

A Outorga Integrada das Vazões de Captação e Diluição

Márcia Maria Rios Ribeiro

Departamento de Engenharia Civil/UFCCG, Caixa Postal 505, 58.100-970 Campina Grande-PB, mm-ribeiro@uol.com.br

Antonio Eduardo Leão Lanna

Instituto de Pesquisas Hidráulicas, UFRGS, Caixa Postal 15029, 91.501-970 Porto Alegre-RS, lanna@iph.ufrgs.br

Recebido: 10/07/02 – revisão: 20/01/03 – aceito: 12/06/03

RESUMO

Uma proposta metodológica com o objetivo de integrar os procedimentos de outorga dos direitos de uso da água nos seus aspectos quantitativos e qualitativos é discutida neste artigo. A concepção metodológica do aspecto qualitativo é baseada no que dispõem o Projeto de Lei nº 1616 de 1999 e a Resolução nº 16 de 2001 do CNRH (Conselho Nacional de Recursos Hídricos); ao invés de se outorgar o lançamento de efluentes, outorga-se uma quantidade de água necessária para diluir tais efluentes, quantidade denominada de “vazão de diluição”. A metodologia é aplicada à bacia do rio Pirapama em Pernambuco. As implicações de tal metodologia para o cálculo da cobrança pelo uso da água são discutidas. Os resultados mostram que uma das dificuldades da proposta centra-se na quantificação das vazões de diluição, sendo uma das vantagens a unificação do processo em termos de entendimento e fiscalização.

Palavras-chave: gestão de recursos hídricos, instrumento regulatório, poluição hídrica

OUTORGA DOS DIREITOS DE USO DA ÁGUA

Sendo um dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos no Brasil, a outorga de direitos de uso destes recursos está contemplada nas legislações federal e estaduais. Atualmente é possível identificar vários estados brasileiros em processo de implementação dos respectivos sistemas de outorga. Da mesma forma, já é significativo o número de estudos na temática “outorga dos direitos de uso da água” no país sendo um exemplo disto os trabalhos de Silva e Lanna (1996), Kelman (1997), Silveira et al (1998), Ferraz e Braga (1998), Cruz et al. (1999), Rodrigues e Porto (1999), Paiva e Ribeiro (2000), Silva et al. (2001), Medeiros et al. (2001).

Há, entretanto, vários desafios a serem vencidos, sejam nos aspectos teóricos e de concepção ou nos aspectos práticos de operacionalização dos sistemas de outorga. Entre estes desafios poderiam ser citados: a definição do valor adequado para a vazão máxima outorgável, a inexistência de dados fluviométricos nas bacias, o desconhecimento sobre usuários e respectivas demandas, as dificuldades na definição dos sistemas de outorga dos recursos subterrâneos, o desenvolvimento de metodologias específicas para o estabelecimento dos valores adequados a serem outorgados como vazão ecológica assim como de metodologias que integrem os aspectos quantitativos e

qualitativos da outorga. Este último tema é objeto de discussão deste artigo que apresenta uma abordagem metodológica para o tratamento integrado dos aspectos quali-quantitativos da outorga. O aspecto qualitativo é concebido com base “na vazão de diluição” (disposta no Projeto de Lei nº 1616 e na Resolução nº 16 do CNRH) e não “no lançamento de efluentes”. A proposta metodológica é aplicada à bacia do Pirapama em Pernambuco.

A outorga do lançamento de efluentes e a outorga da vazão de diluição na legislação brasileira

Na Lei nº 9.433/97 da Política e Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, a outorga está contemplada no artigo 12. Segundo este artigo, entre os usos sujeitos à outorga pelo poder público no Brasil estão:

I – derivação ou captação de parcela da água existente em um corpo de água para consumo final, inclusive abastecimento público, ou insumo de processo produtivo;

II – extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo;

III - lançamento em corpo hídrico de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final.

Na Lei nº 9.433/97, a outorga qualitativa está disposta, portanto, em termos de uma outorga para o lançamento de efluentes (inciso III). Uma abordagem diferente surgiu no Projeto de Lei Federal nº 1616 (em tramitação desde 1999 no Congresso Nacional), considerado complementar à Lei nº 9.433/97. Este PL dispõe sobre a gestão administrativa e a organização institucional do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e possui um capítulo que trata da “sistemática de outorga do direito de uso de recursos hídricos”. Neste capítulo está especificada a outorga para diluição de resíduos em corpos hídricos. Desta forma, a outorga pelos lançamentos de efluentes é entendida como uma outorga da vazão que se faz necessária para diluição dos respectivos efluentes. O PL dispõe que:

“Para fins de lançamento de efluentes, a vazão de diluição será fixada de forma compatível com a carga poluente, podendo variar ao longo do prazo de duração da outorga, em função da concentração máxima de cada indicador de poluição estabelecida pelo Comitê de Bacia Hidrográfica ou, na falta deste, pelo poder outorgante”.

E que:

“as vazões de diluição serão calculadas separadamente, em função da natureza do poluente”.

A proposta da outorga em termos de vazão de diluição foi disposta, também, na Resolução nº 16/2001 do CNRH que no seu artigo 15 especifica que:

“A outorga de direito de uso da água para o lançamento de efluentes será dada em quantidade de água necessária para a diluição da carga poluente, que pode variar ao longo do prazo de validade da outorga, com base nos padrões de qualidade da água correspondentes à classe de enquadramento do respectivo corpo receptor e/ou em critérios específicos definidos no correspondente plano de recursos hídricos ou pelos órgãos competentes”.

A diferença básica, portanto, entre uma e outra abordagem está na forma de quantificação da outorga de lançamentos de resíduos em corpos hídricos que no PL nº 1616 e na Resolução CNRH nº 16/2001 se dá em termos do cálculo da vazão de diluição necessária para atender ao limite de concentração de cada parâmetro estabelecido pela classe de enquadramento (a qual é definida pela Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente CONAMA nº 20/1986). Nas seções a seguir, uma proposta metodológica que contempla esta situação e simulações

desta proposta para a bacia do rio Pirapama são apresentadas.

PROPOSTA METODOLÓGICA

Há várias etapas metodológicas a serem seguidas em um estudo de simulação da aplicação do instrumento de outorga em uma bacia:

- i) análise dos dados fluviométricos disponíveis para a bacia;
- ii) identificação dos usuários, demandas e cenários;
- iii) definição dos PC (pontos de controle);
- iv) definição dos usos prioritários;
- v) proposta dos critérios de vazão máxima outorgável;
- vi) simulação dos critérios de vazão máxima outorgável;
- vii) avaliação dos critérios de vazão máxima outorgável.

Ao incluir, na análise, a outorga da vazão de diluição, outras etapas devem ser acrescentadas à relação anterior:

- i) identificação dos efluentes lançados em cada PC;
- ii) identificação da concentração máxima permitida pelo enquadramento para o trecho do rio onde se localiza o PC (para o parâmetro ou parâmetros considerado(s));
- iii) cálculo da vazão necessária para diluir a carga lançada de forma que seja obedecida a concentração máxima permitida pelo enquadramento no trecho em análise;
- iv) definição de critérios de racionamento para a situação em que a vazão disponível não é suficiente para atender ambas as vazões, isto é, a vazão de captação e de diluição.

Equações básicas

Um sistema de outorga que considere os usos da água derivados para diversos fins (excluindo a diluição de efluentes) pode ter como expressão básica a Equação 1:

$$\sum_{i,j} [(\alpha_i) \cdot Q_{\text{capta},i,j}] \leq Q_{\text{máx outorgável}} \quad (1)$$

com $[(\alpha_i) \cdot Q_{\text{capta},i,j}] \leq Q_{\text{outorgada},i,j}$

onde,

$Q_{\text{capta},i,j}$ é a vazão captada pelo usuário i na seção j ; α é o coeficiente de uso da vazão de captação do usuário i ; $Q_{\text{máx outorgável}}$ é a vazão máxima outorgável na seção j ;

Q outorgada_{i,j}, a vazão outorgada ao usuário i na seção j; com todas as vazões em m³/s.

Em relação ao processo conjunto de outorga (captação e diluição), este pode ser representado matematicamente pela Equação 2.

$$\sum_{ij}[(\alpha_i) \cdot Q_{\text{capta},ij} + (\beta_k) \cdot Q_{\text{dilui},ij,k}] \leq Q_{\text{máx outorgável total},j} \quad (2)$$

$$\text{com } [(\alpha_i) \cdot Q_{\text{capta},ij} + (\beta_k) \cdot Q_{\text{dilui},ij,k}] \leq Q_{\text{outorgada total},j}$$

onde,

Q_{capta,i,j} é a vazão de captação para o usuário i na seção j; α é o coeficiente de uso da vazão de captação do usuário i; Q_{dilui,i,j,k} é a vazão de diluição para o parâmetro k do usuário i em j; β_k é o coeficiente de uso da vazão de diluição no que se refere ao parâmetro k; Q_{máx outorgável total na seção j} é a soma da vazão máxima outorgável para a captação com a vazão máxima outorgável para diluição na seção considerada; Q_{outorgada total} é a soma da vazão outorgada para captação e para diluição; com todas as vazões em m³/s.

A vazão de diluição (Q_{dilui,i,j,k}) em m³/s para um mês de 30 dias é calculada através da Equação 3:

$$Q_{\text{dilui},ij,k} = (1/2,592) \cdot (C_{g_{ij,k}} / \text{Con}_{k,j}) \quad (3)$$

onde,

Q_{dilui,i,j,k} é a vazão de diluição em m³/s do usuário i, na seção j, para o parâmetro k; C_{g_{ij,k}} é a carga lançada pelo usuário i, na seção j, para o parâmetro k, em ton/mês e Con_{k,j} é a concentração do parâmetro k exigida na seção j, em mg/l.

A Equação 3 expressa, no parâmetro Con_{k,j}, a consideração explícita do especificado no instrumento do enquadramento dos corpos d'água em classes de usos preponderantes. Desta forma, o processo da outorga ocorre em conjunto com o processo do enquadramento demonstrando ao usuário a necessidade de serem respeitadas as condições determinadas pela legislação ambiental, no caso, pela Resolução CONAMA nº 20/86.

Consideração sobre a capacidade autodepurativa do corpo d'água

Quando o usuário lança o efluente, os impactos deste lançamento podem se dar na seção de lançamento e em todo o trecho a jusante. O grau desse impacto está associado à capacidade de autodepuração do corpo hídrico. Uma água é considerada depurada quando as suas características não são mais conflitantes com a utilização prevista em cada trecho do curso d'água (Von Sperling,

1996). Ou seja, quando o enquadramento do corpo é obedecido. Von Sperling (1996) relaciona quatro principais zonas de autodepuração: zona de degradação, zona de decomposição ativa, zona de recuperação e zona de águas limpas.

Na ausência de estudos específicos sobre a capacidade depurativa do corpo d'água, algumas hipóteses podem ser assumidas:

- i) há autodepuração do efluente no próprio ponto de lançamento ou em torno do mesmo;
- ii) não há autodepuração do efluente no ponto de lançamento, mas há nas seções a jusante;
- iii) não há autodepuração do efluente ao longo do curso d'água.

Para o último caso, o usuário se apropria da vazão de diluição, não apenas no ponto de lançamento, mas em todo o trecho a jusante (o coeficiente β_k da Equação 2 é igual a unidade). A vazão se torna indisponível para outros usos em todo o trecho. Na segunda hipótese, a apropriação total da vazão de diluição se dá no ponto de lançamento mas o coeficiente de uso β_k diminui com o aumento da distância entre o ponto de lançamento e as seções a jusante.

O que fazer na ausência de vazão de diluição?

Ao simular a outorga considerando a vazão de diluição e não havendo água para diluir os efluentes em alguns PCs da bacia, há a necessidade de serem definidas estratégias para a gestão qualitativa da água na bacia. Duas alternativas que poderiam ser usadas, isoladamente ou em combinação, são discutidas a seguir.

Racionamento dos lançamentos - Como a vazão máxima outorgável é repartida entre o uso para a captação e para a diluição e como não há vazão disponível para diluir integralmente os efluentes lançados, o usuário deve raciocinar tais lançamentos a fim de que sejam atendidos os padrões de qualidade estipulados no enquadramento. Esse racionamento pode ser alcançado através de medidas adotadas isoladamente ou em conjunto: i) modificação de processo produtivo a fim de gerar menos efluentes; ii) tratamento de efluentes e/ou pagamento pela água necessária para diluí-los; iii) aumento da eficiência ao usar a água captada a fim de que parcela dessa vazão possa ser transferida para a diluição de efluentes. Considerando essa última alternativa, o poder público outorgaria o direito de uso da água como um todo (captação + diluição) cabendo ao usuário gerenciar essa quantia entre os seus dois usos.

Flexibilização no enquadramento - Nessa alternativa poderia ser acordado uma flexibilização das exigências do enquadramento durante um período de tempo pré-estabelecido. Essa situação tem sido conhecida como “etapalização da qualidade” e se caracteriza pela evolução gradual da qualidade do efluente tratado (Von Sperling, 1996). Em uma primeira etapa remove-se uma certa quantidade da carga e em uma segunda etapa buscam-se maiores remoções. Isto implica em permissão do órgão ambiental para que, temporariamente, sejam descumpridos os padrões de qualidade (e de lançamento) na primeira etapa.

SIMULAÇÕES: OUTORGA DA VAZÃO DE CAPTAÇÃO

A proposta metodológica apresentada anteriormente foi simulada à bacia hidrográfica do rio Pirapama situada na parte sul da Região Metropolitana do Recife (RMR). Esta bacia de 600 Km² tem sido identificada como uma das alternativas para o aumento da oferta de água para a Região através da construção do reservatório Pirapama (CPRH/DFID, 1998a).

Nesta seção, apresentam-se as simulações da outorga da vazão de captação. Na seção seguinte, as simulações da outorga da vazão de diluição de efluentes (incluindo a vazão de captação) são apresentadas.

Dados fluviométricos para o estudo de outorga

Na bacia do Pirapama não há, atualmente, estação pluviométrica, evaporimétrica ou fluviométrica. Houve, no período de 1974-1982, a operação de uma rede pluviométrica e fluviométrica em torno da área do Complexo Portuário de Suape que desejava identificar potenciais mananciais para o seu abastecimento; algumas dessas estações se localizavam na bacia do Pirapama. Além da campanha de medições de vazões operada por Suape, outras campanhas esporádicas foram realizadas na bacia como a campanha da Compesa (Companhia Pernambucana de Saneamento) para o mês de dezembro de 1993 (ano em que a região passava por uma severa estiagem havendo dificuldades em se abastecer a RMR) e como a campanha do Projeto Pirapama no final do ano de 1997 e início de 1998.

O Projeto Pirapama, com o nome oficial de Projeto “Planejamento e Gerenciamento Ambiental da Bacia do rio Pirapama” realizou estudos para geração de vazões (CPRH/DFID, 1998b). Estes estudos apoiaram-se nos dados de vazões diárias da Campanha de Suape na seção Matapagipe (sub-bacia com 312 km²), e se utilizaram do modelo matemático de simulação do processo de transformação de chuva em vazão SMAP. Neste processo foram gerados dados de vazões mensais para o período

1921-1996. Para isso, o estudo do Projeto Pirapama estendeu a série pluviométrica observada em Matapagipe pela Campanha de Suape (com base na série de Palmares do Banco de Dados da Sudene, estação localizada fora da bacia) para o período 1921-1996. A mesma calibragem usada para a seção de Matapagipe foi adotada para a seção da futura barragem Pirapama (sub-bacia com 341,50 km²). O estudo do Projeto Pirapama também gerou uma série de descargas mensais para o local cogitado para construção de uma barragem, no rio Pirapama, para abastecimento da cidade de Vitória (sub-bacia com 51,00 km²). Assim, o referido estudo gerou três séries de vazões mensais na bacia: na seção da barragem Vitória, na seção Matapagipe e na seção da barragem Pirapama. Essas seções estão apresentadas na Figura 1. Os dados gerados pelo Projeto Pirapama trazem embutidos os usos da água na bacia e não representam exatamente séries de vazões naturais mas séries de vazões remanescentes, conforme conceituação apresentada em Silveira et al. (1998).

As três séries de vazões mensais geradas pela CPRH/DFID (1998a) subsidiam todo o estudo de outorga desenvolvido nesta pesquisa. Os dados de vazões produzidos no âmbito do Projeto Pirapama são assumidos como representativos da disponibilidade hídrica na bacia e, portanto, como os dados de entrada para o estudo de outorga.

Usuários, demandas, pontos de controle, cenários e critérios

Para a simulação do sistema de outorga é preciso definir as seções, ou pontos de controle (PC), a serem analisadas. Essas seções são locais de interesse onde se deseja conhecer a disponibilidade hídrica, a vazão outorgável, as demandas, a vazão a ser outorgada. Foram definidos dois cenários gerais no estudo de outorga:

- i) a situação atual, sem a barragem Pirapama inserida ao sistema da bacia;
- ii) a situação futura, com a inserção da respectiva barragem. Para cada um desses cenários foram analisados três critérios para a definição da vazão máxima outorgável.

Os dados de vazões mensais gerados pelo Projeto Pirapama nas seções barragem Vitória, Matapagipe e local da barragem Pirapama (Figura 1) foram transferidos, nesta pesquisa, para as seções de interesse (PC) que não dispunham de informações. O critério de escolha entre uma ou outra seção para a transferência dos dados foi baseado na proximidade geográfica entre a seção com dados e aquela sem dados. Para calcular a vazão em uma seção de interesse foi realizada uma relação entre áreas das bacias hidrográficas envolvidas.

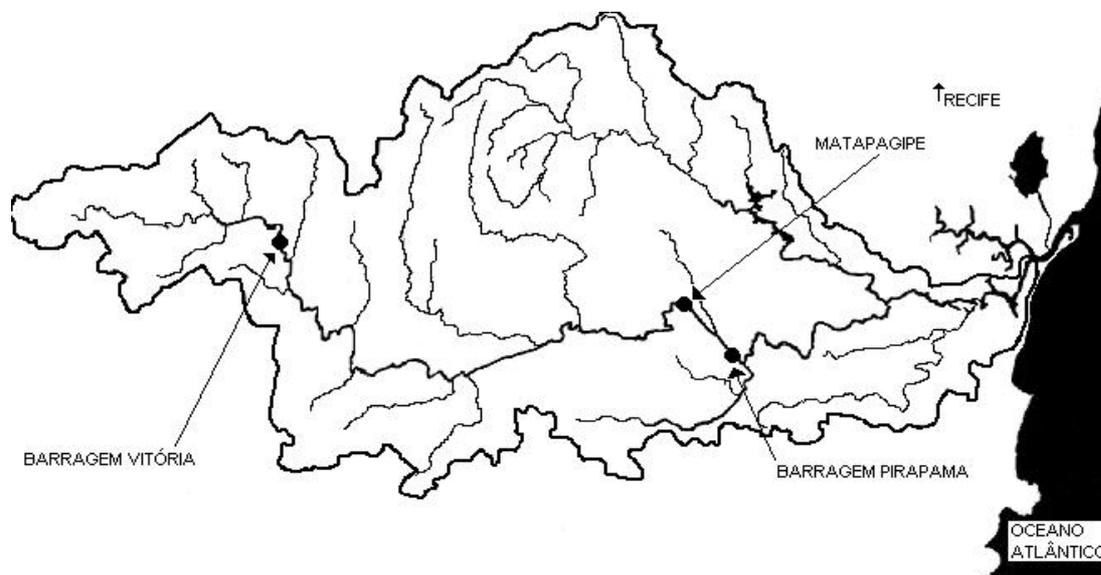


Figura 1. Bacia Hidrográfica do rio Pirapama - PE: seções de geração de vazões do estudo do Projeto Pirapama (adaptado de CPRH/DFID, 1998a)

Os cenários simulados e os critérios adotados são apresentados na Tabela 1 e descritos nas seções a seguir.

Tabela 1. Cenários e critérios na simulação da outorga da vazão de captação.

Cenário	Critério (Q _{máx} outorgável)
(1) Sem barragem Pirapama	(1) (%) . Q ₉₀ anual
	(2) (%) . Q ₉₀ mensal
	(3) ≤ 0,80 m ³ /s
(2) Com barragem Pirapama	(3) ≤ 0,80 m ³ /s

Q_{máx} outorgável: vazão máxima outorgável
 Q₉₀ anual e Q₉₀ mensal: vazões com probabilidades de excedência de 90%, respectivamente, para o ano e para os meses do ano.

Como apresentado na Tabela 1, a vazão Q₉₀ foi adotada como vazão referencial para a outorga. A razão de se adotar esta vazão em relação, por exemplo, à Q_{7,10} é que aquela tem a vantagem de estabelecer um risco a priori de falhas (10%). Além disto, a Q_{7,10} apresenta valor inferior ao da Q₉₀ restringindo ainda mais o sistema de outorga a ser concebido.

Outras vazões, com graus de confiança variáveis segundo o respectivo uso, também poderiam ter sido adotadas. Entretanto, a adoção de quaisquer destas vazões limita bastante a expansão dos sistemas de uso da água pois na maior parte do tempo as vazões ocorridas são

superiores à vazão de referência. Uma alternativa ao critério usual da vazão de referência é o critério da vazão excedente (Ribeiro e Lanna, 2001). Neste caso, os usuários se entenderiam com o órgão outorgante de forma que fossem respeitadas as prioridades de uso (as quais devem incluir a vazão ecológica e a vazão de diluição). Outras alternativas são apresentadas ao final deste artigo.

Cenário 1: situação atual sem a barragem Pirapama

Para este cenário, a Tabela 2 apresenta os usuários da água da bacia do rio Pirapama identificando-se o respectivo ponto de controle (PC) e demandas. A Figura 2 mostra a bacia do rio Pirapama e a localização dos pontos de controle. A Figura 3 apresenta, esquematicamente, esses pontos. Nestas figuras, a eliminação do PCA (barragem Pirapama) caracteriza o Cenário 1.

As seguintes considerações foram adotadas:

- i) a demanda de água foi considerada constante ao longo do ano para todos os usuários;
- ii) a demanda para a irrigação da cana-de-açúcar está incluída na demanda da agroindústria;
- iii) a dessedentação de animais foi desprezada;
- iv) a demanda das pequenas comunidades rurais, abastecidas por poços amazonas, é insignificante e está isenta de outorga pela legislação estadual;

- v) os valores referentes à diluição de efluentes são considerados quando se adota a abordagem “outorga da vazão de diluição” discutida em seção específica deste artigo;
- vi) não estão sendo considerados os retornos de água ao curso do rio.

Critério 1 - A vazão máxima outorgável é representada por uma parcela da vazão com probabilidade de excedência de 90% ao longo de todo o período simulado (um único valor dentro de toda a série hidrológica considerada). Para simulação desse critério adotou-se uma vazão máxima outorgável, em cada PC, de 80% da Q_{90} - valor a ser alocado entre todos os usuários do PC. Com exceção do PC “Cabo DI” (PC6), todos os demais se constituem em um único usuário.

Nesta pesquisa, vinte por cento da Q_{90} são destinados à vazão ecológica. Este percentual foi simplesmente arbitrado mas entende-se que há necessidade de estudos que possam definir mais precisamente o valor da vazão ecológica. Portanto, apesar de ser utilizado neste estudo, não se recomenda o critério de se estabelecer a vazão ecológica como percentual da vazão de referência para a outorga.

Tabela 2. Demandas requeridas pelos usuários da bacia do Pirapama – sem barragem Pirapama (Cenário1) – adaptado de CPRH/DFID (1998a).

PC	Usuários	demanda (m ³ /s)	percentagem do total (%)
1	JB (agroindústria)	0,37	4,00
2	Hidroelétrica Cachoeira Tapada	1,60	17,30
3	Sibéria (agroindústria)	0,06	0,65
4	Inexport (agroindústria)	0,37	4,00
5	Hidroelétrica José Rufino	5,50	59,46
6	Cabo Distrito Industrial (DI) ¹	0,33	3,57
	Abastecimento público do Cabo ² (importação do sistema Suape)	0,40	
7	Barragem Gurjaú (Abastecimento da RMR)	1,00	10,81
8	Bom Jesus (agroindústria)	0,02	0,22
	usos consuntivos	2,15	23,24
	usos não consuntivos	7,10	76,76
	total (consuntivo + não consuntivo)	9,25	100

1: a outorga para as indústrias do DI é simulada em grupo;

2: sendo essa demanda suprida por outra bacia, ela não entra no cômputo dos usos do Pirapama.

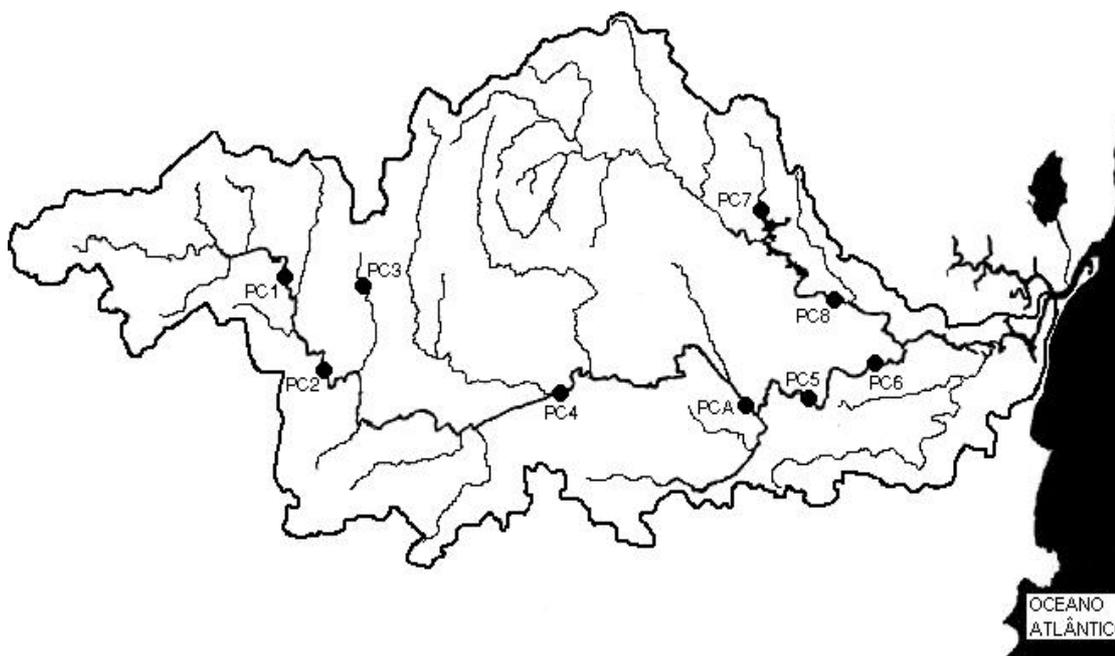


Figura 2. Bacia Hidrográfica do rio Pirapama – PE com pontos de controle definidos nesta pesquisa.

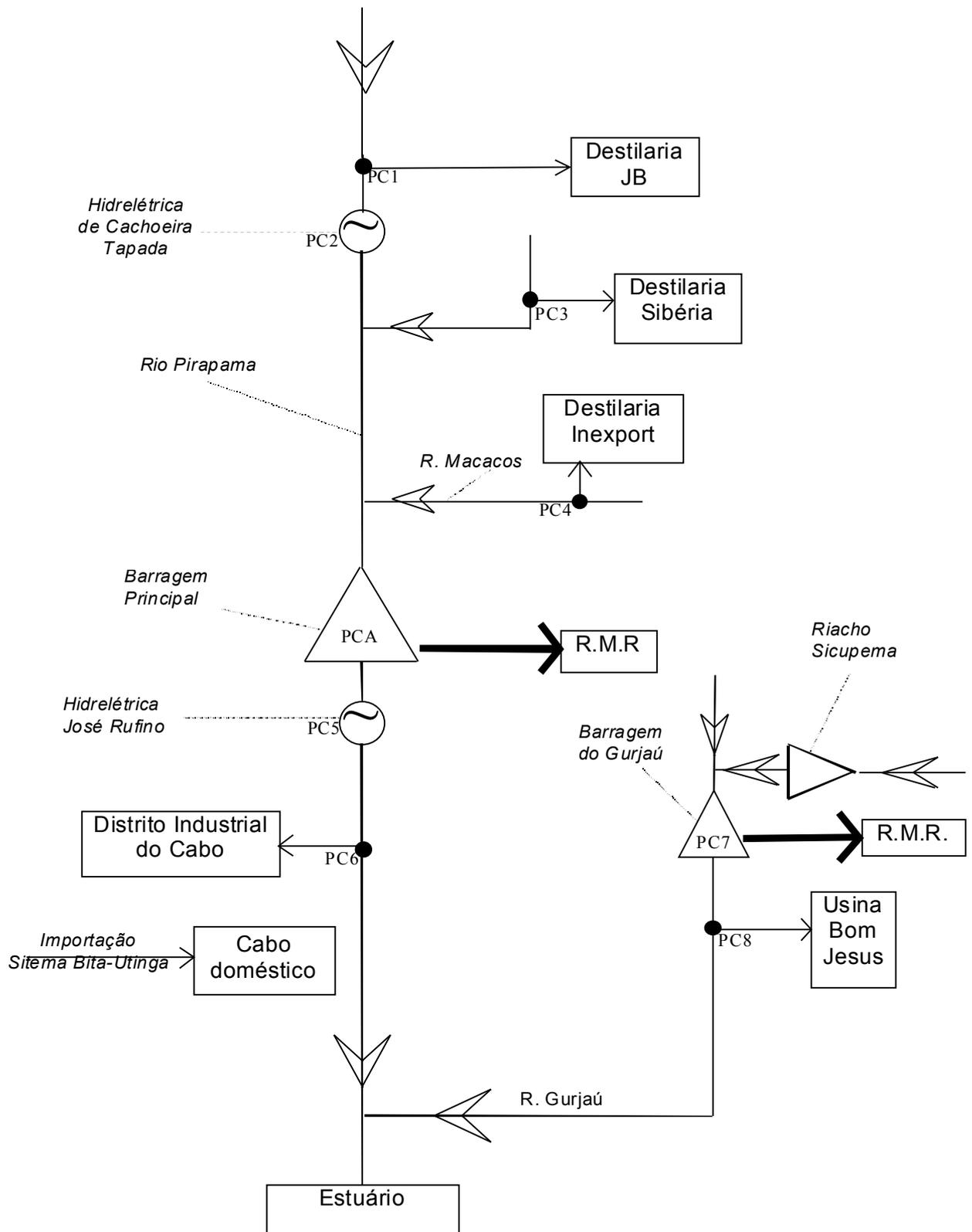


Figura 3. Bacia Hidrográfica do rio Pirapama – PE com esquema dos pontos de controle (adaptado de CPRH/DFID, 1998a).

Tabela 3. Vazões Q_{90} anual (para toda a série hidrológica) nas seções de interesse (m^3/s).

período	Pontos de controle					
	JB (PC1)	C. Tapada (PC2)	Sibéria (PC3)	Inexport (PC4)	José Rufino (PC5)	Cabo DI (PC6)
toda série	0,57	0,57	0,04	0,41	4,41	4,53

Tabela 4. Vazões Q_{90} mensal (para os 12 meses da série hidrológica) nas seções de interesse (m^3/s).

meses	Pontos de controle					
	JB (PC1)	Cac. Tapada (PC2)	Sibéria (PC3)	Inexport (PC4)	José Rufino (PC5)	Cabo DI (PC6)
janeiro	0,40	0,57	0,03	0,30	3,13	3,23
fevereiro	0,43	0,61	0,03	0,32	3,43	3,53
março	0,51	0,72	0,04	0,38	4,07	4,19
abril	0,72	1,04	0,05	0,53	5,58	5,74
maio	0,86	1,24	0,06	0,63	6,68	6,87
junho	1,12	1,60	0,08	0,78	8,32	8,56
julho	1,08	1,55	0,08	0,79	8,39	8,63
agosto	0,71	1,02	0,05	0,52	5,52	5,68
setembro	0,49	0,70	0,03	0,35	3,67	3,78
outubro	0,43	0,61	0,03	0,31	3,32	3,42
novembro	0,42	0,60	0,03	0,31	3,30	3,40
dezembro	0,41	0,58	0,03	0,30	3,18	3,27

A Tabela 3 apresenta os valores da Q_{90} de toda a série hidrológica em cada PC. Como Cachoeira Tapada e José Rufino representam usos não consuntivos, a vazão máxima outorgável para tais usuários corresponde às vazões afluentes às respectivas seções. O PC7 (barragem Gurjaú) está analisado separadamente.

Critério 2 - A vazão máxima outorgável varia em função do mês do ano dependendo dos valores das vazões com probabilidade de excedência de 90% (doze valores correspondentes a cada mês do ano que se repetem para todo o período simulado). Ela é calculada como 80% da Q_{90} de cada mês analisado. Vinte por cento de cada Q_{90} mensal são destinados à vazão ecológica. A Tabela 4 mostra as Q_{90} para cada mês da série hidrológica mensal em cada PC.

Critério 3 - Nas simulações feitas com os critérios 1 e 2 anteriores verifica-se que a soma das vazões máximas outorgáveis dos PCs localizados a montante da futura barragem Pirapama, em certos períodos, é superior a $0,80 m^3/s$. Estudos realizados nessa bacia (Compesa, 1989; CPRH/DFID, 1998a) recomendam que não sejam derivados mais do que $0,80 m^3/s$ a montante da futura barra-

gem (valor correspondente às demandas atuais requeridas pela área de montante). Considerando essa recomendação, a entrada da barragem Pirapama no sistema (discutida no Cenário 2) apenas permitirá o uso do critério de vazão máxima outorgável com base na Q_{90} (seja anual ou mensal) quando o valor dessa vazão for igual ou inferior a demanda atual requerida por cada PC da área a montante. Isto é (Equação 4):

$$\sum_{i,j,l} [Q_{outorgada_{i,j,l}}] \leq Q_{m\acute{a}x \text{ outorg\acute{a}vel}_l} \quad (4)$$

com $Q_{m\acute{a}x \text{ outorg\acute{a}vel}_l} \leq 0,80 m^3/s$

onde,

$Q_{outorgada_{i,j,l}}$ é a vazão outorgada para o usuário i , na seção j pertencente ao trecho l e $Q_{m\acute{a}x \text{ outorg\acute{a}vel}_l}$ é a vazão máxima outorgável para o trecho l , que, no caso, representa o trecho de montante; com todas as vazões em m^3/s .

Para atender essa condição, simulou-se o critério 3 no qual não há propriamente o conceito de vazão máxima outorgável. A vazão outorgada é o menor valor entre a demanda requerida pelo usuário e a vazão disponível na seção estudada. Os usuários têm suas demandas requeridas integralmente atendidas, assim que as condições hidrológicas permitam. Essa situação mostra que existem alguns usuários que não podem ser atendidos integralmente em função das vazões na calha do rio serem inferiores as demandas solicitadas em algumas épocas (caso dos PCs 2, 3, 4 e 5).

Tabela 5. Freqüência da falha e percentuais de atendimento das demandas segundo critério 1 de vazão máxima outorgável (Q_{90} anual).

Usuários	freqüência da falha (%)	menor percentual de demanda requerida atendida (%)	maior percentual de demanda requerida atendida (%)
JB	0	100	100
Cachoeira Tapada	54,3	10,2	100
Sibéria	100	43,1	53,3
Inexport	100	77,3	88,6
José Rufino	31,4	42,9	100
Cabo DI	0	100	100

Tabela 6. Frequência da falha e percentuais de atendimento das demandas segundo critério 2 de vazão máxima outorgável (Q_{90} mensal).

Usuários	frequência da falha (%)	menor percentual de demanda requerida atendida (%)	maior percentual de demanda requerida atendida (%)
JB	0	100	100
Cachoeira Tapada	54,3	10,2	100
Sibéria	75,2	43,2	100
Inexport	50,4	77,3	100
José Rufino	31,4	42,9	100
Cabo DI	0	100	100

Tabela 7. Frequência da falha e percentuais de atendimento das demandas segundo critério 3 de vazão outorgada (atende-se a demanda requerida se as vazões afluentes permitirem).

Usuários	frequência da falha (%)	menor percentual de demanda requerida atendida (%)	maior percentual de demanda requerida atendida (%)
JB	0	100	100
Cachoeira Tapada	54,3	10,2	100
Sibéria	33,8	43,1	100
Inexport	3,3	77,3	100
José Rufino	31,4	42,9	100
Cabo DI	0	100	100

A outorga quando há obra de disponibilização: o reservatório Gurjaú - Este reservatório (PC7 nas Figuras 2 e 3) desde 1968, está destinado ao abastecimento da RMR-sul produzindo, em média, uma vazão regularizada de 1,00 m³/s (CPRH/DFID, 1998a). Na época, esse manancial era o segundo maior a abastecer a RMR. O rio Gurjaú é um dos principais afluentes do rio Pirapama pela margem esquerda. Assim, a vazão a ser outorgada à Compesa é de 1,00 m³/s. A usina Bom Jesus (situada a jusante da barragem Gurjaú) necessita de 0,02 m³/s que retira diretamente do rio Gurjaú (Tabela 2).

Análise dos critérios de vazão máxima outorgável – Para avaliar o comportamento do sistema de outorga, simulado com cada um dos três critérios anteriores, três aspectos foram selecionados:

- i) o percentual de falha (frequência) durante o período simulado; uma falha é entendida como uma

impossibilidade de atendimento à demanda requerida no intervalo mensal;

- ii) o menor percentual de demanda requerida que é atendida;
- iii) o maior percentual de demanda requerida que é atendida.

As Tabelas 5, 6 e 7 apresentam os respectivos resultados.

A análise das tabelas 5, 6 e 7 gera reflexões que são apresentadas neste parágrafo. Como as hidroelétricas Cachoeira Tapada e José Rufino são usos não consuntivos, outorga-se com base nas vazões disponíveis nos respectivos PCs. Sendo assim, é indiferente o uso do critério 1, 2 ou 3 para esses usuários. Para usuários que se apresentam com demandas requeridas sempre inferiores às Q_{90} (seja no critério 1 ou no 2), caso de JB e Cabo DI, quaisquer dos três critérios simulados produzem os mesmos resultados. Para usuários que possuem demandas requeridas, em algum momento, superiores aos valores da vazão máxima outorgável, o critério 3 produz o menor percentual de falhas (Sibéria e Inexport). Para esses mesmos usuários, o critério 2 (comparado ao critério 1) faz diminuir o valor da frequência de falhas já que quantidade maior de demanda é atendida na estação úmida. A implementação de um critério tipo 2 (Q_{90} mensal) é um pouco mais complexa do que um critério tipo 1 já que, no primeiro caso, o órgão gestor teria que considerar 12 valores diferentes para a vazão outorgável em cada PC de interesse.

Cenário 2: situação futura com a barragem Pirapama

A entrada da barragem Pirapama criará uma nova condição de uso da água na bacia e caracteriza o que se denomina de cenário 2 neste estudo. Ela impõe novo comportamento aos usuários situados a montante e a jusante da barragem no que diz respeito as retiradas de água e aos lançamentos de efluentes. O cenário 2, portanto, representa a situação futura quanto aos usos de água na bacia.

Para definição da vazão a ser outorgada à Compesa, oriunda da barragem Pirapama, faz-se necessário uma análise do balanço hídrico da mesma. As retiradas a montante a serem consideradas estão vinculadas ao critério de outorga adotado. Conforme mostrado, existem algumas opções e três delas foram apresentadas em itens anteriores (critérios 1, 2 e 3). Para realização do balanço hídrico do reservatório, esta pesquisa considerou:

Tabela 8. Demandas requeridas pelos usuários da bacia do Pirapama com barragem Pirapama – Cenário 2 (adaptado de CPRH/DFID, 1998a).

PC	Usuários	demanda (m ³ /s)	percentagem do total (%)
1	JB (agroindústria)	0,37	3,65
2	Hidroelétrica Cachoeira Tapada	1,60	15,76
3	Sibéria (agroindústria)	0,06	0,59
4	Inexport (agroindústria)	0,37	3,65
A	Barragem Pirapama:		
	abastecimento da RMR	5,13	50,54
	regularização para jusante ¹	1,20	(11,82)
5	Hidroelétrica José Rufino	1,20	11,82
6	Cabo Distrito Industrial (DI) ²	0,40	3,94
7	Barragem Gurjaú (Abastecimento da RMR)	1,00	9,85
8	Bom Jesus (agroindústria)	0,02	0,20
	usos consuntivos	7,35	72,41
	usos não consuntivos	2,80	27,59
	total (consuntivo + não consuntivo)	10,15	100

1: a quantia de 1,20 m³/s, regularizada para jusante, atende os usos não consuntivos da Hidroelétrica José Rufino, a vazão ecológica (0,80 m³/s) e o abastecimento do Distrito Industrial do Cabo;

2: a outorga do DI será simulada em grupo.

- i) critério 3 de outorga, isto é, 0,80 m³/s são retirados a montante da barragem (conforme recomendação já comentada);
- ii) série de dados fluviométricos na seção da barragem segundo CPRH/DFID (1998a);
- iii) dados evaporimétricos e características da curva cota-área-volume segundo Compesa (1989), tendo o reservatório capacidade máxima de 60,1 Hm³.

A construção da curva de garantia do reservatório permitiu determinar que a vazão com 100% de garantia de atendimento é de $Q_{100} = 5,5 \text{ m}^3/\text{s}$; com 99% é de $Q_{99} = 6,33 \text{ m}^3/\text{s}$ e com 90% é de $Q_{90} = 7,80 \text{ m}^3/\text{s}$. A configuração das demandas para a situação que considera

a barragem Pirapama está mostrada na Tabela 8. Considerando que o principal uso da barragem Pirapama será o abastecimento da RMR, assume-se o valor da Q_{99} como a vazão a ser regularizada. Segundo informações constantes no documento CPRH/DFID (1998a), 5,13 m³/s da vazão a ser regularizada deve ser destinada ao abastecimento da RMR e o restante (1,20 m³/s) será regularizado para jusante. Assim sendo, à Companhia de Saneamento outorga-se a quantia de 5,13 m³/s. Dos 1,20 m³/s, 0,40 m³/s são destinados para o abastecimento do Distrito Industrial do Cabo e 0,80 m³/s devem ser mantidos na calha do rio para manutenção da vida aquática. Essa situação, implica na configuração de demandas para a bacia já exposta na Tabela 8 e Figura 2. As implicações para a outorga dos usuários da água da bacia são discutidas a seguir.

Usuários a montante da barragem - As retiradas ficam restritas ao valor de 0,80 m³/s que corresponde as demandas atuais. Qualquer uso adicional de água, neste trecho, que possa causar redução na vazão a ser regularizada a partir da barragem Pirapama não seria permitido. A área a montante da barragem pode ser, então, considerada como uma “*zona de produção de água para a RMR*”.

Usuários da barragem - A RMR é beneficiada com uma vazão incremental de 5,13 m³/s. A cidade do Cabo, antes abastecida pelo sistema Bita-Utinga do Complexo Portuário Suape, passa a ser abastecida pela barragem Pirapama. O atual Sistema de Abastecimento Metropolitano, em épocas normais, produz 11,15 m³/s (incluindo a participação dos poços de 1,64 m³/s) conforme Pernambuco (1997). Os 4,73 m³/s (5,13 m³/s – 0,40 m³/s) incrementais a serem disponibilizados para o abastecimento da RMR correspondem a 42% da produção atual.

Usuários a jusante da barragem - Os seguintes usuários ficam submetidos às imposições do abastecimento da RMR: hidroelétrica José Rufino e Distrito Industrial do Cabo. A hidroelétrica José Rufino (com barragem de nível) necessita de 5,5 m³/s para operar na sua capacidade máxima. Na inexistência da barragem, as vazões afluentes ao respectivo PC são suficientes, na maioria do período simulado, para atendimento desse uso não consuntivo. A entrada da barragem Pirapama impõe a restrição de uma vazão de 1,20 m³/s bastante inferior ao requerido pelo usuário. Considerando a prioridade de uso (estabelecida por lei) para o abastecimento humano, a hidroelétrica José Rufino deve ser orientada a adquirir a energia que necessita de outras formas, mesmo que tenha que arcar com custos antes inexistentes.

O Distrito Industrial (DI) do Cabo, na situação sem a barragem e admitindo-se o critério 1 (Q_{90} anual) antes simulado, poderia dispor de 3,62 m³/s (vazão máxima outorgável). Com uma demanda de 0,33 m³/s, ele

poderia se expandir considerando maiores retiradas à fio d'água a partir do rio Pirapama. A nova situação disponibiliza 0,40 m³/s para o DI. Qualquer expansão do DI que exija maiores demandas de água além dos 0,40 m³/s deverá ser viabilizada por outras alternativas como modificação no processo produtivo, reuso da água e uso de água subterrânea.

O Estudo de Impacto Ambiental da barragem Pirapama (Compesa, 1989) indica o valor de 0,80 m³/s como vazão ecológica necessária a jusante da barragem. Dos 1,20 m³/s a serem regularizados para jusante, 0,40 m³/s são destinados para o DI e o restante, então, corresponde ao valor da vazão ecológica. Esta é a vazão que estaria disponível, também, no rio para diluição de efluentes (do próprio DI e dos esgotos sanitários do Cabo). A redução da vazão nesse trecho do rio passa a exigir que os referidos lançamentos sejam tratados adequadamente, sobretudo os esgotos sanitários que na atual situação não são tratados. A situação impõe, então, novos custos para abatimento da carga lançada a jusante da barragem.

O reservatório Gurjaú não sofre alterações na sua operação com a entrada do reservatório Pirapama. A situação mostrada anteriormente permanece a mesma, isto é, o Gurjaú regularizando, em média, 1,00 m³/s para a RMR.

SIMULAÇÕES: OUTORGA INCLUINDO A VAZÃO DE DILUIÇÃO

Nesta seção simula-se a outorga da vazão de diluição conforme previsto no PL nº 1616 de 1999 e na Resolução CNRH nº 16/2001.

Dados sobre o lançamento de efluentes na bacia

O lançamento de efluentes na bacia do Pirapama pode ser caracterizado em três grandes grupos:

- i) efluentes de origem agroindustrial;
- ii) efluentes de origem industrial;

- iii) lançamentos domésticos.

No primeiro grupo estão as descargas de vinhaça lançadas diretamente nos cursos de água; os resíduos da fertirrigação com vinhaça que alcançam o rio; a descarga das águas de lavagem das usinas de açúcar e a descarga de água quente das destilarias. No segundo grupo estão os efluentes da indústria química, de bebidas, de alimentos. Há outros setores industriais como o de minerais não metálicos que não produzem poluição para a bacia. O último grupo é representado pelos lançamentos domésticos urbanos da cidade do Cabo e rurais de todo o restante da bacia. Nas simulações da outorga da vazão de diluição não foram considerados os esgotos da população rural. A Tabela 9 apresenta as cargas potenciais e lançadas (ton DBO/ano) e respectivos percentuais por setor usuário da bacia.

Quanto ao enquadramento dos corpos d'água em Pernambuco, ele está disposto no Decreto Estadual nº 11.358 de 26.03.1986 e foi elaborado a partir da classificação de qualidade de água estabelecida pelo Decreto Estadual nº 7.269 de 15.06.1981, com base na Portaria GM 13 de 15.01.1976 do Ministério do Interior.

Analisando o rio Pirapama, três classes de usos preponderantes se fazem presentes): Classes 1 e 2 (no trecho a montante da futura barragem) e Classe 3 (no trecho a jusante).

Requerimentos de vazão de diluição

A Tabela 10 mostra os cenários 3 e 4 simulados no estudo da vazão de diluição.

A aplicação dos valores das cargas lançadas à Equação 2, para cada PC definido para a Bacia, permite o cálculo das respectivas vazões de diluição. A classe de uso de água considerada em cada PC está apresentada na Tabela 11. A Tabela 12 mostra os valores encontrados para as vazões de diluição.

Tabela 9. Cargas potenciais e lançadas (ton DBO/ano) e respectivos percentuais por setor usuário na bacia do Pirapama (calculadas com base em CPRH/DFID, 1998c).

setor	carga potencial		carga lançada	
	ton DBO/ano	%	ton DBO/ano	%
agroindustrial	43.669,87	87,55	26.201,92	92,41
industrial	4.175,24	8,37	117,12	0,41
doméstico	2.035,43	4,08	2.035,43	7,18
total	49.880,54	100,00	28.354,47	100,00

Para o caso da bacia do Pirapama não foram realizados estudos específicos sobre a capacidade depurativa dos corpos d'água. Sendo assim, assumiu-se a hipótese número iii (apresentada na seção “Proposta Metodológica”) que considera o usuário se apropriando da vazão de diluição no ponto de lançamento e em todo seu trecho a jusante (coeficiente β_k da Equação 2 igual a unidade).

A Tabela 12 indica que as altas vazões de diluição estão relacionadas com aqueles pontos de controle associados à agroindústrias (1, 3, 4 e 8). O PC6 recebe dois tipos de efluentes: os industriais (necessitando de 0,37 m³/s para diluição) e os domésticos urbanos da cidade do Cabo (necessitando de 4,00 m³/s). Para o caso dos PCs 1, 3, 4 e 8 há necessidade de vazão de diluição apenas na época da safra da cana-de-açúcar (setembro a fevereiro). Nos outros 6 meses não há lançamento de efluentes. Para o PC6 necessita-se de água para diluição durante todo o ano.

Cenário 3: sem a barragem Pirapama

Para a situação sem a entrada da barragem Pirapama foi selecionado o Critério 2 cuja vazão máxima outorgável em cada PC é calculada em 80% da Q₉₀ mensal. Duas situações podem ocorrer:

$Q_{capta} + Q_{dilui} \leq Q \text{ máx outorgável total} \Rightarrow$
 não há falha

$Q_{capta} + Q_{dilui} > Q \text{ máx outorgável total} \Rightarrow$
 há falha

Na primeira situação, as duas vazões são atendidas integralmente. Na segunda, não há vazão disponível, na seção estudada, para atendimento total dos requerimentos e critérios de racionamento devem ser estabelecidos. Nas simulações realizadas admitiu-se que a vazão de captação (Q_{capta}) teria prioridade em relação à vazão de diluição (Q_{dilui}), isto é, a última só seria atendida após o suprimento da primeira:

$$Q \text{ máx outorgável} - Q \text{ outorgada captação} = Q \text{ disponível outorga diluição}$$

Para o ponto de controle 6 (com dois tipos de efluentes a serem diluídos) assumiu-se que a diluição dos efluentes do Distrito Industrial do Cabo teria prioridade sobre os esgotos sanitários. Isto é: havendo vazão de diluição no PC, atende-se primeiro ao DI e depois aos esgotos sanitários urbanos do Cabo. A justificativa para essa consideração está baseada no fato de que o DI já realiza adequada remoção de carga devendo ter prioridade

no uso da vazão de diluição disponível no PC, enquanto os lançamentos domésticos não recebem tratamento:

$$Q \text{ disponível outorga diluição} - Q \text{ outorgada diluição industrial} = \\ = Q \text{ disponível outorga diluição doméstico}$$

Tabela 10. Cenários e critérios na simulação da outorga da vazão de diluição.

Cenário	Critério (Q _{máx} outorgável)
(3) Sem barragem Pirapama	(2) (%) . Q ₉₀ mensal
(4) Com barragem Pirapama	(3) ≤ 0,80 m ³ /s

Tabela 11. Tipo de vazão, classe do rio e usuário da água em cada ponto de controle simulado, nesta pesquisa, na bacia do Pirapama.

PC	tipo de vazão		classe do rio ^a	usuário da água
	captação	diluição		
1	X	X	2	agroindústria JB
2	X		2	hidroelétrica Cachoeira Tapada
3	X	X	2	agroindústria Sibéria
4	X	X	2	agroindústria Inexport
A ^b	X		2	RMR (Barragem Pirapama)
5	X		3	hidroelétrica José Rufino
		X		Cabo – doméstico urbano
6	X	X	3	Cabo – Distrito Industrial
7	X		3	RMR (Barragem Gurjaú)
8	X	X	3	agroindústria Bom Jesus

PC = ponto de controle.

a: para classe 2, concentração máxima permitida para a DBO: 5 mg/l; para a classe 3, 10 mg/l (Resolução CONAMA nº 020/86 e Decreto Estadual nº 11.358/86);

b: o PC “A” faz parte da configuração dos usos da água na bacia apenas no Cenário 2 (entrada da barragem Pirapama).

A Tabela 13 expõe informações sobre o percentual de falha no atendimento da vazão de captação e da de diluição para o período simulado de 912 meses. Considera-se falha a situação na qual a demanda requerida (retirada ou de diluição) não é atendida integralmente. Os resultados mostram que há falha no atendimento da vazão de diluição para todo o período analisado nos PCs 1, 3, 4 e 8. O requerimento de vazão para diluir os efluentes nesses PCs é tão alto (Tabela 12) que não há água disponível para realizar essa função ou há em uma quantidade insignificante frente aos altos valores. Quanto ao PC6, não

Tabela 12. Valores da vazão de diluição (m³/s) nos pontos característicos da bacia do Pirapama (Cenários 3 e 4).

Pontos característicos e respectivas cargas de DBO lançadas (ton/mês)					
1	3	4	6 ^a	8	
2.268,00	388,80	1.017,81	9,63	103,66	668,25
Pontos característicos e vazões que diluem (m³/s) as cargas lançadas em obediência à concentração máxima do enquadramento em cada PC					
1	3	4	6 ^a	8	
175,00	30,00	78,53	0,37	4,00	25,78

a: o primeiro valor se refere ao Distrito Industrial e o segundo aos esgotos domésticos do Cabo.

há falha no atendimento da vazão de diluição do Distrito Industrial mas há falha (58,3%) no atendimento da vazão de diluição dos esgotos domésticos. No entanto, apesar dessa vazão não ser atendida integralmente durante 58,3% do tempo, é sempre possível atender alguma parcela da mesma. As simulações mostram que a menor quantia de vazão outorgada para diluição dos efluentes domésticos é de 2,53 m³/s, isto é, durante todo o período simulado tem-se o atendimento de mais da metade do valor requerido (4,00 m³/s).

Foi simulada, também, a situação expressa pela condição abaixo:

$$Q_{\text{máx outorgável diluição}} = Q_{\text{afluente}} - Q_{\text{outorgada captação}}$$

Tabela 13. Percentual de falha no atendimento da vazão de captação e de diluição para o Cenário 3 (sem barragem Pirapama) com critério 2 de vazão máxima outorgável (Q₉₀ mensal).

PC	percentual de falha	
	vazão de captação	vazão de diluição
1 (agroindústria)	0	100
2 (hidroelétrica)	54,3	---
3 (agroindústria)	75,2	100
4 (agroindústria)	50,4	100
5 (hidroelétrica)	31,4	---
6 (Cabo)	0	0 (Distrito Industrial) e 58,3 (doméstico)
7 (Gurjaú-RMR)	0	---
8 (agroindústria)	0	100

com $Q_{\text{outorgada captação}} \leq Q_{\text{máx outorgável captação}}$

Para essa simulação, o mesmo critério de vazão referencial foi adotado na definição da vazão máxima outorgável para captação, isto é, 80% da Q₉₀ mensal. Da vazão afluente deduz-se a vazão outorgada para a captação e o resultado é a vazão disponível para a diluição. Mesmo para esse simulação, observa-se que não há vazão disponível para diluição dos efluentes das agroindústrias de forma que seja obedecido o enquadramento.

Tabela 14. Percentual de falha no atendimento da vazão de captação e de diluição para o Cenário 4 (com barragem Pirapama) – critério 3 de vazão outorgada (restrição de 0,80 m³/s a montante).

PC	percentual de falha	
	vazão de captação	vazão de diluição
1 (agroindústria)	0	100
2 (hidroelétrica)	54,3	---
3 (agroindústria)	33,8	100
4 (agroindústria)	3,3	100
5 (hidroelétrica)	100	---
A (Pirapama-RMR)	0	---
6 (Cabo)	0	0 (Distrito Industrial) e 100 (doméstico)
7 (Gurjaú-RMR)	0	---
8 (agroindústria)	0	100

Cenário 4: com a barragem Pirapama

Neste Cenário tem-se a entrada da barragem Pirapama que, conforme já discutido, cria uma nova condição de uso da água na bacia. Para análise da outorga da vazão de diluição foram feitas as mesmas considerações discutidas no Cenário 2: restrição das retiradas a montante no valor de 0,80 m³/s; regularização de 6,33 m³/s, dos quais 5,13 m³/s para o abastecimento da RMR e 1,20 m³/s para jusante. Destes, 0,80 m³/s serão destinados à vazão ecológica e 0,40 m³/s ao abastecimento do Distrito Industrial do Cabo (Compesa, 1989; CPRH/DFID, 1998a).

As conseqüências da entrada da barragem Pirapama no que se refere ao atendimento das demandas dos usuários localizados a jusante da mesma foram discutidas em seções anteriores. A condição de regularização de 1,20 m³/s (admitindo-se que a vazão ecológica 0,80 m³/s estaria disponível para a diluição dos efluentes) impõe uma falha em 100% do período simulado para o caso do usuário doméstico (Tabela 14). A vazão de 0,80 m³/s é capaz de diluir a carga dos efluentes industriais (0,37 m³/s) mas

apenas uma pequena parcela (0,43 m³/s) da carga total dos esgotos sanitários (4,00 m³/s).

Ausência de vazão de diluição

As simulações que consideram o uso da água para diluição (Cenários 3 e 4) mostram que não há vazão disponível para diluição dos efluentes da maioria dos usuários da bacia do Pirapama, de forma que seja atendida a concentração do enquadramento na seção do rio em análise. Isto acontece, sobretudo, para as agroindústrias que lançam altas cargas. O Distrito Industrial do Cabo tem ambas as vazões (captação e diluição) atendidas nos dois cenários simulados (3 e 4). Os esgotos domésticos do Cabo são diluídos integralmente em 41,7% do período simulado no Cenário 3. Para o Cenário 4, a diluição total desses esgotos não é possível em nenhum período. As simulações mostram que os conflitos pelo uso da água na bacia, já acirrados com a entrada da barragem Pirapama, são agravados quando se considera mais um uso para a água: a diluição de efluentes.

Na situação de ausência de vazão de diluição poder-se-ia adotar o procedimento da “flexibilização no enquadramento” (como apresentado na seção “proposta metodológica”) aceitando “temporariamente” o limite de concentração para a DBO de 10 mg/l para o trecho enquadrado em classe 2 e de 20 mg/l para aquele estipulado como de classe 3. A Tabela 15 apresenta os novos valores de vazões de diluição para essa situação.

Considerando essa situação, dois novos cenários foram simulados ambos admitindo a flexibilização no enquadramento: o Cenário 5 (sem barragem) e o 6 (com barragem). Os mesmos critérios de vazão máxima outorgável simulados nos Cenários 3 e 4 foram admitidos para os Cenários 5 e 6. As simulações mostram que a permissão de uma concentração de 10 mg/l (no lugar de 5 mg/l) e de 20 mg/l (no lugar de 10 mg/l) não reduz o número de falhas provocadas nos PCs relativos ao setor agroindustrial (1, 3, 4 e 8) em nenhum dos dois cenários (Tabelas 16 e 17). Isto é: a carga lançada pelas agroindústrias é tão grande que há falha em 100% do tempo no seu

atendimento, mesmo diante da condição de concentração mais flexível.

A estratégia da “etapalização”, entretanto, provoca ausência de falhas no atendimento da vazão de diluição dos efluentes domésticos do Cabo quando não se tem a barragem Pirapama no sistema (Cenário 5, Tabela 17). Com a entrada da barragem (Cenário 6, Tabela 18), apesar das falhas persistirem em 100% do tempo, como na situação sem a estratégia da “etapalização”, atende-se a 30,5% da demanda total de diluição requerida (2,00 m³/s) em contraposição aos 10,75% atendidos da demanda total quando não se considera a “etapalização”.

CONSEQUÊNCIAS DA METODOLOGIA DA VAZÃO DE DILUIÇÃO NO CÁLCULO DA COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA

Nas metodologias usualmente propostas para o cálculo de valores para a cobrança pelo uso da água, a abordagem adotada tem sido calcular, separadamente, a cobrança pela captação e aquela pelo lançamento de efluentes. Neste último caso, o usuário pagaria em termos de unidades monetárias por tonelada de carga lançada. Há vários exemplos neste sentido, entre estudos e experiências (Ribeiro e Lanna, 1998).

Ao propor que a outorga seja concedida segundo a vazão de diluição, surge a pergunta: que reflexos isto geraria para o cálculo da respectiva cobrança? Nesta situação, segue-se a mesma lógica adotada para a outorga, isto é, ao cobrar pela retirada de água bruta, inclui-se neste pagamento a cobrança pela vazão de diluição. A cobrança seria, portanto, também unificada em termos de qualidade e quantidade significando que o usuário pagaria por qualquer volume de água usado (unidades monetárias/m³) diferentemente da situação em que pagaria pela retirada de água (unidades monetárias/m³) e pelo lançamento de efluentes (unidades monetárias/tonelada lançada).

No caso da bacia do Pirapama, os usuários sujeitos à cobrança da vazão de diluição são os setores agroindustrial, industrial e os usuários domésticos urbanos da cidade do Cabo. Como verificado, as cargas lançadas

Tabela 15. Valores da vazão de diluição (m³/s) nos pontos característicos da bacia do Pirapama adotando-se a estratégia de “etapalização” da qualidade” (Cenários 5 e 6).

Pontos característicos e respectivas cargas de DBO lançadas (ton/mês)					
1	3	4	6 ^a		8
2.268,00	388,80	1.017,81	9,63	103,66	668,25
Pontos característicos e vazões que diluem (m ³ /s) as cargas lançadas para a situação de “etapalização”.					
1	3	4	6 ^a		8
87,50	15,00	39,27	0,19	2,00	12,89

a: o primeiro valor se refere ao Distrito Industrial e o segundo aos esgotos sanitários do Cabo.z

Tabela 16. Percentual de falha no atendimento da vazão de captação e de diluição para o Cenário 5 (sem barragem Pirapama) - critério 2 de vazão máxima outorgável (Q₉₀ mensal) e “etapalização”.

PC	percentual de falha	
	vazão de captação	vazão de diluição
1 (agroindústria)	0	100
2 (hidroelétrica)	54,3	---
3 (agroindústria)	75,2	100
4 (agroindústria)	50,4	100
5 (hidroelétrica)	31,4	---
6 (Cabo)	0	0 (Distrito Industrial) e 0 (doméstico)
7 (Gurjaú-RMR)	0	---
8 (agroindústria)	0	100

Tabela 17. Percentual de falha no atendimento da vazão de captação e de diluição para o Cenário 6 (com barragem Pirapama) – critério 3 de vazão outorgada (restrição de 0,80 m³/s a montante) e “etapalização”.

PC	percentual de falha	
	vazão de captação	vazão de diluição
1 (agroindústria)	0	100
2 (hidroelétrica)	54,3	---
3 (agroindústria)	33,8	100
4 (agroindústria)	3,3	100
5 (hidroelétrica)	100	---
A (Pirapama-RMR)	0	---
6 (Cabo)	0	0 (Distrito Industrial) e 100 (doméstico)
7 (Gurjaú-RMR)	0	---
8 (agroindústria)	0	100

Tabela 18. Valor a ser pago pelos grupos de usuários e respectivas arrecadações na cobrança pela retirada de água para diluição.

usuários	valor a ser pago (R\$/1000m ³)	arrecadação (R\$/ano)	percentual (%)
agroindústrias	1,6	7.789.292,74	97,23
indústrias	1,6	18.858,07	0,24
RMR (Cabo doméstico)	1,6	203.243,97	2,54
total		8.011.394,78	100

Valores correspondentes à taxa cambial de 01.05.1999: US\$ 1 = R\$ 1,70.

pelo setor agroindustrial são tão altas que exigem altas vazões para a respectiva diluição. As simulações realizadas sob diversos cenários mostraram três tipos de resultados:

- i) usuários para os quais não há vazão de diluição no rio de forma que seja atendido o enquadramento

ou há, apenas, em quantidade insignificante (setor agroindustrial);

- ii) usuários para os quais há sempre vazão disponível para diluição dos seus efluentes (setor industrial) e
- iii) usuários para os quais há vazão de diluição, apenas, em alguns períodos simulados.

O sistema de cobrança da vazão de diluição foi simulado com base na vazão necessária para diluir os efluentes dos usuários de forma que fosse atendido o enquadramento. Ou seja, em alguns casos o usuário pagará pelo que não existe (água para diluição) mas que se utiliza. Este é um aspecto singular da metodologia proposta.

Considerando as vazões necessárias para diluir as cargas lançadas conforme Tabela 12, as simulações da cobrança da vazão de diluição foram realizadas com base no rateio do programa de investimentos em controle da qualidade ambiental incluindo os respectivos custos de operação e manutenção assim como os custos para operação do órgão gestor na bacia do Pirapama. O correspondente custo total anual de tal programa é de R\$ 8.011.394,78 calculado com informações de CPRH/DFID (1998a).

Na realização da simulação da cobrança adotou-se o seguinte critério para fazer o rateio do investimento: valor a ser cobrado em proporção ao volume para diluição e arrecadação derivada igual ao custo total anual.

Os resultados apresentados na Tabela 18 mostram que a maior parcela da arrecadação total é proveniente do setor agroindustrial (em torno de 97%) enquanto a menor é derivada do setor industrial (menos de 1%). Com base em estudo que simulou a cobrança pela retirada de água bruta, sem consideração da vazão de diluição (Ribeiro, 2000), usando a metodologia do rateio do investimento, é possível construir a Tabela 19 que informa sobre a contribuição dos setores na arrecadação total global e sobre a participação das parcelas “retirada” e “diluição” na arrecadação total de cada setor.

Na Tabela 19 não estão apresentados o setor hidroelétrico e os usuários da RMR situados fora da Bacia do Pirapama. Esses usuários são responsáveis, respectivamente, por 21,60% e 54,00% da arrecadação total relativa à cobrança por retirada. O setor hidroelétrico não se utiliza de água para diluição enquanto os demais usuários da RMR lançam seus efluentes em outras bacias hidrográficas.

Analisando os usuários que retiram água da bacia do Pirapama para atender suas demandas, incluindo a demanda para diluição (Tabela 19), nota-se que:

- i) setor agroindustrial tem maior participação na arrecadação total global (92,89%);

Tabela 19. Participação dos setores na arrecadação total global e nas parcelas “cobrança retirada” e “cobrança diluição”.

setor usuário	arrecadação (R\$/ano) (retirada e diluição)	participação percentual		
		na arrecadação total (%)	na arrecadação total do setor (%)	
			retirada	diluição
agroindústrias	8.326.206,14	92,80	5,93	94,07
indústrias	305.472,63	3,40	92,70	7,30
RMR (Cabo doméstico)	340.460,13	3,80	54,09	45,91
total global	8.972.138,89	100		

- ii) mais de 90% da arrecadação dos setores agroindustrial e industrial são derivados, respectivamente, da cobrança pela vazão de diluição e da cobrança pela retirada de água;
- iii) a cobrança pela retirada de água dos usuários domésticos do Cabo produz valor de arrecadação similar à correspondente cobrança por diluição.

REFLEXÕES SOBRE AS SIMULAÇÕES DO INSTRUMENTO DE OUTORGA

Os critérios para a vazão máxima outorgável

Os três critérios para estabelecimento da vazão máxima outorgável (Tabela 1) simulados nesta pesquisa podem ser classificados como “critérios estáticos” (ou seja trata-se da abordagem da vazão referencial) . Eles são valores fixos obtidos com base em séries históricas de vazões e mesmo que representem o regime hidrológico da região, limitam superiormente o uso da água.

Para o caso da bacia do rio Pirapama outros critérios de outorga (que poderiam ser chamados de “flexíveis” ou “dinâmicos”) poderiam ser propostos. Nesse tipo de critério o uso da água seria otimizado tentando-se evitar que em épocas do ano com maior disponibilidade hídrica não fossem impostas restrições desnecessárias aos usuários. Sendo assim, no lugar de se fixar uma vazão de referência, a vazão máxima outorgável variaria segundo a dinâmica hidrológica e meteorológica da bacia. De acordo com essa ótica, algumas possibilidades são:

- i) outorga com base no estado de armazenamento dos reservatórios da bacia;
- ii) outorga com base nas informações da previsão meteorológica para o leste do Nordeste;
- iii) outorga com base na vazão excedente, isto é, na quantidade de falhas pré-estabelecidas para a demanda.

Como o usuário necessita ter uma certa segurança sobre a vazão que lhe será outorgada, pois precisa planejar sua atividade produtiva, uma das desvantagens do critério

“dinâmico” é que a vazão outorgável pode variar muito dependendo das condições da bacia. Uma forma de resolver o problema é introduzir o conceito de “vazão total outorgável” que seria constituída por duas partes: uma fixa, chamada de “vazão mínima outorgável”, e uma variável, chamada de “vazão condicionada” cuja grandeza variaria de acordo com a situação de disponibilidade hídrica na bacia. Apesar de um sistema de outorga “flexível” oferecer algumas vantagens, ele é de difícil implementação o que poderia comprometer a aplicabilidade do instrumento e exigir grande fiscalização por parte do órgão gestor.

Dos critérios simulados para as vazões outorgáveis, o da vazão referencial Q_{90} mensal permitiu uma melhor caracterização do regime hidrológico da bacia sendo preferível ao da Q_{90} anual, que limita o uso da água superiormente em um único valor para todo o ano. Entretanto, mesmo que outros critérios sejam propostos para definir os valores outorgáveis, o sistema de outorga da bacia do Pirapama estará submetido ao atendimento do abastecimento da RMR (o seu maior e mais prioritário usuário), o que lhe impõe pouca flexibilidade.

Outorga em grupo

Nas simulações referentes à outorga, a demanda industrial foi agrupada em um único valor que passou a caracterizar a demanda do Distrito Industrial do Cabo. A outorga foi concedida, portanto, para o grupo como um todo. Outros grupos de usuários podem ser identificados na bacia (como as agroindústrias localizadas a montante da futura barragem) e a proposição da outorga em grupo poderia ser estendida para esses usuários. Sendo assim:

- i) o poder público ofereceria as condições de contorno mas não definiria a alocação no nível micro (isto é, no nível de cada integrante do grupo), o que faria reduzir seus custos operacionais já que só teria que estabelecer a vazão máxima outorgável (se este for o critério de outorga adotado) e controlar a vazão retirada total na seção imediatamente a montante da localização do grupo;

- ii) os componentes do grupo, através de negociação, definiriam a repartição da dotação total;
- iii) o Comitê da Bacia interferiria como mediador apenas se os conflitos não fossem solucionados na escala local (isto é, no grupo). Dessa forma ficaria caracterizada a gestão participativa e descentralizada segundo o fluxo: poder público → instância local (grupo) → Comitê da Bacia. Em um estágio mais avançado do sistema, o fluxo poderia ser modificado para: poder público → Comitê da Bacia → instância local (grupo) → Comitê da Bacia. Esse último modelo requereria que o poder público delegasse poderes ao Comitê que deliberaria sobre as alocações de água.

Outorga qualitativa

Conforme discutido no artigo, o Projeto de Lei Federal nº 1616 de 1999 assim como a Resolução CNRH nº 16/2001 propõe que a outorga qualitativa seja dada em termos da vazão necessária para diluir o efluente do usuário. Trata-se de agrupar o processo de outorga dos lançamentos na outorga da captação indicando que qualquer seja o uso que se faça do corpo d'água, ele necessita de outorga. Uma das dificuldades dessa abordagem é a necessidade de se calcular a vazão para diluir os efluentes o que exige o conhecimento sobre a capacidade assimilativa dos rios. Uma das vantagens é a simplificação do processo de outorga em termos de entendimento e fiscalização.

Como exposto neste artigo, o instrumento de outorga poderia ser aplicado através de duas abordagens:

- i) outorga quantitativa referente à vazão de captação, pressupondo-se que a outorga qualitativa seria dada em termos de carga a ser lançada (conforme disposto na Lei Federal nº 9.433/97) ou
- ii) outorga quantitativa composta da parcela referente à captação e à vazão de diluição (conforme proposto no Projeto de Lei Federal nº 1616 de 1999 e Resolução CNRH nº 16/2001).

Quaisquer das alternativas, se aplicadas criteriosamente, poderiam auxiliar no disciplinamento do uso da água na bacia.

No caso específico da bacia do rio Pirapama, a qualidade atual das suas águas encontra-se em desacordo com o estabelecido pelo enquadramento. Nesse sentido, as simulações da outorga da vazão de diluição evidenciam uma situação extrema: ausência de vazão para diluir os efluentes de certos usuários, destacando-se entre eles o setor agroindustrial.

A simulação da outorga da vazão de diluição ressaltou que o setor agroindustrial está lançando altas cargas e que não há vazão disponível para diluí-las de forma que

seja obedecido o enquadramento. A estratégia de flexibilização qualitativa (“etapalização”), viável para os lançamentos domésticos e industriais da bacia, oferece os mesmos resultados de ausência de vazão para diluição dos efluentes agroindustriais. Conclui-se, portanto, pela urgência de redução dos lançamentos desse setor.

Bacia do Pirapama: deficiência de dados

Durante a realização deste estudo evidenciou-se a deficiência de dados relativos a bacia do rio Pirapama em função da inexistência (ou manutenção adequada) de redes de monitoramento. A situação é injustificável frente a importância da bacia para a RMR. Para que o sistema de outorga da bacia possa ser aprimorado faz-se necessário:

- i) dotar a bacia de uma rede de monitoramento hidrológico e ampliar a atual rede de monitoramento da qualidade da água;
- ii) conhecer com precisão os usuários da bacia, suas demandas quali-quantitativas e as vazões restituídas aos rios; promover estudos sobre a capacidade assimilativa dos rios da bacia, sobre a vazão necessária para a manutenção da vida aquática, sobre a dinâmica ambiental no estuário da bacia;
- iii) simular o planejamento da operação do reservatório Pirapama, considerando alterações na vazão destinada para retiradas a montante e no valor assumido como vazão ecológica regularizada para jusante; realizar uma análise dos custos e benefícios para a bacia e para o abastecimento da RMR para cada alteração dos respectivos valores.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES/UFPB, que apoiaram M. M. R. Ribeiro como bolsista PICDT durante o desenvolvimento desta pesquisa; ao CNPq, pela bolsa pesquisador individual concedida à A. E. L. Lanna; às instituições e programas do Governo de Pernambuco que cederam dados e informações: o Projeto Pirapama, a então Diretoria de Recursos Hídricos da Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente, a Companhia Pernambucana do Meio Ambiente e a Companhia de Saneamento de Pernambuco.

REFERÊNCIAS

- CRUZ, J. C., SILVEIRA, G. L. da, SILVEIRA, A. L. L. da, CRUZ, R. C. 1999. Avaliação de disponibilidades hídricas para outorga sistemática modular de avaliação. In: Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa, 4, 1999, Coimbra. *Anais ...* Coimbra: AP-RH/ABRH/AMCT. Em CD-ROM.

- COMPESA 1989. *Sistema de abastecimento d'água da Região Metropolitana do Recife: Barragem Pirapama – Estudos de Impacto Ambiental*. V. I. Recife: COMPESA.
- CPRH/DFID 1998a. *Diagnóstico ambiental integrado da bacia do rio Pirapama*. Recife: Companhia Pernambucana do Meio Ambiente/Department for International Development (Publicações Projeto Pirapama).
- CPRH/DFID 1998b. *Estudo dos recursos hídricos da bacia do rio Pirapama*. Recife: Companhia Pernambucana do Meio Ambiente/Department for International Development (Publicações Projeto Pirapama).
- CPRH/DFID 1998c. *Avaliação da poluição ambiental na bacia do rio Pirapama*. Recife: Companhia Pernambucana do Meio Ambiente/Department for International Development (Publicações Projeto Pirapama).
- FERRAZ, A. R. G., BRAGA JR, P. F. 1998. Modelo decisório para a outorga de direito ao uso da água no Estado de São Paulo. *RBRH Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 3, n. 1, p. 5-19.
- KELMAN, J. 1997. Gerenciamento de recursos hídricos; parte I: outorga. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 12., 1997, Vitória. *Anais...Vitória: ABRH*. v. 1, p. 123-128.
- MEDEIROS, Y. D. P., SILVA, E. R., CORTIZO, C. S., SCHAER, M. 2001. Sistema de apoio à decisão – SAD – para análise e controle de pleito de outorga de água na bacia do rio Jacuípe – Bahia. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 14., 2001, Aracaju. *Anais ... Aracaju: ABRH*.
- RIBEIRO, M. M. R. 2000. *Alternativas para a cobrança e a outorga pelo uso da água: simulação de um caso*. Tese de doutorado. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- RIBEIRO, M. M. R.; LANNA, A. E. L. 2001. Instrumentos regulatórios e econômicos: aplicabilidade à gestão das águas e à bacia do rio Pirapama-PE. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos RBRH* v. 6, n. 4, p. 41-70.
- RIBEIRO, M. M. R., LANNA, A. E. L., PEREIRA, J. S. 1998. Cobrança pelo lançamento de efluentes: discussão de algumas experiências. In: Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 3., 1998, Campina Grande. *Anais...Campina Grande: ABRH*
- RODRIGUES. R. B., PORTO, M. 1999. Modelo matemático proposto para auxílio nos processos de outorga e cobrança pelo uso da água. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 13., 1999, Belo Horizonte. *Anais...Belo Horizonte: ABRH*.
- PAIVA, A. E. D., RIBEIRO, M. M. R. 2000. Outorga dos direitos de uso da água na bacia do rio Gramame-PB. In: Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 4., 2000, Natal. *Anais...Natal: ABRH*.
- PERNAMBUCO 1997. *PQA/PE Estudos de consolidação e complementação de diagnóstico sobre a qualidade das águas, relativos à preparação do programa de investimentos nas bacias dos rios Beberibe, Capibaribe, Jaboatão e Ipojuca; relatório 7 – disponibilidade e situação dos mananciais para o abastecimento metropolitano*. Recife.
- SILVA, L. M., LANNA, A. E. 1996. A outorga dos direitos de uso da água no cerrado baiano. In: Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 3., 1996, Salvador. *Anais...Salvador: ABRH*, p. 343-348.
- SILVA, S. R., MONTEIRO, A. B., FREIRE, P. K. C., MELO, C. R. 2001. A situação atual do sistema de outorga do uso da água no Estado de Pernambuco. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 14., 2001, Aracaju. *Anais ... Aracaju: ABRH*.
- SILVEIRA, G. L., ROBAINA, A. D., GIOTTO, E., DEWES, R. 1998. Outorga para uso dos recursos hídricos: aspectos práticos e conceituais para o estabelecimento de um sistema informatizado. *RBRH Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 3, n. 3, p. 5-16.
- VON SPERLING, M. 1996. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos: princípios do tratamento biológico de águas residuárias*. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais. v. 2.

Integrating qualitative and quantitative aspects of water use rights concession

ABSTRACT

A methodological proposal for integrating qualitative and quantitative aspects of water use rights concession is discussed. The qualitative aspect conception is based on Federal Project of Law number 1616/1999 and on Brazilian Water Resources Council Resolution number 16/2001. Those define water effluents rights to be conceded based on the water quantity needed for their dilution (called dilution flow) rather than the water effluent discharge itself. The methodology is applied to Pirapama River Basin, Pernambuco State, Brazil. The consequences of such proposal for raw water charges are discussed. The results show that one of difficulties of such methodology is to quantify the diluted flow. An unified process in terms of enforcement and understanding is one of the advantages.

Key-words: water resources management, regulatory instrument, water pollution.