPPE, a fim de atender ao disposto no PL 1.616/99. Seguindo esta orientação, a nova formulação leva em consideração (CANEDO DE MAGALHÃES *et al.*, 2003):

- “a capacidade de diluição do corpo receptor, expressa em “volumes de água indisponibilizados” pelo lançamento de um determinado usuário;

---

<sup>9</sup> O PPU definido pelo CEIVAP em R\$0,02/m<sup>3</sup> é válido para os setores industriais, de saneamento e de mineração de areia. Para os setores de agropecuária e aquíicultura, os valores são R\$0,0005/m<sup>3</sup> e R\$0,0004/m<sup>3</sup> respectivamente.

- que o usuário, ao captar água com poluentes, é passível de compensação financeira, podendo, inclusive, ser credor do sistema de cobrança quando devolver ao rio água em qualidade superior à captada.”

Segue uma breve explicação desta nova formulação, retirada de CANEDO DE MAGALHÃES *et al.* (2003, pp. 4-5):

Esta parcela pode ser negativa quando a qualidade do efluente for superior à de captação.

$$C = Q_{\text{cap}} \times k_0 \times \text{PPU} + Q_{\text{cap}} \times k_1 \times \text{PPU} + \underbrace{\{[\text{Carga efluente} - \text{Carga coletada}] : C_{\text{meta}}\}}_{\text{Vazão de diluição}} \times \text{PPU} \quad (12)$$

$$C = \underbrace{Q_{\text{cap}} \times k_0 \times \text{PPU}}_{\text{cobrança pela Captação}} + \underbrace{Q_{\text{cap}} \times k_1 \times \text{PPU}}_{\text{cobrança pelo Consumo}} + \underbrace{\{[Q_{\text{eflu}} \times C_{\text{eflu}} - Q_{\text{cap}} \times C_{\text{cap}}] : (K_5 \times C_{\text{meta}})\}}_{\text{cobrança pela Diluição de efluentes}} \times \text{PPU} \times K_4 \quad (13)$$

Onde:

$C$  = Valor total da cobrança (R\$/mês)

$\text{PPU}$  = Preços públicos unitários, a serem definidos pelo Comitê, para cada uma das parcelas

$Q_{\text{cap}}$  = Volume de água captada durante um mês ( $\text{m}^3/\text{mês}$ )

$Q_{\text{cons}}$  = Volume de água consumido pelo processo produtivo durante um mês ( $\text{m}^3/\text{mês}$ )

$Q_{\text{eflu}}$  = Volume de água restituído ao corpo hídrico em um mês ( $\text{m}^3/\text{mês}$ )

$C_{\text{eflu}}$  = Concentração-padrão de cada poluente por tipologia ou concentração do efluente pré-tratamento

$C_{\text{cap}}$  = Concentração do poluente no corpo hídrico de captação

$C_{\text{meta}}$  = Concentração meta do rio para o poluente

$K_0$  = coeficiente que altera o preço unitário da captação

$K_1$  = coeficiente que representa a parcela da captação que é efetivamente consumida

$K_4$  = coeficiente que altera o preço unitário da diluição

$K_5$  = coeficiente para flexibilizar a concentração meta

Os valores de PPU e  $K_0$  adotados serão os mesmos da fórmula atual do CEIVAP, a fim de tornar mais realista a comparação. Quanto ao coeficiente  $K_4$ , como a diluição apresenta um impacto intermediário entre os usos captação e consumo (vide item 3.7 e tabela 3.1), este trabalho adotará o valor 0,7. O coeficiente  $K_5$  não será utilizado e, portanto, assumirá valor de 1,0.

Em resumo, trata-se de uma fórmula bastante similar à anterior no que tange às parcelas de captação e consumo, mas que apresenta a grande vantagem de considerar o “balanço de cargas” e a vazão de diluição.

Para enriquecer o estudo, além de trabalhar com estas duas fórmulas de cobrança, este trabalho simulou dois cenários diferentes:

1. Neste cenário valem as premissas das leis atuais. As outorgas e cobranças são únicas ao longo do ano e nenhum usuário pode ser credor do sistema;
2. Este cenário é o já mencionado “exercício de imaginação”; uma simulação de um possível futuro sistema de outorgas e cobranças. As outorgas e cobranças são sazonais e é possível que usuários sejam credores do sistema, se esta condição se justificar. O preço da água (PPU) nos seis meses mais secos (maio a outubro) é o dobro do preço nos demais meses mais chuvosos (novembro a abril). Na estação seca trabalha-se com 1,50 do PPU atual ( $PPU = 1,50 \times R\$ 0,02 = R\$ 0,03$ ) e nos demais meses com 0,75 do PPU atual ( $PPU = 0,75 \times R\$ 0,02 = R\$ 0,015$ ).

Para cada UHE selecionada neste trabalho foi simulado um caso-base em que não há outorga de captação e, portanto, também não há a cobrança correspondente. Para aumentar a abrangência do estudo, também foram simulados dois casos em que as UHE's solicitam e obtêm uma outorga de captação de  $15 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Finalmente, simuladas as cobranças segundo a metodologia proposta neste trabalho, buscou-se o valor da cobrança atualmente aplicada ao setor hidrelétrico, a título de comparação. O período considerado foi de janeiro de 2001 a agosto de 2005, inclusive. Tais dados foram obtidos diretamente da *homepage* da ANEEL (ANEEL, 2005).

## **5.4 Resultados**

Neste item serão expostos, para cada UHE selecionada e para cada cenário considerado, os cálculos para a determinação das vazões de diluição e consumo, bem como a aplicação das fórmulas de cobrança propostas (doravante denominadas “CEIVAP atual” e “CEIVAP evolução”). Deve ser lembrado que, segundo a metodologia proposta, a vazão de captação (compulsória) para as UHE’s é nula.

Os cálculos foram efetuados em planilhas eletrônicas do *software* Excel®. Para maior clareza, os dados de entrada estarão sempre em itálico e os dados calculados em estilo normal. As cores de fundo também serão diferenciadas.

O detalhamento das fórmulas utilizadas será feito apenas para o primeiro caso (UHE Paraibuna), pois as planilhas são as mesmas para todos os demais.

### **5.4.1 UHE Paraibuna**

#### **5.4.1.1 Uso Diluição**

O trecho jusante desta UHE é enquadrado na classe 1 (águas doces) e, portanto, apresenta a concentração meta de 3,0 mg/l para o parâmetro DBO.

**Tabela 5.1 – Cálculo das vazões de diluição na UHE Paraibuna**

MÊS	DILUIÇÃO					
	Vazão média efluente (m³/s)	Vazão média afluyente (m³/s)	DBO efluente (mg/l)	DBO afluyente (mg/l)	CENÁRIO 1*	CENÁRIO 2**
					Vazão de diluição (m³/s)	Vazão de diluição (m³/s)
JAN	38,96	109,52	2,7	5,0	-0,5	0,0
FEV	40,83	128,22	4,8	7,0	-0,5	0,0
MAR	47,77	93,11	3,9	5,7	-0,5	0,0
ABR	41,03	58,43	2,5	1,5	-0,5	0,0
MAI	69,46	50,96	2,0	2,4	-0,5	-2,5
JUN	75,93	45,23	2,1	2,3	-0,5	-2,6
JUL	78,50	40,77	2,5	1,8	-0,5	9,9
AGO	83,30	34,50	1,6	1,8	-0,5	-3,3
SET	85,89	43,60	2,0	2,7	-0,5	-10,1
OUT	71,86	51,65	2,1	1,9	-0,5	1,6
NOV	61,22	58,31	1,6	1,1	-0,5	0,5
DEZ	54,15	70,96	2,7	3,0	-0,5	0,0
GLOBAL	N/A	N/A	N/A	N/A	-0,5	N/A

\*Cenário institucional atual

\*\* Cenário institucional imaginário, com outorgas e cobranças sazonais e usuários podendo ser credores do sistema

A fórmula de cálculo da vazão de diluição no cenário 2 (coluna 7) é a seguinte:

- Se o valor da coluna (2) é inferior ao da coluna (3), a vazão de diluição é igual a zero. É o que ocorre no mês de janeiro, por exemplo, já que  $38,96 < 109,52$ .
- Se o valor da coluna (2) é superior ao da coluna (3), a vazão de diluição é calculada pela equação (1), substituindo-se  $Q_{cap}$  e  $Q_{eflu}$  pela diferença entre o valor da coluna (1) e o valor da coluna (2).  $C_{eflu}$  é o valor da coluna (4) e  $C_{afllu}$  é o da coluna (5). Para o mês de maio, por exemplo, teríamos:

$$Q_{dil} = \frac{((69,46 - 50,96) \times 2,0 - (69,46 - 50,96) \times 2,4)}{3,0} = -2,5 \text{ m}^3 / \text{s}$$

No caso do cenário 2, não faz sentido calcular vazão de diluição global, uma vez que a cobrança é mês a mês.

Para o cálculo da vazão de diluição no cenário 1 (coluna 6), basta somar algebricamente as vazões de diluição mensais obtidas no cenário 2 (coluna 7, linhas 4 a 15) e dividir

este montante por doze. O valor obtido é um valor global a ser aplicado em todos os meses. Neste exemplo:

$$Q_{dil} = \frac{[0+0+0+0+(-2,5)+(-2,6)+9,9+(-3,3)+(-10,1)+1,6+0,5+0]}{12} = -0,5m^3 / s$$

#### 5.4.1.2 Uso Consumo

Como esta UHE específica conta com dois reservatórios, Paraibuna e Paraitinga, a área superficial adotada foi a soma da área dos mesmos.

**Tabela 5.2 – Cálculo das vazões de consumo na UHE Paraibuna**

MÊS	CONSUMO								
	Evaporação Líquida Média (mm/mês)	Área superficial NA max normal (km²)	Vazão de evaporação (m³/s)	Q <sub>95</sub> efluente (m³/s)	Q <sub>95</sub> afluyente (m³/s)	CENÁRIO 1		CENÁRIO 2	
						Vazão de regularização (m³/s)	Vazão de consumo (m³/s)	Vazão de regularização (m³/s)	Vazão de consumo (m³/s)
JAN	3	224	0,26	30,00	44,00	6,00	-5,74	-7,00	7,26
FEV	5	224	0,43	30,00	45,00	6,00	-5,57	-7,50	7,93
MAR	27	224	2,33	30,00	37,00	6,00	-3,67	-3,50	5,83
ABR	42	224	3,63	30,00	31,00	6,00	-2,37	-0,50	4,13
MAI	50	224	4,32	31,00	21,00	6,00	-1,68	5,00	-0,68
JUN	47	224	4,06	31,00	14,00	6,00	-1,94	8,50	-4,44
JUL	29	224	2,51	35,00	14,00	6,00	-3,49	10,50	-7,99
AGO	17	224	1,47	36,00	12,00	6,00	-4,53	12,00	-10,53
SET	11	224	0,95	35,00	14,00	6,00	-5,05	10,50	-9,55
OUT	1	224	0,09	30,00	15,00	6,00	-5,91	7,50	-7,41
NOV	-10	224	-0,86	30,00	20,00	6,00	-6,86	5,00	-5,86
DEZ	3	224	0,26	30,00	24,00	6,00	-5,74	3,00	-2,74
GLOBAL	19	224	1,62	30,00	18,00	6,00	-4,38	N/A	N/A

A vazão de evaporação (coluna 4) é calculada através do produto do valor da coluna (2) pelo da coluna (3), multiplicando-se ainda pelos fatores de conversão de unidades. Para o mês de abril, por exemplo, teríamos:

$$Q_{evap} = \frac{(42) \times (224) \times 10^6 (m^2 / km^2)}{10^3 (mm / m) \times (30 \times 24 \times 60 \times 60) (s / mês)} = 3,63m^3 / s$$

A vazão de regularização no cenário 2 (coluna 9) é a diferença entre a metade da Q<sub>95</sub> mensal efluente (coluna 5) e a metade da Q<sub>95</sub> mensal afluyente (coluna 6). Por exemplo, em maio teríamos:

$$Q_{regul} = \left( \frac{31,00}{2} \right) - \left( \frac{21,00}{2} \right) = 5,00 m^3 / s$$

Já no cenário 1, a vazão de regularização (coluna 7) é a diferença entre a metade da  $Q_{95}$  global efluente (coluna 5, linha 15) e a metade da  $Q_{95}$  global afluyente (coluna 6, linha 15). Este valor global deve ser aplicado em todos os meses. Neste exemplo:

$$Q_{regul} = \left( \frac{30,00}{2} \right) - \left( \frac{18,00}{2} \right) = 6,00 m^3 / s$$

Cabe destacar que a  $Q_{95}$  global não é a soma nem a média das  $Q_{95}$  mensais, sendo um valor obtido através de cálculos estatísticos que abrangem as medições consideradas em todos os meses.

A vazão de consumo, em ambos os cenários (colunas 8 ou 10), é o valor da vazão de evaporação (coluna 4) subtraído da vazão de regularização (coluna 7 ou 9). No mês de agosto, por exemplo, teríamos:

Cenário 1:

$$Q_{cons} = 1,47 - 6,00 = - 4,53 m^3/s$$

Cenário 2:

$$Q_{cons} = 1,47 - 12,00 = - 10,53 m^3/s$$

#### **5.4.1.3 Valores de Cobrança**

A seguir uma tabela com os valores de cobrança calculados para ambos os cenários, com ambas as fórmulas. Nas últimas duas colunas são mostradas as médias dos valores pagos pela referida UHE nos últimos cinco anos a título de compensação financeira (ANEEL, 2005). Como este trabalho não pretende discutir se os 6,75% sobre a energia gerada ou somente os 0,75% acrescidos pela Lei 9.984/00 correspondem à cobrança pelo uso da água, ambos os valores são mostrados.

**Tabela 5.3 – Cálculo dos valores de cobrança na UHE Paraibuna**

MÊS	COBRANÇAS					
	CENÁRIO 1		CENÁRIO 2		COBRANÇA ATUAL	
	CEIVAP atual	CEIVAP evolução	CEIVAP atual	CEIVAP evolução	6,75% da Energia Gerada	0,75% da Energia Gerada
JAN	-R\$ 297.600,00	-R\$ 317.278,29	R\$ 282.240,00	R\$ 282.240,00	R\$ 34.284,92	R\$ 3.809,44
FEV	-R\$ 288.640,00	-R\$ 308.318,29	R\$ 308.400,00	R\$ 308.400,00	R\$ 33.832,48	R\$ 3.759,16
MAR	-R\$ 190.080,00	-R\$ 209.758,29	R\$ 226.800,00	R\$ 226.800,00	R\$ 44.617,80	R\$ 4.957,53
ABR	-R\$ 122.880,00	-R\$ 142.558,29	R\$ 160.560,00	R\$ 160.560,00	R\$ 46.806,00	R\$ 5.200,67
MAI	-R\$ 87.040,00	-R\$ 106.718,29	-R\$ 52.800,00	-R\$ 187.065,60	R\$ 54.599,40	R\$ 6.066,60
JUN	-R\$ 100.480,00	-R\$ 120.158,29	-R\$ 345.120,00	-R\$ 484.360,08	R\$ 64.719,40	R\$ 7.191,04
JUL	-R\$ 181.120,00	-R\$ 200.798,29	-R\$ 621.600,00	-R\$ 84.886,14	R\$ 80.053,60	R\$ 8.894,84
AGO	-R\$ 234.880,00	-R\$ 254.558,29	-R\$ 818.880,00	-R\$ 1.000.392,58	R\$ 82.102,40	R\$ 9.122,49
SET	-R\$ 261.760,00	-R\$ 281.438,29	-R\$ 742.560,00	-R\$ 1.291.229,72	R\$ 91.157,20	R\$ 10.128,58
OUT	-R\$ 306.560,00	-R\$ 326.238,29	-R\$ 576.480,00	-R\$ 490.906,65	R\$ 57.589,50	R\$ 6.398,83
NOV	-R\$ 355.840,00	-R\$ 375.518,29	-R\$ 228.000,00	-R\$ 214.404,25	R\$ 47.314,75	R\$ 5.257,19
DEZ	-R\$ 297.600,00	-R\$ 317.278,29	-R\$ 106.560,00	-R\$ 106.560,00	R\$ 39.470,00	R\$ 4.385,56
GLOBAL	-R\$ 227.040,00	-R\$ 246.718,29	-R\$ 209.500,00	-R\$ 240.150,42	R\$ 56.378,95	R\$ 6.264,33

Inicialmente, convém mencionar que nesta tabela os valores globais (última linha) são a média dos valores mensais. Sendo assim, eles representam o valor médio que seria pago pela UHE a cada mês.

O cálculo pela fórmula CEIVAP atual, para o cenário 1, é feito pela equação (8), reproduzida a seguir:

$$C = Q_{\text{cap}} \times K_0 \times \text{PPU} + Q_{\text{cap}} \times K_1 \times \text{PPU} + [Q_{\text{cap}} \times (1 - K_1) \times (1 - K_2 \times K_3)] \times \text{PPU} \quad (8)$$

Neste caso,  $Q_{\text{cap}}$  está sendo considerada nula;  $K_0$  é igual a 1,4; o PPU é igual a R\$ 0,02/m<sup>3</sup>;  $K_1$  não faz sentido, mas  $Q_{\text{cap}} \times K_1$  é igual a  $Q_{\text{cons}}$  e a última parcela, referente à diluição, está sendo desconsiderada. Para o mês de novembro, por exemplo, teríamos:

$$C = [0,0 \times 0,4 \times 0,02 + (-6,86) \times 0,02 + 0,0] \times (30 \times 24 \times 60 \times 60) \text{ (s/mês)}$$

$$C = - \text{R\$ } 355.840,00$$

Ainda no cenário 1, para o cálculo pela fórmula CEIVAP evolução, foi utilizada a equação (10):

$$C = Q_{\text{cap}} \times k_0 \times \text{PPU} + Q_{\text{cap}} \times k_1 \times \text{PPU} + \{ [Q_{\text{eflu}} \times C_{\text{eflu}} - Q_{\text{cap}} \times C_{\text{cap}}] : (K_5 \times C_{\text{meta}}) \} \times \text{PPU} \times K_4 \quad (10)$$

Neste caso,  $Q_{cap}$ ,  $K_0$ ,  $K_1$  e o PPU assumem os mesmos valores adotados para a fórmula CEIVAP atual e o termo da última parcela entre chaves é a própria vazão de diluição, já calculada anteriormente. O valor adotado para o coeficiente  $K_4$  foi 0,7. Para o mês de junho, por exemplo, teríamos:

$$C = [0,0 \times 0,4 \times 0,02] + [(-1,94) \times 0,02] + [(-0,5) \times 0,02 \times 0,7] \times (30 \times 24 \times 60 \times 60) \text{ (s/mês)}$$

$$C = - \text{R\$ } 120.158,29$$

O cálculo pela fórmula CEIVAP atual para o cenário 2 também é feito pela equação (8), sendo a sua aplicação bem parecida com a do cenário 1. As únicas diferenças são a variação do PPU ao longo do ano (R\$ 0,03/m<sup>3</sup> na época seca e R\$ 0,015/m<sup>3</sup> na época mais chuvosa) e, obviamente, a utilização da vazão de consumo calculada segundo os critérios do cenário 2. Para o mês de março, por exemplo, teríamos:

$$C = [0,0 \times 0,4 \times 0,015 + 5,83 \times 0,015 + 0,0] \times (30 \times 24 \times 60 \times 60) \text{ (s/mês)}$$

$$C = \text{R\$ } 226.800,00$$

Para o cálculo pela fórmula CEIVAP evolução (equação (10)), as únicas diferenças do cenário 2 para o cenário 1 são novamente a variação do PPU ao longo do ano e a utilização das vazões de consumo e diluição calculadas segundo os critérios específicos do cenário. Para o mês de julho, por exemplo, teríamos:

$$C = [0,0 \times 0,4 \times 0,03] + [(-7,99) \times 0,03] + [(9,9) \times 0,03 \times 0,7] \times (30 \times 24 \times 60 \times 60)$$

$$C = - \text{R\$ } 84.886,14$$

#### **5.4.1.4 Observações Importantes**

1. Nos exemplos mostrados, nem sempre as contas indicadas resultam em um valor exatamente igual ao da resposta final e ao da tabela correspondente. Isto ocorre porque estes exemplos estão sendo calculados com poucas casas decimais, enquanto que o Excel® trabalha com uma precisão muitíssimo superior.

2. Mesmo no cenário 1, de muito menor flexibilidade, não há nenhum problema metodológico em se calcular as vazões de evaporação em bases mensais, o que é conceitualmente preferível e por isso foi adotado.
3. Vazão de consumo negativa significa que o uso consumo apresenta sinal oposto naquele período e, portanto, a parcela da cobrança referente a tal uso também apresenta sinal oposto. Entretanto, vazão de regularização negativa indica que a UHE está reduzindo a disponibilidade hídrica naquele período e, portanto, a cobrança deve incidir com sinal convencional. Deve ser lembrado que  $Q_{\text{cons}} = Q_{\text{evap}} - Q_{\text{regul}}$ .
4. Deve-se observar que o cálculo da vazão de regularização não se aplica no caso da UHE Ilha dos Pombos especificamente. Por definição, as UHE's que operam a fio d'água são aquelas que não fazem regularização (exceto possivelmente em curtíssimo prazo) e, portanto, apresentam volume útil de seus reservatórios igual a zero.
5. Os valores de cobrança negativos calculados no cenário 1 servem apenas para comparação com o cenário 2. Na verdade, como aquele cenário impede que qualquer usuário seja credor do sistema, sempre que o valor final da cobrança for negativo, deve ser entendido que o valor real da cobrança seria nulo.

## **5.4.2 UHE Jaguari**

### **5.4.2.1 Uso Diluição**

O trecho jusante desta UHE é enquadrado na classe 2 (águas doces) e, portanto, apresenta a concentração meta de 5,0 mg/l para o parâmetro DBO.

**Tabela 5.4 – Cálculo das vazões de diluição na UHE Jaguari**

MÊS	DILUIÇÃO					
	Vazão média efluente (m³/s)	Vazão média afluente (m³/s)	DBO efluente (mg/l)	DBO afluente (mg/l)	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2
					Vazão de diluição (m³/s)	Vazão de diluição (m³/s)
JAN	13,29	42,36	1,5	1,1	0,3	0,0
FEV	16,88	47,72	2,0	1,6	0,3	0,0
MAR	17,04	37,82	2,0	1,3	0,3	0,0
ABR	15,56	21,89	2,0	1,5	0,3	0,0
MAI	25,19	18,46	1,0	1,2	0,3	-0,2
JUN	27,06	16,70	2,3	1,6	0,3	1,3
JUL	30,10	14,20	1,3	1,2	0,3	0,5
AGO	30,52	12,04	1,5	1,3	0,3	0,9
SET	30,94	15,38	1,0	1,2	0,3	-0,5
OUT	27,51	17,66	1,8	1,1	0,3	1,2
NOV	19,86	19,90	2,3	1,0	0,3	0,0
DEZ	17,51	27,20	1,5	1,3	0,3	0,0
GLOBAL	N/A	N/A	N/A	N/A	0,3	N/A

**5.4.2.2 Uso Consumo**

**Tabela 5.5 – Cálculo das vazões de consumo na UHE Jaguari**

MÊS	CONSUMO								
	Evaporação Líquida Média (mm/mês)	Área superficial NA max normal (km²)	Vazão de evaporação (m³/s)	Q <sub>95</sub> efluente (m³/s)	Q <sub>95</sub> afluente (m³/s)	CENÁRIO 1		CENÁRIO 2	
						Vazão de regularização (m³/s)	Vazão de consumo (m³/s)	Vazão de regularização (m³/s)	Vazão de consumo (m³/s)
JAN	11	56	0,24	10,00	14,00	2,00	-1,76	-2,00	2,24
FEV	5	56	0,11	10,00	18,00	2,00	-1,89	-4,00	4,11
MAR	23	56	0,50	7,00	17,00	2,00	-1,50	-5,00	5,50
ABR	42	56	0,91	7,00	12,00	2,00	-1,09	-2,50	3,41
MAI	53	56	1,15	7,00	8,00	2,00	-0,85	-0,50	1,65
JUN	47	56	1,02	7,00	7,00	2,00	-0,98	0,00	1,02
JUL	35	56	0,76	11,00	4,00	2,00	-1,24	3,50	-2,74
AGO	27	56	0,58	10,00	5,00	2,00	-1,42	2,50	-1,92
SET	27	56	0,58	10,00	4,00	2,00	-1,42	3,00	-2,42
OUT	12	56	0,26	10,00	5,00	2,00	-1,74	2,50	-2,24
NOV	-1	56	-0,02	10,00	7,00	2,00	-2,02	1,50	-1,52
DEZ	13	56	0,28	10,00	10,00	2,00	-1,72	0,00	0,28
GLOBAL	25	56	0,53	10,00	6,00	2,00	-1,47	N/A	N/A

### 5.4.2.3 Valores de Cobrança

**Tabela 5.6 – Cálculo dos valores de cobrança na UHE Jaguari**

MÊS	COBRANÇAS					
	CENÁRIO 1		CENÁRIO 2		COBRANÇA ATUAL	
	CEIVAP atual	CEIVAP evolução	CEIVAP atual	CEIVAP evolução	6,75% da Energia Gerada	0,75% da Energia Gerada
JAN	-R\$ 91.360,00	-R\$ 81.571,09	R\$ 87.000,00	R\$ 87.000,00	R\$ 8.518,40	R\$ 946,49
FEV	-R\$ 98.080,00	-R\$ 88.291,09	R\$ 159.720,00	R\$ 159.720,00	R\$ 10.868,40	R\$ 1.207,60
MAR	-R\$ 77.920,00	-R\$ 68.131,09	R\$ 213.720,00	R\$ 213.720,00	R\$ 10.235,40	R\$ 1.137,27
ABR	-R\$ 56.640,00	-R\$ 46.851,09	R\$ 132.480,00	R\$ 132.480,00	R\$ 15.245,00	R\$ 1.693,89
MAI	-R\$ 44.320,00	-R\$ 34.531,09	R\$ 127.920,00	R\$ 115.710,84	R\$ 17.964,60	R\$ 1.996,07
JUN	-R\$ 51.040,00	-R\$ 41.251,09	R\$ 78.960,00	R\$ 149.472,12	R\$ 18.246,20	R\$ 2.027,36
JUL	-R\$ 64.480,00	-R\$ 54.691,09	-R\$ 213.360,00	-R\$ 184.505,19	R\$ 24.043,20	R\$ 2.671,47
AGO	-R\$ 73.440,00	-R\$ 63.651,09	-R\$ 149.040,00	-R\$ 98.751,86	R\$ 28.166,80	R\$ 3.129,64
SET	-R\$ 73.440,00	-R\$ 63.651,09	-R\$ 187.920,00	-R\$ 216.152,06	R\$ 17.289,80	R\$ 1.921,09
OUT	-R\$ 90.240,00	-R\$ 80.451,09	-R\$ 174.240,00	-R\$ 107.253,52	R\$ 13.807,25	R\$ 1.534,14
NOV	-R\$ 104.800,00	-R\$ 95.011,09	-R\$ 59.160,00	-R\$ 59.160,00	R\$ 11.464,25	R\$ 1.273,81
DEZ	-R\$ 89.120,00	-R\$ 79.331,09	R\$ 10.920,00	R\$ 10.920,00	R\$ 9.158,25	R\$ 1.017,58
GLOBAL	-R\$ 76.240,00	-R\$ 66.451,09	R\$ 2.250,00	R\$ 16.933,36	R\$ 15.417,30	R\$ 1.713,03

### 5.4.3 UHE Santa Branca

#### 5.4.3.1 Uso Diluição

O trecho jusante desta UHE é enquadrado na classe 2 (águas doces) e, portanto, apresenta a concentração meta de 5,0 mg/l para o parâmetro DBO.

**Tabela 5.7 – Cálculo das vazões de diluição na UHE Santa Branca**

MÊS	DILUIÇÃO					
	Vazão média efluente (m³/s)	Vazão média afluente (m³/s)	DBO efluente (mg/l)	DBO afluente (mg/l)	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2
					Vazão de diluição (m³/s)	Vazão de diluição (m³/s)
JAN	50,55	58,48	2,1	2,7	-0,2	0,0
FEV	52,08	60,89	3,5	4,8	-0,2	0,0
MAR	47,18	60,04	1,9	3,9	-0,2	0,0
ABR	40,68	48,15	1,6	2,5	-0,2	0,0
MAI	74,51	78,59	1,6	2,0	-0,2	0,0
JUN	87,94	84,44	1,4	2,1	-0,2	-0,5
JUL	90,52	88,31	1,9	2,5	-0,2	-0,3
AGO	102,70	91,75	1,6	1,6	-0,2	0,0
SET	104,00	95,76	1,1	2,0	-0,2	-1,5
OUT	87,77	83,58	1,9	2,1	-0,2	-0,2
NOV	75,92	71,86	2,4	1,6	-0,2	0,6
DEZ	66,01	66,18	1,9	2,7	-0,2	0,0
GLOBAL	N/A	N/A	N/A	N/A	-0,2	N/A

### 5.4.3.2 Uso Consumo

Tabela 5.8 – Cálculo das vazões de consumo na UHE Santa Branca

MÊS	CONSUMO								
	Evaporação Líquida Média (mm/mês)	Área superficial NA max normal (km²)	Vazão de evaporação (m³/s)	Q <sub>95</sub> efluente (m³/s)	Q <sub>95</sub> afluyente (m³/s)	CENÁRIO 1		CENÁRIO 2	
						Vazão de regularização (m³/s)	Vazão de consumo (m³/s)	Vazão de regularização (m³/s)	Vazão de consumo (m³/s)
JAN	8	28	0,09	40,00	35,00	1,50	-1,41	2,50	-2,41
FEV	7	28	0,08	40,00	36,00	1,50	-1,42	2,00	-1,92
MAR	27	28	0,29	36,00	36,00	1,50	-1,21	0,00	0,29
ABR	45	28	0,49	36,00	36,00	1,50	-1,01	0,00	0,49
MAI	55	28	0,59	36,00	37,00	1,50	-0,91	-0,50	1,09
JUN	48	28	0,52	36,00	36,00	1,50	-0,98	0,00	0,52
JUL	32	28	0,35	40,00	40,00	1,50	-1,15	0,00	0,35
AGO	22	28	0,24	40,00	42,00	1,50	-1,26	-1,00	1,24
SET	18	28	0,19	40,00	40,00	1,50	-1,31	0,00	0,19
OUT	5	28	0,05	40,00	37,00	1,50	-1,45	1,50	-1,45
NOV	-7	28	-0,08	40,00	34,00	1,50	-1,58	3,00	-3,08
DEZ	9	28	0,10	40,00	36,00	1,50	-1,40	2,00	-1,90
GLOBAL	22	28	0,24	39,00	36,00	1,50	-1,26	N/A	N/A

### 5.4.3.3 Valores de Cobrança

Tabela 5.9 – Cálculo dos valores de cobrança na UHE Santa Branca

MÊS	COBRANÇAS					
	CENÁRIO 1		CENÁRIO 2		COBRANÇA ATUAL	
	CEIVAP atual	CEIVAP evolução	CEIVAP atual	CEIVAP evolução	6,75% da Energia Gerada	0,75% da Energia Gerada
JAN	-R\$ 73.280,00	-R\$ 78.812,91	-R\$ 93.840,00	-R\$ 93.840,00	R\$ 22.083,20	R\$ 2.453,69
FEV	-R\$ 73.840,00	-R\$ 79.372,91	-R\$ 74.820,00	-R\$ 74.820,00	R\$ 20.955,20	R\$ 2.328,36
MAR	-R\$ 62.640,00	-R\$ 68.172,91	R\$ 11.340,00	R\$ 11.340,00	R\$ 23.774,80	R\$ 2.641,64
ABR	-R\$ 52.560,00	-R\$ 58.092,91	R\$ 18.900,00	R\$ 18.900,00	R\$ 23.382,80	R\$ 2.598,09
MAI	-R\$ 46.960,00	-R\$ 52.492,91	R\$ 85.080,00	R\$ 85.080,00	R\$ 30.221,80	R\$ 3.357,98
JUN	-R\$ 50.880,00	-R\$ 56.412,91	R\$ 40.320,00	R\$ 14.989,55	R\$ 38.806,60	R\$ 4.311,84
JUL	-R\$ 59.840,00	-R\$ 65.372,91	R\$ 26.880,00	R\$ 11.145,56	R\$ 43.432,60	R\$ 4.825,84
AGO	-R\$ 65.440,00	-R\$ 70.972,91	R\$ 96.240,00	R\$ 96.240,00	R\$ 42.250,60	R\$ 4.694,51
SET	-R\$ 67.680,00	-R\$ 73.212,91	R\$ 15.120,00	-R\$ 64.011,70	R\$ 41.436,40	R\$ 4.604,04
OUT	-R\$ 74.960,00	-R\$ 80.492,91	-R\$ 112.440,00	-R\$ 124.984,82	R\$ 33.275,50	R\$ 3.697,28
NOV	-R\$ 81.680,00	-R\$ 87.212,91	-R\$ 119.580,00	-R\$ 103.005,46	R\$ 24.606,75	R\$ 2.734,08
DEZ	-R\$ 72.720,00	-R\$ 78.252,91	-R\$ 73.980,00	-R\$ 73.980,00	R\$ 21.960,50	R\$ 2.440,06
GLOBAL	-R\$ 65.206,67	-R\$ 70.739,57	-R\$ 15.065,00	-R\$ 24.745,57	R\$ 30.515,56	R\$ 3.390,62

## 5.4.4 UHE Funil

### 5.4.4.1 Uso Diluição

O trecho jusante desta UHE é enquadrado na classe 2 (águas doces) e, portanto, apresenta a concentração meta de 5,0 mg/l para o parâmetro DBO.

**Tabela 5.10 – Cálculo das vazões de diluição na UHE Funil**

MÊS	DILUIÇÃO					
	Vazão média efluente (m³/s)	Vazão média afluente (m³/s)	DBO efluente (mg/l)	DBO afluente (mg/l)	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2
					Vazão de diluição (m³/s)	Vazão de diluição (m³/s)
JAN	237,44	289,69	2,9	2,8	-1,0	0,0
FEV	294,20	307,80	3,7	3,6	-1,0	0,0
MAR	252,40	241,23	4,6	4,4	-1,0	0,4
ABR	194,98	162,39	2,0	2,8	-1,0	-5,2
MAI	191,30	172,82	2,7	3,9	-1,0	-4,4
JUN	190,17	176,91	2,0	3,0	-1,0	-2,8
JUL	187,42	175,42	2,6	2,0	-1,0	1,4
AGO	188,50	171,20	2,1	2,6	-1,0	-1,6
SET	191,38	185,23	2,6	2,8	-1,0	-0,3
OUT	187,95	187,50	2,9	3,9	-1,0	-0,1
NOV	187,93	196,44	3,4	4,6	-1,0	0,0
DEZ	185,85	214,50	3,1	3,7	-1,0	0,0
GLOBAL	N/A	N/A	N/A	N/A	-1,0	N/A

**5.4.4.2 Uso Consumo**

**Tabela 5.11 – Cálculo das vazões de consumo na UHE Funil**

MÊS	CONSUMO								
	Evaporação Líquida Média (mm/mês)	Área superficial NA max normal (km²)	Vazão de evaporação (m³/s)	Q <sub>95</sub> efluente (m³/s)	Q <sub>95</sub> afluente (m³/s)	CENÁRIO 1		CENÁRIO 2	
						Vazão de regularização (m³/s)	Vazão de consumo (m³/s)	Vazão de regularização (m³/s)	Vazão de consumo (m³/s)
JAN	-12	40	-0,19	108,00	130,00	5,00	-5,19	-11,00	10,81
FEV	-10	40	-0,15	109,00	143,00	5,00	-5,15	-17,00	16,85
MAR	22	40	0,34	141,00	136,00	5,00	-4,66	2,50	-2,16
ABR	47	40	0,73	138,00	106,00	5,00	-4,27	16,00	-15,27
MAI	55	40	0,85	128,00	93,00	5,00	-4,15	17,50	-16,65
JUN	49	40	0,76	123,00	92,00	5,00	-4,24	15,50	-14,74
JUL	33	40	0,51	134,00	119,00	5,00	-4,49	7,50	-6,99
AGO	20	40	0,31	136,00	100,00	5,00	-4,69	18,00	-17,69
SET	20	40	0,31	128,00	80,00	5,00	-4,69	24,00	-23,69
OUT	4	40	0,06	113,00	95,00	5,00	-4,94	9,00	-8,94
NOV	-9	40	-0,14	111,00	92,00	5,00	-5,14	9,50	-9,64
DEZ	-4	40	-0,06	108,00	109,00	5,00	-5,06	-0,50	0,44
GLOBAL	18	40	0,28	112,00	102,00	5,00	-4,72	N/A	N/A

### 5.4.4.3 Valores de Cobrança

**Tabela 5.12 – Cálculo dos valores de cobrança na UHE Funil**

MÊS	COBRANÇAS					
	CENÁRIO 1		CENÁRIO 2		COBRANÇA ATUAL	
	CEIVAP atual	CEIVAP evolução	CEIVAP atual	CEIVAP evolução	6,75% da Energia Gerada	0,75% da Energia Gerada
JAN	-R\$ 268.800,00	-R\$ 306.708,80	R\$ 420.480,00	R\$ 420.480,00	R\$ 182.726,40	R\$ 20.302,93
FEV	-R\$ 267.200,00	-R\$ 305.108,80	R\$ 654.960,00	R\$ 654.960,00	R\$ 229.286,40	R\$ 25.476,27
MAR	-R\$ 241.600,00	-R\$ 279.508,80	-R\$ 84.000,00	-R\$ 71.835,33	R\$ 214.374,80	R\$ 23.819,42
ABR	-R\$ 221.600,00	-R\$ 259.508,80	-R\$ 593.880,00	-R\$ 735.802,37	R\$ 186.574,60	R\$ 20.730,51
MAI	-R\$ 215.200,00	-R\$ 253.108,80	-R\$ 1.294.800,00	-R\$ 1.536.225,23	R\$ 169.267,60	R\$ 18.807,51
JUN	-R\$ 220.000,00	-R\$ 257.908,80	-R\$ 1.146.480,00	-R\$ 1.296.607,81	R\$ 169.495,60	R\$ 18.832,84
JUL	-R\$ 232.800,00	-R\$ 270.708,80	-R\$ 543.600,00	-R\$ 465.175,78	R\$ 160.699,00	R\$ 17.855,44
AGO	-R\$ 243.200,00	-R\$ 281.108,80	-R\$ 1.375.680,00	-R\$ 1.463.585,92	R\$ 133.842,40	R\$ 14.871,38
SET	-R\$ 243.200,00	-R\$ 281.108,80	-R\$ 1.842.240,00	-R\$ 1.858.959,70	R\$ 140.384,20	R\$ 15.598,24
OUT	-R\$ 256.000,00	-R\$ 293.908,80	-R\$ 695.040,00	-R\$ 700.128,51	R\$ 122.874,75	R\$ 13.652,75
NOV	-R\$ 266.400,00	-R\$ 304.308,80	-R\$ 374.760,00	-R\$ 374.760,00	R\$ 107.242,25	R\$ 11.915,81
DEZ	-R\$ 262.400,00	-R\$ 300.308,80	R\$ 17.040,00	R\$ 17.040,00	R\$ 102.972,75	R\$ 11.441,42
GLOBAL	-R\$ 244.866,67	-R\$ 282.775,46	-R\$ 571.500,00	-R\$ 617.550,05	R\$ 159.978,40	R\$ 17.775,38

### 5.4.5 UHE Ilha dos Pombos

#### 5.4.5.1 Uso Diluição

O trecho jusante desta UHE é enquadrado na classe 2 (águas doces) e, portanto, apresenta a concentração meta de 5,0 mg/l para o parâmetro DBO.

**Tabela 5.13 – Cálculo das vazões de diluição na UHE Ilha dos Pombos**

MÊS	DILUIÇÃO					
	Vazão média efluente (m³/s)	Vazão média afluenta (m³/s)	DBO efluente (mg/l)	DBO afluenta (mg/l)	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2
					Vazão de diluição (m³/s)	Vazão de diluição (m³/s)
JAN	647,45	647,81	2,0	2,0	-0,1	0,0
FEV	667,74	670,60	2,2	2,1	-0,1	0,0
MAR	542,96	544,68	1,3	2,6	-0,1	0,0
ABR	383,45	383,93	2,7	3,6	-0,1	0,0
MAI	292,71	290,02	2,3	3,6	-0,1	-0,7
JUN	256,27	255,40	2,7	3,6	-0,1	-0,2
JUL	230,85	230,73	2,8	2,0	-0,1	0,0
AGO	208,13	207,70	2,2	2,0	-0,1	0,0
SET	218,18	219,02	2,8	2,0	-0,1	0,0
OUT	237,21	238,55	2,8	2,0	-0,1	0,0
NOV	336,63	336,99	2,7	2,0	-0,1	0,0
DEZ	487,39	493,94	2,5	2,0	-0,1	0,0
GLOBAL	N/A	N/A	N/A	N/A	-0,1	N/A

### 5.4.5.2 Uso Consumo

**Tabela 5.14 – Cálculo das vazões de consumo na UHE Ilha dos Pombos**

MÊS	CONSUMO								
	Evaporação Líquida Média (mm/mês)	Área superficial NA max normal (km²)	Vazão de evaporação (m³/s)	Q <sub>95</sub> efluente (m³/s)	Q <sub>95</sub> afluyente (m³/s)	CENÁRIO 1		CENÁRIO 2	
						Vazão de regularização (m³/s)	Vazão de consumo (m³/s)	Vazão de regularização (m³/s)	Vazão de consumo (m³/s)
JAN	18	4	0,03	N/A	N/A	N/A	0,03	N/A	0,03
FEV	21	4	0,03	N/A	N/A	N/A	0,03	N/A	0,03
MAR	33	4	0,05	N/A	N/A	N/A	0,05	N/A	0,05
ABR	32	4	0,05	N/A	N/A	N/A	0,05	N/A	0,05
MAI	31	4	0,05	N/A	N/A	N/A	0,05	N/A	0,05
JUN	30	4	0,05	N/A	N/A	N/A	0,05	N/A	0,05
JUL	30	4	0,05	N/A	N/A	N/A	0,05	N/A	0,05
AGO	32	4	0,05	N/A	N/A	N/A	0,05	N/A	0,05
SET	32	4	0,05	N/A	N/A	N/A	0,05	N/A	0,05
OUT	23	4	0,04	N/A	N/A	N/A	0,04	N/A	0,04
NOV	18	4	0,03	N/A	N/A	N/A	0,03	N/A	0,03
DEZ	15	4	0,02	N/A	N/A	N/A	0,02	N/A	0,02
GLOBAL	26	4	0,04	N/A	N/A	N/A	0,04	N/A	0,04

### 5.4.5.3 Valores de Cobrança

**Tabela 5.15 – Cálculo dos valores de cobrança na UHE Ilha dos Pombos**

MÊS	COBRANÇAS					
	CENÁRIO 1		CENÁRIO 2		COBRANÇA ATUAL	
	CEIVAP atual	CEIVAP evolução	CEIVAP atual	CEIVAP evolução	6,75% da Energia Gerada	0,75% da Energia Gerada
JAN	R\$ 1.440,00	-R\$ 1.083,63	R\$ 1.080,00	R\$ 1.080,00	R\$ 252.164,00	R\$ 28.018,22
FEV	R\$ 1.680,00	-R\$ 843,63	R\$ 1.260,00	R\$ 1.260,00	R\$ 242.145,80	R\$ 26.905,09
MAR	R\$ 2.640,00	R\$ 116,37	R\$ 1.980,00	R\$ 1.980,00	R\$ 238.430,60	R\$ 26.492,29
ABR	R\$ 2.560,00	R\$ 36,37	R\$ 1.920,00	R\$ 1.920,00	R\$ 192.393,20	R\$ 21.377,02
MAI	R\$ 2.480,00	-R\$ 43,63	R\$ 3.720,00	-R\$ 35.377,39	R\$ 150.579,00	R\$ 16.731,00
JUN	R\$ 2.400,00	-R\$ 123,63	R\$ 3.600,00	-R\$ 4.820,89	R\$ 127.127,20	R\$ 14.125,24
JUL	R\$ 2.400,00	-R\$ 123,63	R\$ 3.600,00	R\$ 4.639,48	R\$ 121.257,60	R\$ 13.473,07
AGO	R\$ 2.560,00	R\$ 36,37	R\$ 3.840,00	R\$ 4.893,52	R\$ 104.740,40	R\$ 11.637,82
SET	R\$ 2.560,00	R\$ 36,37	R\$ 3.840,00	R\$ 3.840,00	R\$ 97.290,60	R\$ 10.810,07
OUT	R\$ 1.840,00	-R\$ 683,63	R\$ 2.760,00	R\$ 2.760,00	R\$ 97.496,50	R\$ 10.832,94
NOV	R\$ 1.440,00	-R\$ 1.083,63	R\$ 1.080,00	R\$ 1.080,00	R\$ 125.052,75	R\$ 13.894,75
DEZ	R\$ 1.200,00	-R\$ 1.323,63	R\$ 900,00	R\$ 900,00	R\$ 204.838,00	R\$ 22.759,78
GLOBAL	R\$ 2.100,00	-R\$ 423,63	R\$ 2.465,00	-R\$ 1.320,44	R\$ 162.792,97	R\$ 18.088,11

### 5.4.6 UHE Funil – com vazão de captação

Como mais um exemplo para enriquecer este trabalho, simula-se agora os valores de cobrança gerados caso a UHE Funil, que apresenta um enorme “crédito” devido à sua regularização, solicitasse e conseguisse uma outorga de captação de 15 m<sup>3</sup>/s.

Os cálculos da vazão de diluição e de consumo, para ambos os cenários, não são afetados.

#### 5.4.6.1 Valores de Cobrança

Tabela 5.16 – Cálculo dos valores de cobrança na UHE Funil, com  $Q_{cap}=15m^3/s$

MÊS	COBRANÇAS					
	CENÁRIO 1		CENÁRIO 2		COBRANÇA ATUAL	
	CEIVAP atual	CEIVAP evolução	CEIVAP atual	CEIVAP evolução	6,75% da Energia Gerada	0,75% da Energia Gerada
JAN	R\$ 42.240,00	R\$ 4.331,20	R\$ 653.760,00	R\$ 653.760,00	R\$ 182.726,40	R\$ 20.302,93
FEV	R\$ 43.840,00	R\$ 5.931,20	R\$ 888.240,00	R\$ 888.240,00	R\$ 229.286,40	R\$ 25.476,27
MAR	R\$ 69.440,00	R\$ 31.531,20	R\$ 149.280,00	R\$ 161.444,67	R\$ 214.374,80	R\$ 23.819,42
ABR	R\$ 89.440,00	R\$ 51.531,20	-R\$ 360.600,00	-R\$ 502.522,37	R\$ 186.574,60	R\$ 20.730,51
MAI	R\$ 95.840,00	R\$ 57.931,20	-R\$ 828.240,00	-R\$ 1.069.665,23	R\$ 169.267,60	R\$ 18.807,51
JUN	R\$ 91.040,00	R\$ 53.131,20	-R\$ 679.920,00	-R\$ 830.047,81	R\$ 169.495,60	R\$ 18.832,84
JUL	R\$ 78.240,00	R\$ 40.331,20	-R\$ 77.040,00	R\$ 1.384,22	R\$ 160.699,00	R\$ 17.855,44
AGO	R\$ 67.840,00	R\$ 29.931,20	-R\$ 909.120,00	-R\$ 997.025,92	R\$ 133.842,40	R\$ 14.871,38
SET	R\$ 67.840,00	R\$ 29.931,20	-R\$ 1.375.680,00	-R\$ 1.392.399,70	R\$ 140.384,20	R\$ 15.598,24
OUT	R\$ 55.040,00	R\$ 17.131,20	-R\$ 228.480,00	-R\$ 233.568,51	R\$ 122.874,75	R\$ 13.652,75
NOV	R\$ 44.640,00	R\$ 6.731,20	-R\$ 141.480,00	-R\$ 141.480,00	R\$ 107.242,25	R\$ 11.915,81
DEZ	R\$ 48.640,00	R\$ 10.731,20	R\$ 250.320,00	R\$ 250.320,00	R\$ 102.972,75	R\$ 11.441,42
GLOBAL	R\$ 66.173,33	R\$ 28.264,54	-R\$ 221.580,00	-R\$ 267.630,05	R\$ 159.978,40	R\$ 17.775,38

#### 5.4.7 UHE Ilha dos Pombos – com vazão de captação

Como mais um exemplo para enriquecer este trabalho, simula-se agora os valores de cobrança gerados caso a UHE Ilha dos Pombos, que opera a fio d'água e por isso depende das vazões afluentes instantâneas, solicitasse e conseguisse uma outorga de captação de  $15 m^3/s$ .

Os cálculos da vazão de diluição e de consumo, para ambos os cenários, não são afetados.

### 5.4.7.1 Valores de Cobrança

**Tabela 5.17 – Cálculo dos valores de cobrança na UHE Ilha dos Pombos, com**

$$Q_{cap}=15m^3/s$$

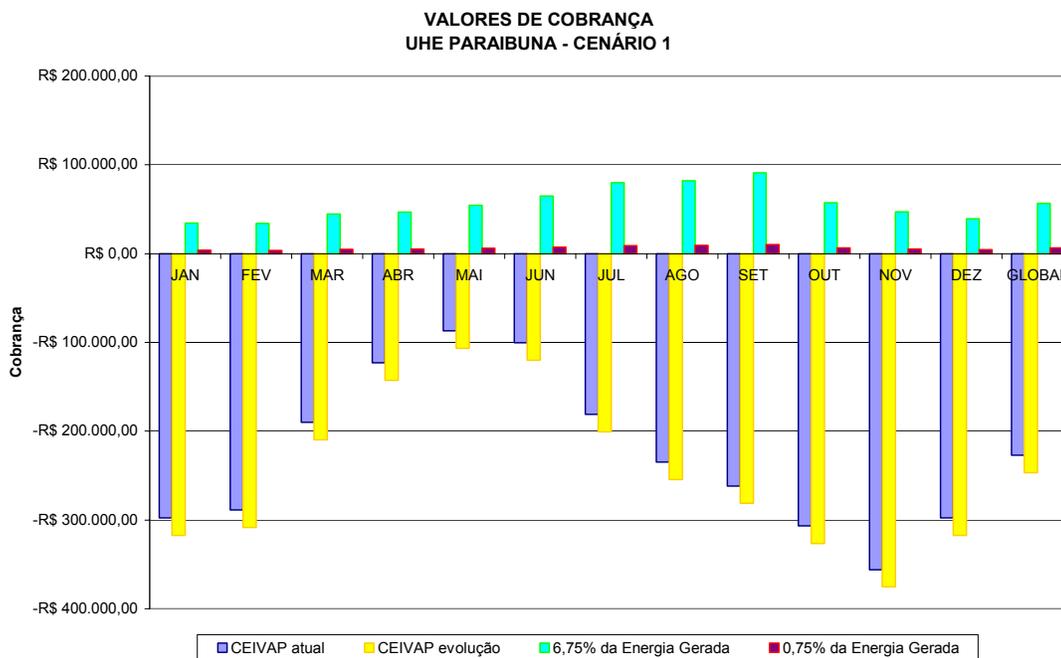
MÊS	COBRANÇAS					
	CENÁRIO 1		CENÁRIO 2		COBRANÇA ATUAL	
	CEIVAP atual	CEIVAP evolução	CEIVAP atual	CEIVAP evolução	6,75% da Energia Gerada	0,75% da Energia Gerada
JAN	R\$ 312.480,00	R\$ 309.956,37	R\$ 234.360,00	R\$ 234.360,00	R\$ 252.164,00	R\$ 28.018,22
FEV	R\$ 312.720,00	R\$ 310.196,37	R\$ 234.540,00	R\$ 234.540,00	R\$ 242.145,80	R\$ 26.905,09
MAR	R\$ 313.680,00	R\$ 311.156,37	R\$ 235.260,00	R\$ 235.260,00	R\$ 238.430,60	R\$ 26.492,29
ABR	R\$ 313.600,00	R\$ 311.076,37	R\$ 235.200,00	R\$ 235.200,00	R\$ 192.393,20	R\$ 21.377,02
MAI	R\$ 313.520,00	R\$ 310.996,37	R\$ 470.280,00	R\$ 431.182,61	R\$ 150.579,00	R\$ 16.731,00
JUN	R\$ 313.440,00	R\$ 310.916,37	R\$ 470.160,00	R\$ 461.739,11	R\$ 127.127,20	R\$ 14.125,24
JUL	R\$ 313.440,00	R\$ 310.916,37	R\$ 470.160,00	R\$ 471.199,48	R\$ 121.257,60	R\$ 13.473,07
AGO	R\$ 313.600,00	R\$ 311.076,37	R\$ 470.400,00	R\$ 471.453,52	R\$ 104.740,40	R\$ 11.637,82
SET	R\$ 313.600,00	R\$ 311.076,37	R\$ 470.400,00	R\$ 470.400,00	R\$ 97.290,60	R\$ 10.810,07
OUT	R\$ 312.880,00	R\$ 310.356,37	R\$ 469.320,00	R\$ 469.320,00	R\$ 97.496,50	R\$ 10.832,94
NOV	R\$ 312.480,00	R\$ 309.956,37	R\$ 234.360,00	R\$ 234.360,00	R\$ 125.052,75	R\$ 13.894,75
DEZ	R\$ 312.240,00	R\$ 309.716,37	R\$ 234.180,00	R\$ 234.180,00	R\$ 204.838,00	R\$ 22.759,78
GLOBAL	R\$ 313.140,00	R\$ 310.616,37	R\$ 352.385,00	R\$ 348.599,56	R\$ 162.792,97	R\$ 18.088,11

## 5.5 Análise dos Resultados

Para facilitar a visualização e a análise dos resultados, foram plotados gráficos de barras comparando os valores de cobrança gerados para cada caso estudado.

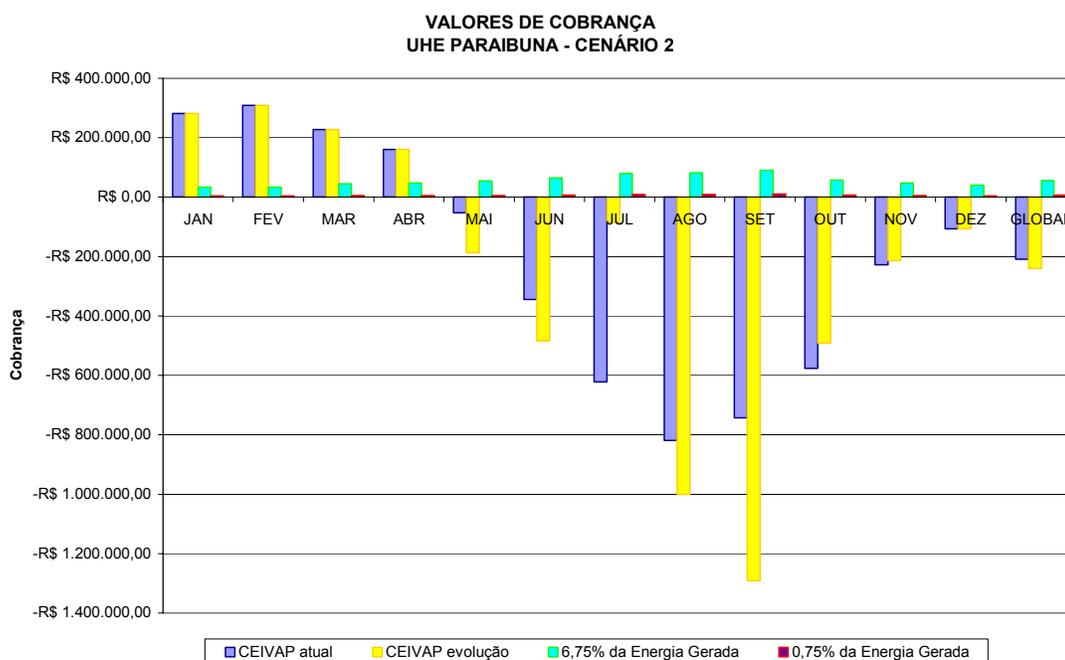
Seguem comentários a respeito destes resultados obtidos, bem como seus respectivos gráficos.

### 5.5.1 UHE Paraibuna



**Figura 5.1 – Valores de cobrança simulados e atuais – UHE Paraibuna – Cenário 1**

Na UHE Paraibuna, no cenário 1, observa-se que todos os valores gerados seriam negativos, o que significa que a UHE teria cobrança nula durante todo o ano. A variação observada ao longo do ano deve-se à variação da vazão de evaporação. Nos meses mais chuvosos a evaporação é menor e, portanto, o consumo fica menor (cobrança menos negativa). Além disso, observa-se que a fórmula CEIVAP evolução resulta em valores sempre mais negativos. Isto ocorre porque esta fórmula considera a parcela diluição, a qual é constante e, neste caso, negativa (a UHE está “limpando o rio”).



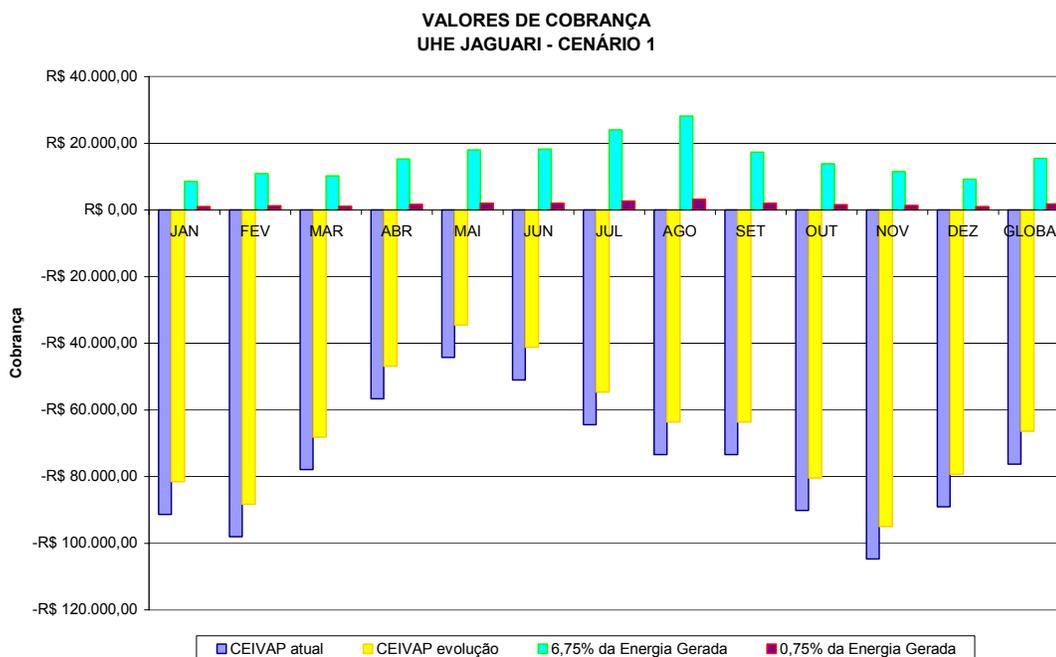
**Figura 5.2 – Valores de cobrança simulados e atuais – UHE Paraibuna – Cenário 2**

Na mesma UHE, no cenário 2, temos cobranças positivas de janeiro a abril e negativas de maio a dezembro. O balanço anual resulta numa cobrança fortemente negativa. Neste cenário há uma riqueza maior de detalhes a observar. A diferença entre as fórmulas CEIVAP atual e evolução, por exemplo, varia intensamente ao longo do ano, inclusive mudando de sinal. Isto indica que a UHE pode estar melhorando ou piorando a qualidade da água, dependendo do mês. Observa-se que nos meses mais chuvosos as duas fórmulas tendem a gerar os mesmos resultados, uma vez que nesta época as vazões médias afluentes tendem a ser maiores que as efluentes (enchimento do reservatório) e, portanto, as vazões de diluição seriam nulas. A cobrança é positiva nos primeiros meses do ano porque neste período a vazão de regularização é negativa (vazão de consumo, portanto, positiva). Finalmente, o PPU mais elevado nos meses mais secos ajuda a fazer com que neste período as cobranças atinjam valores bem maiores em módulo. Em agosto e setembro, por exemplo, tais valores se aproximam ou mesmo ultrapassam R\$ 1.000.000,00 (um milhão de reais).

Observa-se para a UHE Paraibuna que, em ambos os cenários, as cobranças simuladas apresentam, em média, valores significativamente superiores (em módulo) aos

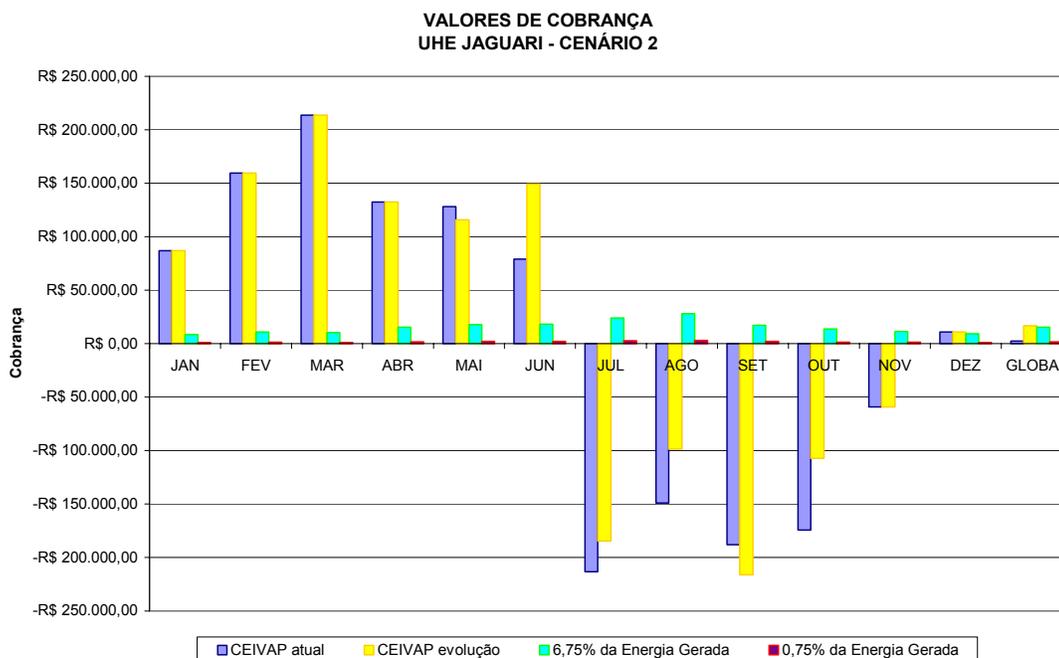
atualmente praticados. O balanço anual das cobranças simuladas, em todos os casos, apresenta valores próximos entre si, mas bastante superiores em módulo ao balanço das cobranças atualmente praticadas.

### 5.5.2 UHE Jaguari



**Figura 5.3 – Valores de cobrança simulados e atuais – UHE Jaguari – cenário 1**

Na UHE Jaguari, como ocorre no cenário 1 para todos os casos, as cobranças não variam tão drasticamente ao longo do ano (as variações são sempre devido à vazão de evaporação) e a diferença entre as fórmulas CEIVAP atual e evolução permanece constante ao longo do ano, já que a parcela devido à vazão de diluição também o é. De específico, cabe destacar que as cobranças novamente foram negativas ao longo de todo ano, significando que esta UHE também não pagaria nada pelo uso da água de acordo com a metodologia aplicada.

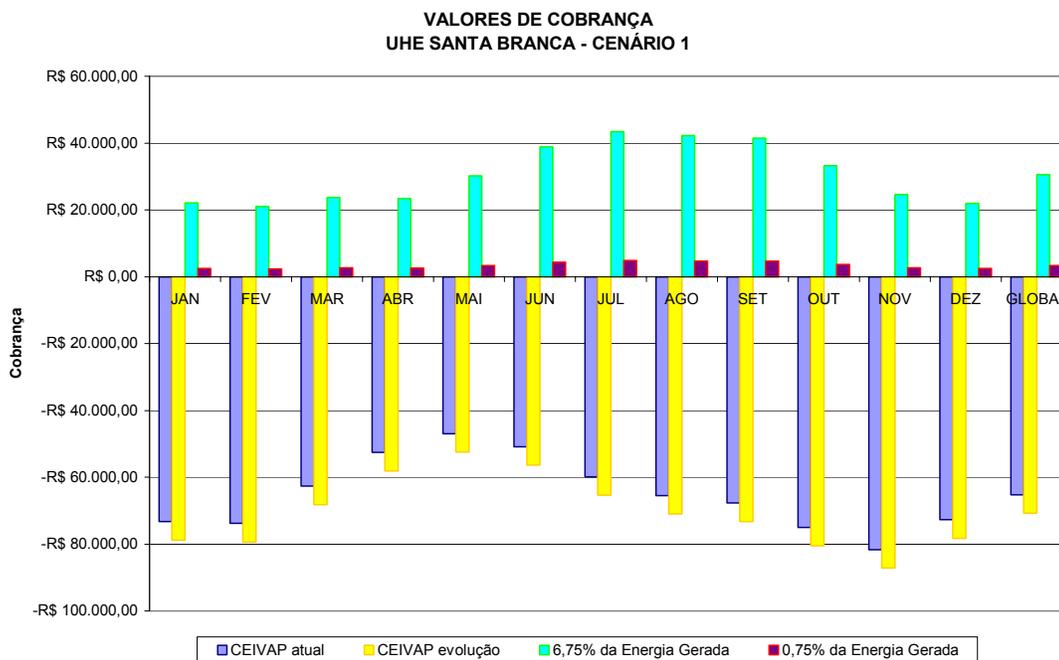


**Figura 5.4 – Valores de cobrança simulados e atuais – UHE Jaguari -Cenário 2**

Na mesma UHE, no cenário 2, as cobranças são positivas de janeiro a junho e em dezembro. O balanço anual é pela primeira vez positivo, sendo que a fórmula CEIVAP atual gera um balanço ligeiramente superior aos 0,75% atualmente praticados e a fórmula CEIVAP evolução gera um balanço ligeiramente superior aos 6,75%. Pela primeira vez também a vazão de diluição global é positiva, indicando que a UHE, em média, está piorando a qualidade da água do rio ao longo do ano.

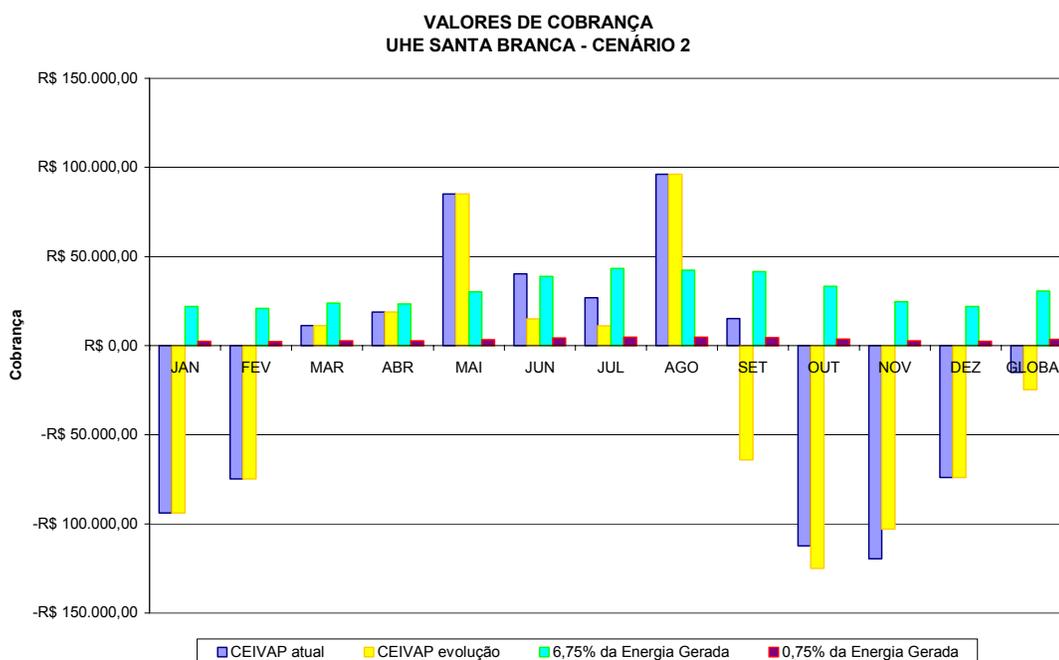
Novamente, em ambos os cenários, as cobranças simuladas mês a mês são, em média, bastante superiores em módulo aos valores atualmente praticados.

### 5.5.3 UHE Santa Branca



**Figura 5.5 – Valores de cobrança simulados e atuais – UHE Santa Branca – Cenário 1**

Para o cenário 1 da UHE Santa Branca, valem os mesmos comentários sobre o cenário 1 das UHE's anteriores, sendo que as cobranças são novamente todas negativas e o balanço anual, logicamente, também o é.

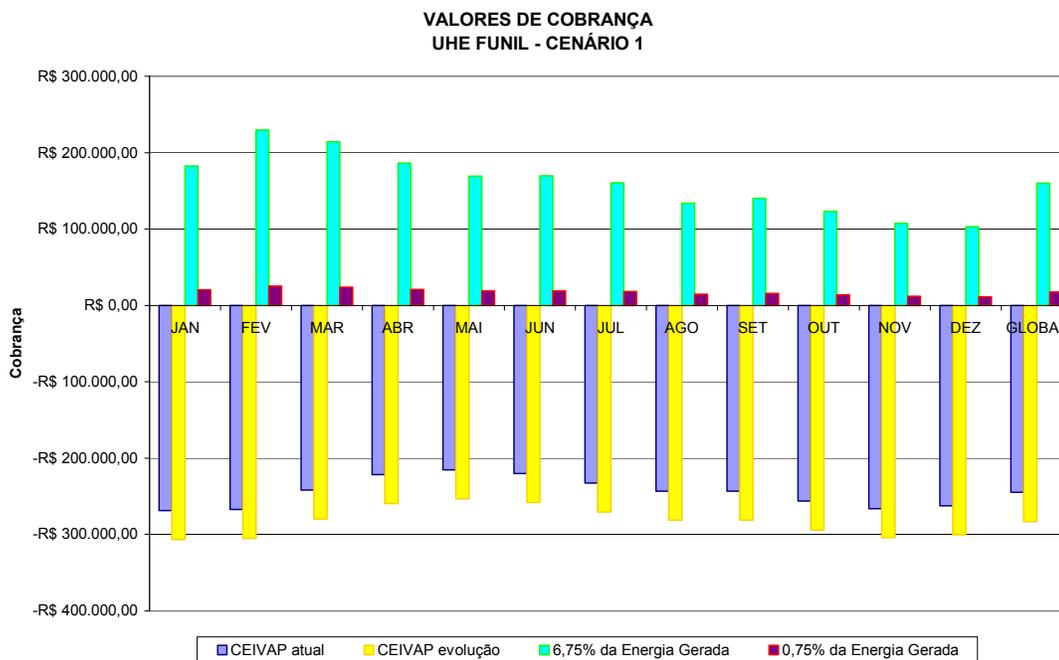


**Figura 5.6 – Valores de cobrança simulados e atuais – UHE Santa Branca – Cenário 2**

No cenário 2, merece destaque o fato de que, pela primeira vez, as fórmulas CEIVAP atual e evolução geram cobranças com sinais opostos no mesmo mês e no mesmo cenário. Tal fato ocorre em setembro, quando a vazão de regularização é nula e a vazão de diluição, negativa, é considerável ( $-1,5 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Outro fato novo é que, ao contrário do observado nas demais UHE's, as cobranças são negativas no período mais chuvoso e positivas no período mais seco, o que ocorre porque a regularização praticada por esta UHE está com uma periodicidade inversa à das demais UHE's. O balanço anual das cobranças é negativo e na mesma ordem de grandeza dos 6,75% da energia gerada.

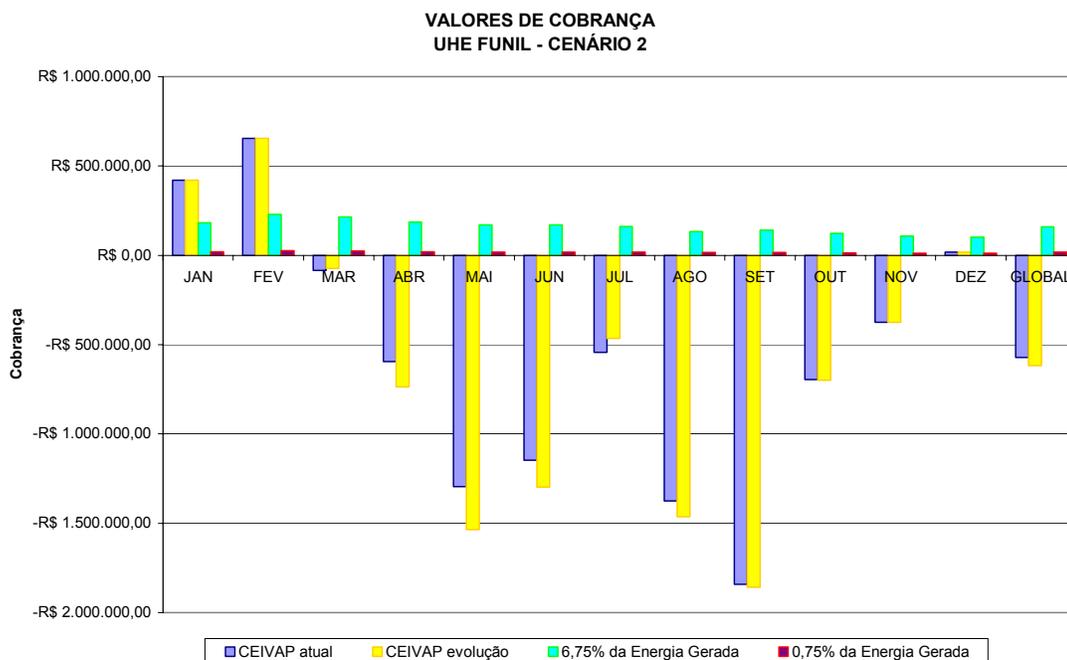
Para a UHE Santa Branca, a média do módulo das cobranças simuladas está mais próxima da média das cobranças atualmente praticadas.

### 5.5.4 UHE Funil



**Figura 5.7 – Valores de cobrança simulados e atuais – UHE Funil – Cenário 1**

No cenário 1 da UHE Funil, além dos mesmos comentários gerais aplicáveis a todos os cenários 1, vale mencionar que as cobranças foram fortemente negativas ao longo de todo o ano. Isto ocorre porque a vazão de diluição e a de regularização são negativas e bastante consideráveis ( $-1,0 \text{ m}^3/\text{s}$  e  $-5 \text{ m}^3/\text{s}$ , respectivamente). Sendo assim, os números mostram Funil como uma UHE com forte regularização e que, em média, “limpa” o rio ao longo do ano.

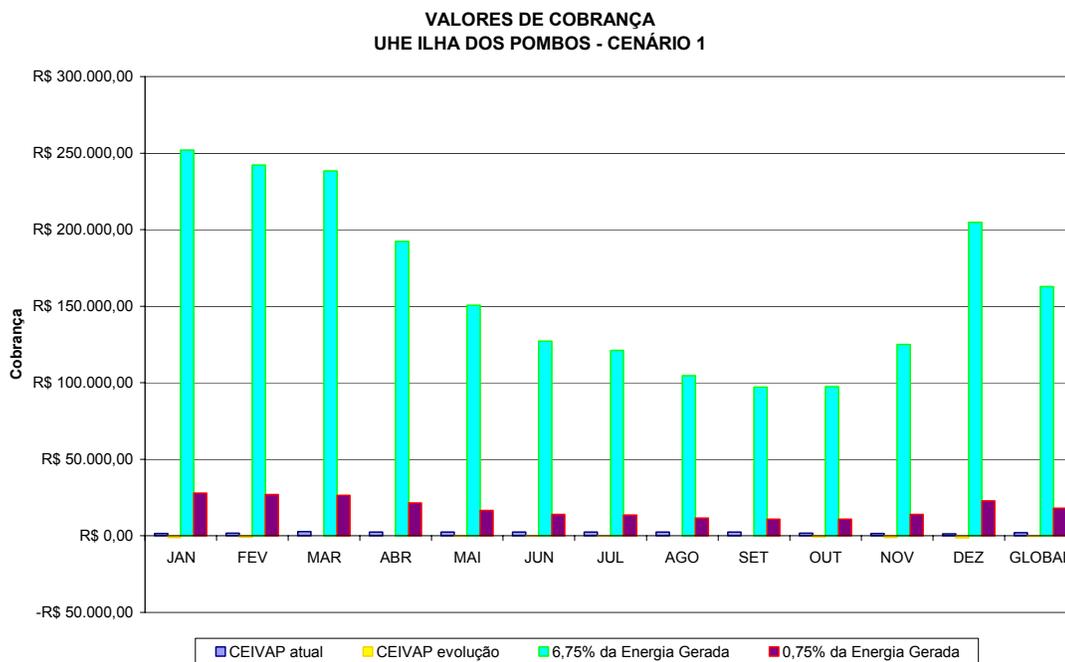


**Figura 5.8 – Valores de cobrança simulados e atuais – UHE Funil – Cenário 2**

No cenário 2 as cobranças são positivas de janeiro a março e em dezembro, mas o balanço anual é fortemente negativo, influenciado principalmente pelos valores bastante expressivos observados na época seca. Em setembro, este valor chega a quase R\$2.000.000,00 (dois milhões de reais) negativos devido basicamente a uma vazão de regularização mensal de vastíssimos 24,0 m<sup>3</sup>/s.

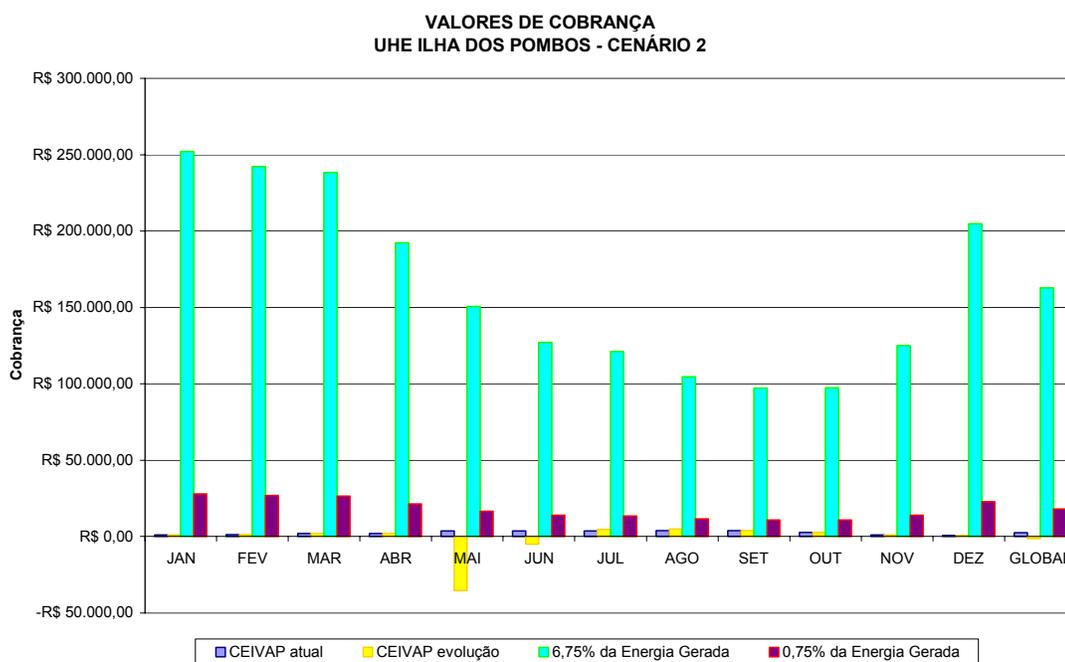
Enquanto no cenário 1 as cobranças simuladas se mostram mais próximas aos 6,75% em módulo, no cenário 2 os valores simulados são novamente bastante superiores.

### 5.5.5 UHE Ilha dos Pombos



**Figura 5.9 – Valores de cobrança simulados e atuais – UHE Ilha dos Pombos – Cenário 1**

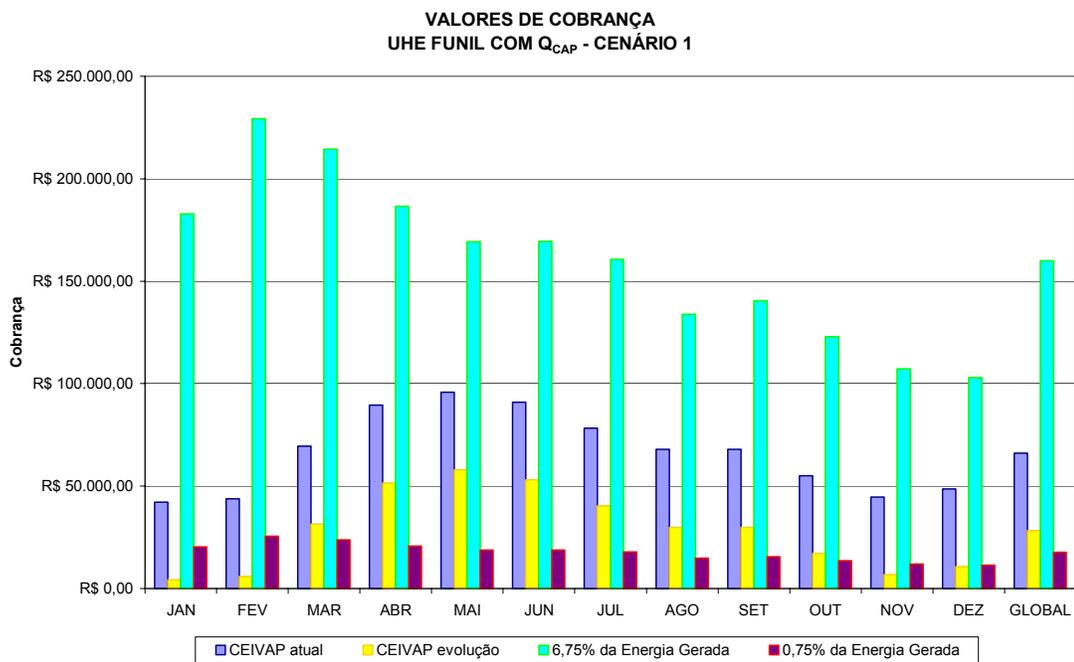
O cenário 1 da UHE Ilha dos Pombos traz algumas novidades. Pela primeira vez, a fórmula CEIVAP atual gera valores de cobrança positivos ao longo de todo o ano, o que ocorre porque esta UHE opera a fio d'água e, portanto, apresenta vazão de regularização sempre nula. Pela outra fórmula, os valores gerados alternam de sinal, numa “queda de braço” entre a vazão de evaporação e a vazão de diluição negativa. Vale observar que ocorrem cobranças positivas mesmo em alguns meses em que a vazão de evaporação é inferior em módulo à de evaporação. Isso ocorre porque o peso do consumo ( $um$ ) é superior ao peso da diluição ( $K_4 = 0,7$ ). Finalmente, também pela primeira vez, os valores atualmente praticados (6,75% e 0,75%) são superiores, e bem superiores, aos valores simulados.



**Figura 5.10 – Valores de cobrança simulados e atuais – UHE Ilha dos Pombos – Cenário 2**

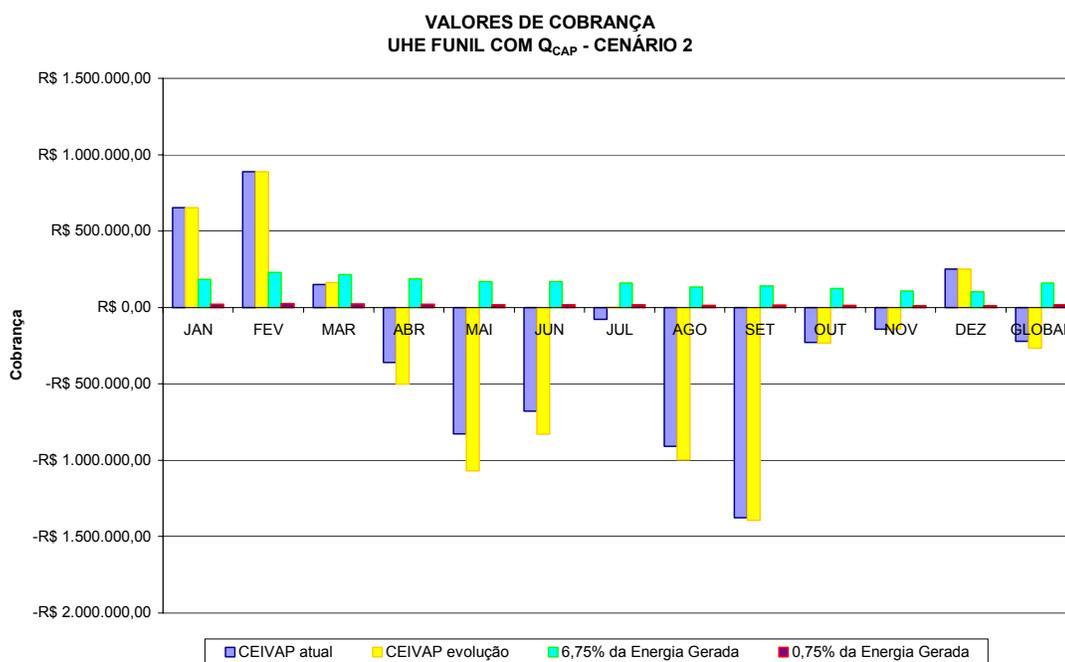
No cenário 2 se aplicam as novidades observadas no cenário 1 e os comentários gerais referentes a todos os outros cenários 2. Merece destaque o mês de maio, em que uma cobrança negativa anormalmente alta aparece na fórmula CEIVAP evolução. Isto ocorre porque neste mês a vazão de diluição, negativa, é bem mais significativa que no resto do ano ( $-0,7 \text{ m}^3/\text{s}$ ).

### 5.5.6 UHE Funil – com vazão de captação



**Figura 5.11 – Valores de cobrança simulados e atuais – UHE Funil – Cenário 1 com vazão de captação**

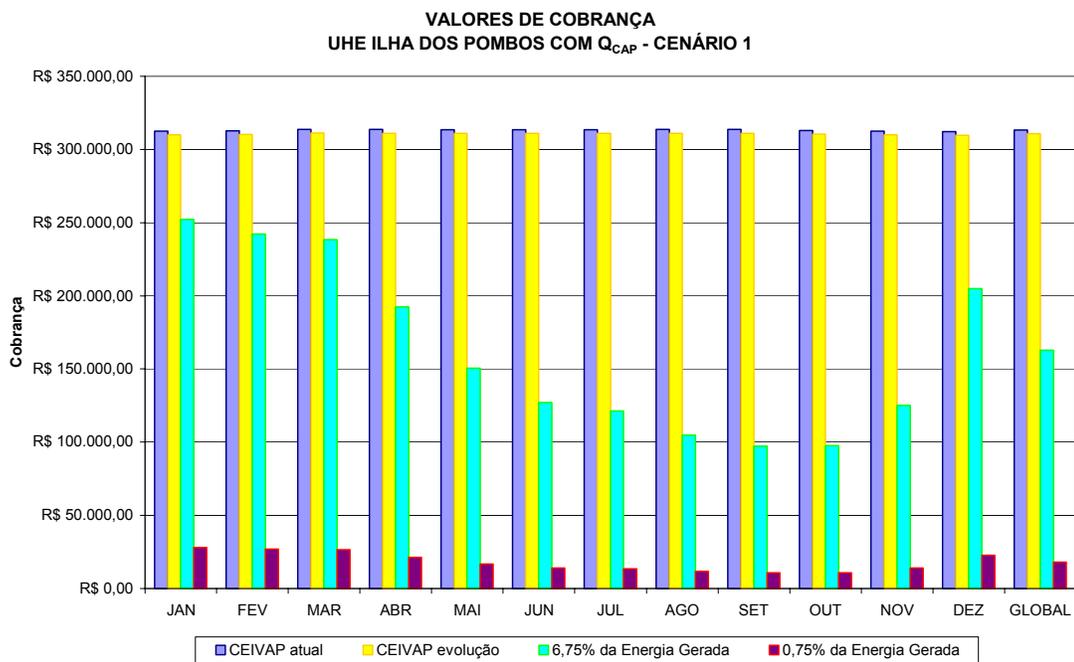
Acrescentando-se uma vazão de captação de 15,0 m<sup>3</sup>/s para a UHE Funil, no cenário 1, observa-se que o efeito desta prepondera, com as cobranças simuladas sendo sempre positivas e geralmente intermediárias entre os 6,75% e os 0,75% atuais.



**Figura 5.12 – Valores de cobrança simulados e atuais – UHE Funil – Cenário 2 com vazão de captação**

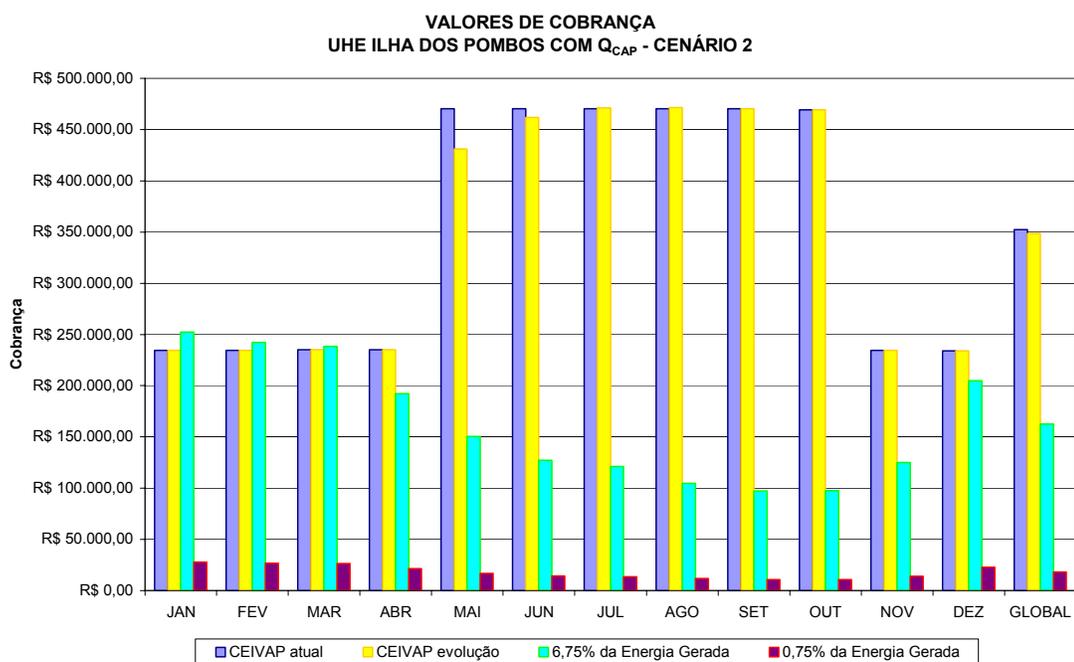
Já no cenário 2, além de haver cobranças positivas e negativas ao longo do ano, os valores simulados são novamente bastante superiores em módulo aos atualmente praticados. O balanço anual neste caso é negativo, influenciado principalmente pelos altíssimos valores negativos gerados na época seca, em que a regularização é altamente positiva e o PPU é maior.

### 5.5.7 UHE Ilha dos Pombos – com vazão de captação



**Figura 5.13 – Valores de cobrança simulados e atuais – UHE Ilha dos Pombos – Cenário 1 com vazão de captação**

No cenário 1 da UHE Ilha dos Pombos com vazão de captação de 15,0 m<sup>3</sup>/s, valem os mesmos comentários do cenário 1 do caso anterior, exceto que os valores simulados agora são superiores inclusive aos 6,75% atualmente praticados.



**Figura 5.14 – Valores de cobrança simulados e atuais – UHE Ilha dos Pombos – Cenário 2 com vazão de captação**

No cenário 2, ao contrário do caso sem vazão de captação, os valores simulados são todos positivos, como ocorre no cenário 1 mencionado acima. Isto ocorre porque a vazão de regularização, um grande diferencial entre os cenários, é nula para esta UHE. Além disso, dentre todos os cenários 2, este é o que apresenta com maior nitidez o impacto causado pelo PPU mais elevado nos meses secos. Enquanto que nos meses chuvosos os valores simulados se aproximam dos 6,75% atuais, na época seca aqueles se tornam bastante superiores a estes.

## 6 Conclusões

A cobrança pelo uso da água que atualmente incide sobre o setor hidrelétrico tem como única base de cálculo a energia gerada por cada UHE. Este trabalho expôs os inconvenientes deste tipo de cobrança e propôs uma metodologia alternativa que possui uma fundamentação técnica-conceitual. Tal metodologia, seguindo os conceitos da moderna Gestão de Recursos Hídricos, busca refletir a real influência que o usuário exerce sobre a disponibilidade hídrica da bacia, seja ela positiva ou negativa. Além disso, ao enquadrar os impactos exercidos pelas UHE's em usos captação, diluição e consumo, esta metodologia busca também estabelecer uma isonomia, no que se refere à cobrança, entre os usuários hidrelétricos e todos os demais.

Para se testar a metodologia proposta, foi realizado um estudo de caso com cinco UHE's do Paraíba do Sul. Todos os dados hidrológicos necessários foram coletados, embora com diferentes graus de confiabilidade, e as cobranças foram simuladas para cada uma das UHE's, além de dois casos extras. Trabalhou-se com dois cenários: um com o arranjo institucional existente e outro com um arranjo bem mais ousado, em que outorgas e cobranças sazonais já sejam possíveis. Além disso, foram utilizadas também duas fórmulas de cobrança: a fórmula atualmente implementada no Paraíba do Sul e uma proposta de evolução da mesma, desenvolvida pela equipe do Laboratório de Hidrologia da COPPE.

Os resultados mostram que, de acordo com a metodologia proposta, as UHE's estudadas teriam cobranças negativas (ou nulas, conforme a legislação vigente) na maioria dos casos. Analisemos as causas deste fato.

Como a vazão de captação compulsória é zero, resta apenas o balanço entre a diluição e o consumo. Ocorre que, além da diluição ter um peso menor na cobrança ( $K_4 = 0,7$ ), no caso específico destas UHE's estudadas, as diferenças de concentração de DBO a montante e a jusante dos reservatórios são mínimas, indicando que as mesmas impactam muito pouco na qualidade da água na bacia. De fato, quando as concentrações de matéria orgânica afluentes são baixas como no caso destas UHE's (quase sempre abaixo

de 5,0 mg/l), o efeito da reservação e do turbinamento sobre a qualidade da água é pequeno, seja ele pra melhor ou para pior. Sendo assim, a parcela preponderante da cobrança foi o consumo, no qual, por sua vez, deve-se analisar o balanço entre a evaporação e a regularização. Como nos casos simulados a vazão de regularização foi quase sempre bastante superior à de evaporação, prevaleceram as cobranças com sinal oposto. Para ratificar esta explicação, cita-se os exemplos de Paraibuna e Funil, UHE's com intensa regularização e que, justamente por isso, apresentaram cobranças negativas de enorme monta. Já a UHE Ilha dos Pombos, por operar a fio d'água e portanto não apresentar vazão de regularização, teria cobranças substancialmente menores em módulo e até positivas segundo a fórmula CEIVAP atual.

Seguindo esta linha de raciocínio, cabem algumas considerações específicas quanto às UHE's a fio d'água. Caso estas não requeiram outorga de captação, as únicas parcelas restantes seriam a evaporação e a diluição. Como nestas UHE's a vazão afluente é muito próxima à efluente durante o ano todo, e como o efeito provocado na qualidade da água tende a ser mínimo devido ao reduzido tempo de detenção, a parcela de diluição tende a assumir valores bastante baixos. Desta forma, a cobrança em tais UHE's dependeria basicamente da evaporação. Em aproveitamentos como o de Ilha dos Pombos, em que o reservatório apresenta área de apenas 4 km<sup>2</sup>, a cobrança total seria irrisória. No entanto, como as UHE's a fio d'água dependem basicamente das vazões instantâneas (a perda de qualquer parcela da vazão afluente se reflete linearmente em perda de geração), é provável que tais UHE's sempre solicitem outorgas de captação e que requeiram maiores vazões a serem reservadas para si. Sendo assim, fica claro que, na ótica da Gestão de Recursos Hídricos, as UHE's a fio d'água tendem a ser mais impactantes do que as regularizadoras, na medida em que tendem a indisponibilizar mais água para o restante da bacia. Uma consequência clara disso é que as cobranças destas UHE's a fio d'água tendem a ser sempre positivas, podendo inclusive atingir altos valores, dependendo da vazão de captação que lhes for outorgada.

Voltando à análise dos resultados de uma forma geral, cabe destacar que os valores simulados, via de regra, foram bem superiores, em módulo, aos atuais 6,75% cobrados. Neste caso, como esta atual cobrança tem uma base de cálculo sem qualquer

fundamento hidrológico, não cabe qualquer explicação técnica para o ocorrido. Cabe apenas a observação de que a cobrança gerada não pode ser proibitiva para nenhum usuário e nem para o órgão gestor (em caso de uma eventual cobrança negativa ser possível). Caso isso ocorra, uma sugestão é a adoção de coeficientes específicos de minoração para o PPU.

Nos casos em que foram simuladas vazões de captação de 15 m<sup>3</sup>/s, as conclusões variam com o tipo da UHE. Para uma UHE como Funil, que apresenta grande regularização e por isso cobrança altamente negativa, ainda com a outorga desta enorme vazão de captação, os valores de cobrança permaneceram negativos (cenário 2) ou ficaram positivos, mas inferiores aos atuais 6,75% (cenário 1). Já para Ilha dos Pombos, que por ser uma UHE a fio d'água apresenta uma cobrança bastante inferior (em módulo) às demais, esta outorga aumentou sobremaneira o valor a ser pago. No entanto, como Ilha dos Pombos em específico é uma UHE que gera bastante energia, os novos valores gerados ficaram na mesma ordem de grandeza dos atuais 0,75%, exceto na época mais seca.

Cabe ressaltar que os resultados deste trabalho não podem ser extrapolados para quaisquer outras UHE's, pois refletem um cenário bastante específico destes aproveitamentos do Paraíba do Sul. Nenhuma das UHE's estudadas apresenta problemas de eutrofização ou é caracterizada por intensa evaporação, por exemplo. Existem pelo Brasil UHE's que operam com vazões de evaporação ou concentrações de DBO que superam os valores aqui apresentados em mais de uma ordem de grandeza. Em tais casos, a metodologia proposta poderia gerar valores de cobrança altíssimos e positivos.

Um outro ponto a ser destacado é que, por enquanto, apenas o parâmetro DBO tem sido considerado para avaliar a vazão de diluição. Outros indicadores de qualidade de água eventualmente incorporados por cada comitê de bacia podem muito bem alterar este quadro simulado de cobrança, para mais ou para menos. Tais mudanças dependeriam obviamente da influência das UHE's sobre aquele parâmetro e do coeficiente adotado

pelo comitê para majorar ou minorar o PPU nesta sub-parcela específica (tratar-se-ia de um coeficiente análogo ao  $K_4$ , que se refere somente à DBO).

Cabe também uma reflexão acerca da origem dos recursos a serem empregados para o pagamento desta cobrança pelo uso da água aplicada às UHE's. Na verdade, praticamente todos os efeitos causados por estas na disponibilidade hídrica local não dependem de sua operação específica e, portanto, não estão sob controle de cada concessionário<sup>10</sup>. Por exemplo, a vazão de captação a ser solicitada depende de estudos energéticos em âmbito nacional; a regularização praticada depende de orientações do ONS, seguindo uma lógica também desvinculada dos interesses específicos de cada bacia. Sendo assim, já que o concessionário de cada UHE possui pouca influência sobre os fatos geradores de suas cobranças, sugere-se que o pagamento destas seja feito de forma centralizada, seguindo a mesmíssima lógica utilizada atualmente na remuneração das UHE's, a qual praticamente independe da energia efetivamente gerada por estas. Em última instância, o que estaria ocorrendo seria uma distribuição de recursos do Setor Elétrico para o Setor de Recursos Hídricos, exatamente como ocorre hoje em dia, mas com uma importante diferença: os recursos seriam distribuídos por bacia e com base na real indisponibilização hídrica causada pelas UHE's em cada uma delas. Fazendo um balanço das UHE's estudadas neste trabalho, por exemplo, percebe-se que, provavelmente, não caberia ao Setor Elétrico passar nenhum recurso à bacia do rio Paraíba do Sul, visto que ele traz mais benefícios do que malefícios para a disponibilidade hídrica local<sup>11</sup>. Já em bacias em que venham a existir UHE's com vazões de captação significativas outorgadas, o quadro poderia ser bastante diferente.

Finalmente, deve-se destacar que o fato de esta metodologia ter gerado valores preponderantemente negativos significa que, nos específicos casos estudados, as UHE's causam mais benefícios que malefícios, sob a ótica exclusiva da Gestão de Recursos

---

<sup>10</sup> Uma exceção a esta regra é o manejo dos reservatórios (proteção das margens e matas ciliares, controle de erosão, etc.), que pode influir de maneira relevante na qualidade da água passada a jusante e depende, de fato, da atuação do concessionário de cada UHE.

<sup>11</sup> Esta afirmação é válida considerando os casos-base (vazão de captação nula) e desconsiderando a questão da transposição de águas para o Rio Guandu, a qual merece um estudo bem mais específico (ver CAMPOS, 2001).

Hídricos. A cobrança pelo uso da água, por refletir unicamente esta ótica, não considera diversos outros impactos ambientais e econômicos das UHE's, tais como o lucro cessante da área inundada e a alteração radical do ecossistema local. Um dos grandes objetivos desta dissertação é justamente desvincular a cobrança pelo uso da água, a ser aplicada ao setor hidrelétrico como a qualquer outro setor usuário, de compensações financeiras devido a estes diversos outros fatores. Sendo assim, nos casos em que a cobrança calculada for negativa, deve ser entendido que a cobrança pelo uso da água deve ser nula. Nada impede que o governo, em suas diferentes esferas, continue exigindo uma compensação financeira pelos diversos outros impactos causados. Ressalte-se novamente que o objetivo desta cobrança pelo uso da água é melhorar a disponibilidade hídrica nas bacias; a preservação do meio ambiente e a distribuição de renda devem ser objeto de outros instrumentos legais.

## 7 Recomendações Finais

Este trabalho pretende ser uma primeira luz à questão da cobrança pelo uso da água no setor hidrelétrico segundo critérios técnicos. De forma alguma ele encerra a questão ou apresenta uma metodologia fechada, conclusiva.

A recomendação mais inicial de todas é que, ao se replicar ou estender este estudo, se busque dados mais confiáveis de qualidade de água, com séries históricas mais contínuas e menos heterogêneas. A falta de confiabilidade destes dados torna-se especialmente crítica em casos em que as concentrações de DBO afluente e efluente são bastante próximas. Inclusive, um aspecto bastante relevante levantado por este trabalho é a importância de um monitoramento hidrológico (vazões, níveis e alguns poucos parâmetros de qualidade de água) confiável e abrangente para uma eficiente gestão de recursos hídricos.

Adicionalmente, uma recomendação igualmente básica é aplicar a metodologia proposta a outras UHE's, em outras bacias, com outras realidades hídricas. Seria especialmente interessante caso fossem adotadas UHE's "emblemáticas", isto é, UHE's com notórios e bem delineados impactos. Dois exemplos, ambos na Bacia do São Francisco, seriam a UHE Sobradinho, com sua enorme evaporação anual, e a UHE Três Marias, cuja intensa regularização é fundamental para o restante da bacia. Outro exemplo enriquecedor seria simular a cobrança num reservatório onde a eutrofização seja efetivamente problemática. Neste caso, pode-se inclusive variar o peso dado à diluição na fórmula CEIVAP evolução ( $0,4 < K < 1,0$ )

Outra recomendação válida é manter a metodologia, mas variar as fórmulas de cobrança utilizadas. Por exemplo, poder-se-ia testar a fórmula proposta inicialmente para a cobrança em São Paulo (CRH/CORHI, 1997) e a fórmula conhecida como "Método das Faixas", proposta mais recentemente pela equipe do Laboratório de Hidrologia da COPPE (CANEDO DE MAGALHÃES *et al.*, 2003). Neste caso, o melhor seria simular as mesmas UHE's deste trabalho, com os mesmos dados de entrada, e verificar as diferenças geradas entre as quatro fórmulas.

Em relação à metodologia, que não é absolutamente imutável, cabe um comentário. Conforme exposto em vários pontos deste trabalho, durante o raciocínio de como “enquadrar” os vários impactos causados pelas UHE’s em usos captação, diluição e consumo, surgiram algumas encruzilhadas. Pontos em que mais de uma interpretação seria possível, havendo argumentos defensáveis para cada uma delas. Reitera-se que se buscou sempre privilegiar a ótica de que a cobrança deve refletir a real influência do usuário sobre a disponibilidade hídrica na bacia. No entanto, além da razoável subjetividade do julgamento destas questões, pode haver opiniões de que outras prioridades devam ser consideradas. Sendo assim, nada impede que novos trabalhos sejam realizados, adaptando-se a metodologia proposta a uma outra visão de como deva ser a cobrança pelo uso da água e de qual deve ser a sua fundamentação.

Uma idéia arrojada, por exemplo, seria considerar todas as UHE’s de cada bacia como um único usuário virtual. Como se concluiu que o pagamento da cobrança proposta por este trabalho deveria ser feito de forma centralizada pelo Setor Elétrico, e não por cada UHE isoladamente, seria possível somar algebricamente as vazões de captação, consumo e diluição (positivas e negativas) de cada UHE da bacia, concentrando-se todos os impactos gerados em um único usuário virtual. Esta alternativa apresenta a vantagem de permitir que eventuais cobranças negativas de determinadas UHE’s transformem-se em descontos reais para um determinado conjunto de reservatórios, em vez de serem simplesmente desconsideradas devido ao atual impedimento legal. Por outro lado, existe a desvantagem de que os reais benefícios e malefícios de cada empreendimento específico para a disponibilidade hídrica local ficam “mascarados” quando todos os impactos se concentram em único usuário virtual.

Finalmente, propõe-se a metodologia proposta (ou uma eventual adaptação da mesma) seja discutida com o Setor Elétrico, com o Governo e com o restante da comunidade interessada, preferencialmente nos organismos colegiados. Sabe-se dos inconvenientes de se alterar a atual fórmula de cobrança no curto prazo, especialmente devido ao risco de o Sistema Nacional de Recursos Hídricos “perder” uma fonte de renda tão expressiva. No entanto, deve-se começar a “preparar o terreno” para um futuro não tão

distante em que a sociedade exigirá que a cobrança pelo uso da água seja isonômica para todos, incluindo o setor hidrelétrico.

Para finalizar este trabalho, faço uma citação do famoso astrônomo e cientista Carl Sagan. Trata-se de uma citação sobre a premência de problemas como a decrescente disponibilidade hídrica mundial entrarem na ordem do dia (SAGAN, 1998): “Somos raros e preciosos porque estamos vivos, porque podemos pensar dentro de nossas possibilidades. Temos o privilégio de influenciar e talvez controlar o nosso futuro. Acredito que temos a obrigação de lutar pela vida na Terra - não apenas por nós mesmos, mas por todos aqueles, humanos e de outras espécies, que vieram antes de nós e a quem devemos favores, e por aqueles que, se formos inteligentes, virão depois de nós. Não há nenhuma causa mais urgente, nenhuma tarefa mais apropriada do que proteger o futuro de nossa espécie”.

## 8 Referências

ALVES, M.B.M., MENDES, L.L., ALVES, J.B. da M. (UFSC). **Mecanismo Online para Referências**. Disponível em: <<http://robot.rexlab.ufsc.br/referencia/>>. Acesso em: 06 mar. 2006.

ANA. **Cataguazes**. [mensagem pessoal] Mensagem recebida por: <Bruno Moczydlower>. em: 11 ago. 2004

\_\_\_\_\_. **Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos em Águas da União**. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/GestaoRecHidricos/Outorga/default2.asp>>. Acesso em: 18 jun. 2004.

\_\_\_\_\_. **O Estado das Águas no Brasil 2001-2002**. Brasília, 2002. CD-ROM.

\_\_\_\_\_. Superintendência de Usos Múltiplos. **Monitoramento dos Reservatórios do Sistema Hidráulico do Paraíba do Sul**. Brasília, 2005.

ANEEL. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. Brasília, 2002. CD-ROM.

\_\_\_\_\_. **Compensação Financeira pela Utilização de Recursos Hídricos**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/42.htm>>. Acesso em: 18 jun. 2004.

\_\_\_\_\_. **Informações sobre o pagamento pelo uso dos recursos hídricos pelo setor elétrico na Bacia do Rio Paraíba do Sul: Questões Encaminhadas pelo CEIVAP**. Brasília, 2000.

\_\_\_\_\_. **Relação das UHE's Devedoras de Compensação Financeira**. Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/cmpf/gerencial/cmpf\\_geracao/CMPF\\_UsinasGeracao.cfm](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/cmpf/gerencial/cmpf_geracao/CMPF_UsinasGeracao.cfm)>. Acesso em: 17 dez. 2005.

ÁREA DE RECURSOS HÍDRICOS/COPPE/UFRJ. **Estudo para Aperfeiçoamento da Metodologia de Cobrança das Bacias dos Rios Paraíba do Sul e Guandu.** Relatório final para o Fundo Setorial de Recursos Hídricos (CT-Hidro) – Convênio FINEP nº 2141/02. Rio de Janeiro, 2004.

CAMPOS, J.D., **Cobrança pelo uso da água nas transposições da bacia do rio Paraíba do Sul envolvendo o Setor Elétrico.** Tese de M.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2001.

CAMPOS, J.D., CANEDO DE MAGALHÃES, P., CARNEIRO, P.R.F. *et al.* **Proposta de uma Metodologia para a Fase Inicial de Cobrança na Bacia do Paraíba do Sul.** Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2001.

CANEDO DE MAGALHÃES, P., 2004, Comunicação Pessoal.

CANEDO DE MAGALHÃES, P., MARANHÃO, N., THOMAS, P.T. *et al.*, **Estudo Comparativo de Quatro Metodologias para a Cobrança pelo Uso da Água.** Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2003.

CARRERA-FERNANDEZ, J. **A Valorização da Água a Cobrança pelo Uso:** Teoria, Metodologias e um Estudo de Caso para a Bacia Hidrográfica do Rio Pirapama em Pernambuco. Salvador: Curso de Mestrado em Economia; FCE/UFBA, 2000. 268 p.

CESP. **Usinas.** Disponível em: <[www.cesp.com.br](http://www.cesp.com.br)>. Acesso em: 23 jan. 2006.

CEIVAP. CEIVAP busca recuperação dos Reservatórios do Paraíba do Sul. **Pelas Águas do Paraíba - informativo do CEIVAP,** Resende, pp. 1-4. mar. 2003.

CNRH. **A Evolução do Processo de Implantação da Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos no Brasil em 2002 e 2003.** Brasília, 2003.

COPPE/UFRJ. **Norma para a Elaboração Gráfica de Teses/Dissertações**, Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, out. 1996.

CRH/CORHI. **Simulação da cobrança pelo uso da água: versão preliminar de 20.08.1997**, Grupo de Trabalho para o Modelo de Simulação SMA/CETESB/DAEE, São Paulo: ago. 1997.

DAMÁZIO, J.M., 2004, Comunicação Pessoal.

ELETROBRÁS. **Compensação Financeira pela Utilização de Recursos Hídricos para Fins de Geração de Energia Elétrica: Proposta de Metodologia de Cálculo de Acréscimos de Vazão Firme**. Rio de Janeiro, 1998.

\_\_\_\_\_. **Lei 9.433/97 e seus efeitos na área de operação do setor elétrico: Comentários da Divisão de Hidrologia Operacional da Diretoria de Operação de Sistemas da Eletrobrás**. Rio de Janeiro, 1997.

\_\_\_\_\_. **Relação de dados armazenados no SIPOT para os locais assinalados no ATLAS do potencial hidrelétrico brasileiro**. Disponível em: <[www.eletronbras.gov.br/mostra\\_arquivo.asp?id=http://www.eletronbras.gov.br/downloads/em\\_atuacao\\_sipot/tabela\\_dados\\_atlas\\_SIPOT.pdf&tipo=sipot](http://www.eletronbras.gov.br/mostra_arquivo.asp?id=http://www.eletronbras.gov.br/downloads/em_atuacao_sipot/tabela_dados_atlas_SIPOT.pdf&tipo=sipot)>. Acesso em: 23 jan. 2006.

FORMIGA-JOHNSON, R.M., 2006, Comunicação Pessoal.

FORMIGA-JOHNSON, R.M., LOPES, P.D. (ed.), **Projeto Marca d'Água, Seguindo as mudanças na gestão das bacias hidrográficas do Brasil. Caderno 1: Retratos 3x4 das bacias pesquisadas**. São Paulo: UnB-FINATEC, julho de 2003.

LABHID. **Re: Dados de DBO para a minha tese**. [mensagem pessoal] Mensagem recebida por: <Bruno Moczydlower>. em: 26 jan. 2006.

MAGRINI, A. **Política e Gestão Ambiental: Conceitos e Instrumentos**, Revista Brasileira de Energia; Junho/2001. 135 – 147.

ONS. Assessoria de Comunicação e Marketing. **Re: Solicitação de dados hidrológicos com urgência**. [mensagem pessoal] Mensagem recebida por: <Bruno Moczydlower>. em: 18 jan. 2006.

\_\_\_\_\_. Gerência de Planejamento da Operação. **Evaporações Líquidas nas Usinas Hidrelétricas**. Rio de Janeiro, 2001. Disponível em: <[http://www.ons.org.br/download/operacao/hidrologia/rel\\_evaporacao\\_08\\_02\\_2006.pdf](http://www.ons.org.br/download/operacao/hidrologia/rel_evaporacao_08_02_2006.pdf)>. Acesso em: 23 ago. 2004.

PEREIRA, D.S.P. e FORMIGA-JOHNSSON, R.M. (orgs). **Governabilidade dos recursos hídricos no Brasil: a implementação dos instrumentos de gestão na Bacia do rio Paraíba do Sul**. Brasília: ANA, 2003.

RUSSO, M., CAVALCANTI, I.C.M., FELIX, A. *et al.* **Manual para Elaboração e Normalização de Dissertações e Teses**. 2. ed. Rio de Janeiro: UFRJ - Sistema de Bibliotecas e Informação (SiBI) - Comitê Técnico de Editoração, 2001.

SAGAN, C.E. **Bilhões e bilhões: Reflexões sobre vida e morte na virada do milênio**. São Paulo: Companhia das Letras, 1998.

SETTI, A. A., LIMA, J.E.F.W., CHAVES, A.G. de M. *et al.* **Introdução ao Gerenciamento de Recursos Hídricos**. Brasília: ANEEL / ANA, 2001. 328 p.

SILVA, O.B., MELLO, R.M. **O efeito de regularização dos reservatórios de geração de energia elétrica e o planejamento integrado dos recursos hídricos**, Simpósio Internacional sobre Gestão de Recursos Hídricos, ABRH, Sessão Técnica nº 5, Gramado, 5-8 nov. 1998.

THOMAS, P.T., 2006, Comunicação Pessoal.

\_\_\_\_\_, **Proposta de uma metodologia de cobrança pelo uso da água vinculada à escassez**. Tese de M.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2002.

UNEP-IETC. Tradução: Eng. Dino Vanucci. **Planejamento e Gerenciamento de Lagos e Represas: Uma Abordagem Integrada ao Problema de Eutrofização**. São Carlos: RiMa, 2001.

VIEIRA FILHO, X., VENTURA FILHO, A., SALES, P.R.H., *et al.* **A Compensação Financeira pela Utilização de Recursos Hídricos, os *Royalties* de ITAIPU e a Nova Política Nacional de Águas**, 2º Simpósio de Especialistas em Operação de Centrais Hidrelétricas - Foz do Iguaçu, B2, Foz do Iguaçu, 7-11 nov. 2000.

VOLSCHAN JUNIOR, I. **Poluição e Qualidade das Águas**: Notas de Aula. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2003.

VON SPERLING, M., **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**: Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias. 2. ed. Belo Horizonte: DESA; UFMG, 1996. 243 p.

## Apêndice A – Principais Informações das Estações de Qualidade de Água

Tabela A.1 – Principais Informações das Estações de Qualidade de Água Consideradas no Trabalho (fonte: LABHID, 2006)

	Código SIRH-BPS	Código Operador	Operador	Rio	Estado	Nome	Localizacao	X	Y	Altitude (m)
Paraibuna montante	PATG010	PT010	PARSUL		SP	SAO LUIZ DO PARAITINGA		468250	7432000	730
Paraibuna montante	PRBU010	PU005	PARSUL		SP	MONTANTE REPRESA	Ponte da Estr. Taubaté-Ubatuba	485300	7420000	880
Paraibuna jusante Sta Branca montante	PRBS490	SB005	PARSUL		SP	REPRESA SANTA BRANCA SP	Rodovia SP99 no Km 28	427800	7417400	650
Sta Branca jusante	PRBS470	00SP02608PARB02100	CETESB		SP		Rio Paraíba do Sul - Ponte na rodovia SP-77 que liga Santa Branca a Jacareí	395300	7410100	
Sta Branca jusante	PRBS480	PA010	PARSUL		SP	SANTA BRANCA SP	Estr. Jacareí-Sta. Branca Ponte	408100	7415400	580
Jaguari montante	JGRI030	01SP02350JAGJ00400	CETESB	2294	SP		Reservatório do Jaguari - Ponte na Rodovia D. Pedro I (SP-65), no município de Igaratá	382825	7431900	
Jaguari jusante	JGRI020	00SP02645JAGI02700	CETESB	2294	SP		Rio Jaguari - ponte na estrada de acesso à indust. Petybon, São José dos Campos	404600	7438050	
Funil montante	PRBS320	00RJ02FN0130	FEEMA		RJ		Reservatório de Funil - Queluz	528509	7508918	
Funil jusante	PRBS310	PS0410	FEEMA		RJ		Reservatório de Funil - Canal de Fuga, saída das turbinas	544302	7510637	
Ilha dos Pombos Montante	PRBS090	00RJ02PS0432	FEEMA		RJ		Sapucaia - rio Paraíba	716764	7567684	
Ilha dos Pombos jusante	PRBS070	00RJ02PS0434	FEEMA		RJ		Itaocara - rio Paraíba	803336	7602761	