

Reservatórios de regularização: alocação de água para usos múltiplos com diferentes garantias

Marcelo Cauás Asfora
José Almir Cirilo

RESUMO: Nos dias atuais o Brasil passa por um processo de aperfeiçoamento da gestão partilhada dos recursos hídricos. Em muitos locais, as decisões sobre a alocação de água para usos múltiplos vêm sendo feitas por comitês de bacia e conselhos de usuários. A maioria absoluta dos estados brasileiros tem conselhos de recursos hídricos instalados, embora a maioria deles ainda em processo de melhor organização. Tais avanços têm exigido a melhoria dos processos de operação dos reservatórios para o uso múltiplo dos recursos hídricos. A metodologia apresentada neste artigo tem como objetivo avaliar a variação do potencial de regularização de um reservatório decorrente das retiradas a montante do mesmo para diferentes garantias de atendimento.

PALAVRAS-CHAVE: Gerenciamento partilhado, reservatórios, operação, metodologia de avaliação

ABSTRACT: In the current days Brazil goes by a process of improvement of the water resources shared management. In many places, the decisions on the water allocation for multiple uses are made by basin committees and user councils. Most of the Brazilian states has water resources councils installed, although most of them still in process of better organization. Such progresses have been demanding the improvement of reservoirs operation processes. The methodology presented in this article has as objective to evaluate the variation of reservoir operation range due to upstream retreats for different attendance warranties

KEYWORDS: Shared participatory management, reservoirs, operation, evaluation methodology

INTRODUÇÃO

O Brasil encontra-se no presente em processo de aperfeiçoamento crescente da gestão compartilhada dos seus recursos hídricos. Vinte e uma unidades federativas dispõem de conselhos estaduais de recursos hídricos e em apenas uma delas não existe ainda legislação específica sobre as águas; em doze estados da federação dezenas de comitês de bacia encontram-se instalados, embora ainda em diferentes estágios de consolidação; conselhos de usuários de reservatórios, especialmente no Nordeste, participam das decisões sobre o uso múltiplo das águas; agências de bacia começam a operar junto aos comitês mais consolidados (BRASIL, 2005).

Estes avanços no processo de gestão necessitam, para sua consolidação, que o conhecimen-

to técnico subsidie as decisões colegiadas, com procedimentos adequados às especificidades de cada região. Para isso, é fundamental que os órgãos gestores dos recursos hídricos, as agências de água, as câmaras técnicas assessoras dos diferentes colegiados tenham seu corpo técnico continuamente capacitado. Ao mesmo tempo, urge a criação de base sólida de informação, lastreada no Sistema Nacional de Informações de Recursos Hídricos e seus correspondentes estaduais. Também nesse processo de construção é necessário que as instituições de ensino e pesquisa se agreguem a esse esforço, seja na capacitação em diferentes instâncias, seja no desenvolvimento de técnicas que possam ser incorporadas às rotinas de trabalho dos profissionais que dão suporte à decisão.

Pode-se seguramente afirmar que a construção do processo está nitidamente em franca evolução: as bases de informação estão sendo montadas a partir de muitos estudos sobre as bacias hidrográficas brasileiras, há melhoria no monitoramento dos corpos d'água, embora lacunas espaciais significativas existam e precisam ser preenchidas, assim como seja premente a instalação de monitoramento das águas subterrâneas e o reforço das estações que monitorem a qualidade das águas superficiais. O Sistema Nacional de Informações dos Recursos Hídricos está sendo estruturado, em parceria da Agência Nacional de Águas com diversas instituições de pesquisa de todo o Brasil e o suporte do Fundo Setorial de Recursos Hídricos do Ministério de Ciência e Tecnologia. Centenas de pesquisadores de todo o país vem sendo apoiados em muitas instâncias desse esforço coletivo (AGÊNCIA NACIONAL DE AGUAS (Brasil).2005). O presente artigo busca contribuir mais especificamente nos aspectos técnicos da alocação de água, baseado na experiência dos autores estudando a bacia do rio São Francisco em diferentes instâncias de tempo, como pesquisadores, membros de órgão gestor estadual e por fim do comitê da bacia.

ALOCÇÃO DE ÁGUA PARA USOS MÚLTIPLOS

Os processos hidrológicos que determinam as vazões dos rios são estocásticos no tempo e no espaço. Portanto, a disponibilidade hídrica em um trecho de rio será sempre uma estimativa de vazão associada a um determinado risco de falha.

Diferentes tipos de empreendimentos destinados ao aproveitamento da água necessitam de diferentes garantias de suprimento. Empreendimentos menos exigentes quanto à garantia de abastecimento podem explorar melhor a sazonalidade das vazões. Quanto menor a garantia requerida para um dado uso da água, maior será a disponibilidade hídrica. Usos que necessitam de uma maior garantia de atendimento, por sua vez, estão sujeitos a disponibilidades mais restritas, havendo portanto uma complementaridade entre disponibilidade e uso.

No Brasil, as outorgas pelo uso dos recursos hídricos, emitidas pelas autoridades outorgan-

tes estaduais e federal, incorporam, de um modo geral, o conceito de risco associado à disponibilidade hídrica. Devido as diferentes condições hidrológicas existentes nas várias regiões do País e por não haver qualquer referência legal que norteie esta questão, as unidades da federação adotam diferentes parâmetros de disponibilidade hídrica no estabelecimento das vazões outorgáveis. A Tabela 1 apresenta os limites de vazões outorgáveis utilizados em alguns estados do Brasil, onde se observa a adoção de vazões com diferentes garantias como parâmetros de disponibilidade hídrica (AGÊNCIA NACIONAL DE AGUAS (Brasil), 2004).

Em geral, estes limites de disponibilidade hídrica são aplicados de maneira uniforme sobre todos os usos, não se levando em conta as peculiaridades de cada um deles. Os termos de outorga não estabelecem explicitamente, em função das prioridades estabelecidas para os diferentes usos, os critérios de corte do atendimento das demandas. A priorização dos usos fica restrita às situações de escassez hídrica previstas na Lei Federal 9.433/97, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos.

TABELA 1
Limites de Vazões Outorgáveis
em alguns estados brasileiros

| UF | VAZÃO OUTORGÁVEL |
|--------------|-------------------|
| Bahia | 80% de $Q_{90\%}$ |
| Pernambuco | 90% de $Q_{90\%}$ |
| Minas Gerais | 30% de $Q_{7,10}$ |
| Sergipe | 80% de $Q_{95\%}$ |

$Q_{90\%}$ - Vazão mínima com permanência de 90%

$Q_{95\%}$ - Vazão mínima com permanência de 95%

$Q_{7,10}$ - Vazão mínima com permanência 7 dias e tempo de retorno de 10 anos.

Em regiões onde a disponibilidade hídrica é limitada, a alocação da água para usos múltiplos poderia se beneficiar do uso de procedimentos que contemplassem a complementaridade existente entre o caráter estocástico da disponibili-

dade hídrica e as diferentes garantias requeridas pelos vários tipos de uso, otimizando assim a aplicação da água para fins de produção.

A adoção deste paradigma implica, notadamente, na necessidade de um sistema de gerenciamento dos recursos hídricos dinâmico e bem estruturado. Infelizmente, esta premissa não corresponde, geralmente, à realidade das regiões com limitações hídricas.

Historicamente, a implantação de reservatórios de regularização tem sido o principal instrumento na busca da sustentabilidade hídrica nas regiões onde os recursos hídricos são limitados ou apresentam uma distribuição temporal desfavorável. A redução do potencial de regularização destes reservatórios devido às retiradas de água a montante dos mesmos, frequentemente tem sido objeto de conflitos entre usuários, sendo bastante comum os conflitos entre o uso da vazão regularizada para fins de geração de energia e a irrigação a montante dos reservatórios. Estes conflitos poderiam ser minimizados caso fossem consideradas as diferentes garantias requeridas por estes usos e adotados critérios de gerenciamento baseados em níveis de garantia previamente negociados entre os usuários.

A metodologia apresentada neste artigo tem como objetivo avaliar a variação do potencial de regularização de um reservatório, decorrente das retiradas a montante do mesmo para diferentes garantias de atendimento. Como estudo de caso, a metodologia proposta é aplicada ao reservatório de Sobradinho, principal reservatório de regularização das águas do rio São Francisco e estratégico para setor elétrico, pois determina a vazão firme necessária à produção de energia. A bacia hidrográfica do São Francisco é a terceira maior em área e a única totalmente inserida no território Brasileiro. São apresentadas curvas para diferentes garantias de atendimento das retiradas a montante de Sobradinho e as correspondentes vazões regularizadas pelo mesmo, bem como critérios de restrição das retiradas a montante.

DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

Em condições naturais, as vazões médias de longo período existentes na calha de um rio representam a capacidade de produção hídri-

ca de sua bacia (potencialidade). No caso de rios onde as interferências no curso d'água não sejam relevantes, a curva de permanência (frequência acumulada) das vazões estabelece o padrão de comportamento do rio e fornece os patamares das vazões (disponibilidades) associadas a diferentes garantias.

A implantação de reservatórios de regularização modifica a permanência das vazões nos rios e altera a garantia do suprimento de água a jusante do mesmo. As vazões a montante e a jusante do reservatório passam, portanto, a apresentar comportamentos diferentes quanto à garantia das disponibilidades. A jusante ocorre um aumento do valor da vazão mínima disponível (vazão de maior garantia) a qual tende a se aproximar do valor da vazão média. Notadamente, as disponibilidades hídricas, seja a montante ou a jusante da barragem, não podem ultrapassar a potencialidade da bacia, a menos que haja importação de água.

Em geral, quando se deseja avaliar a redução da capacidade de regularização de um reservatório em decorrência das retiradas a montante, considera-se que estas retiradas ocorrem de forma contínua. Este procedimento pressupõe uma garantia de atendimento plena (em 100% do tempo) para as demandas a montante do reservatório. Tal garantia, no entanto, nem sempre é requerida pelo tipo de empreendimento gerador da demanda de água. Desta forma, ao se aplicar uma garantia maior que a desejada, cria-se uma restrição das disponibilidades em termos quantitativos, tanto a montante quanto a jusante do reservatório.

A questão proposta, portanto, consiste em se estabelecer uma metodologia que permita relacionar as retiradas de água para diferentes garantias de atendimento a montante de um reservatório de regularização e as vazões regularizadas pelo mesmo.

ABORDAGEM HEURÍSTICA

Seja, inicialmente, a situação em que a retirada a montante de um reservatório de regularização ocorre de forma contínua, ou seja, com garantia de 100% ao longo de todo o histórico das afluições. Neste caso, com algumas variações devidas ao efeito da evaporação, sabe-se que a vazão regularizada será reduzida de

valores próximos aos das retiradas a montante. Os pares de valores assim obtidos produzem uma curva que relaciona as retiradas com garantia de atendimento de 100% para as demandas a montante do reservatório e as vazões regularizadas pelo mesmo.

Seja, agora, a situação em que as retiradas a montante do reservatório estejam condicionadas à ocorrência de vertimentos no mesmo, conforme ilustrado na Figura 1 onde apresenta-se o histórico de acumulação de um reservatório hipotético. A garantia para uma retirada a montante do reservatório, Q_{M1} , com valor igual ao menor dos vertimentos, será igual à relação entre o número de vertimentos, N_v , e o número de períodos totais observados, N_p . Para uma retirada a montante com valor Q_{M2} , maior que Q_{M1} , o número de falhas aumentará uma vez que este valor de vazão é superior ao de alguns dos vertimentos. Para se obter o mesmo núme-

ro de falhas (mesma garantia) para este novo valor, o procedimento óbvio é reduzir a vazão regularizada pelo reservatório, aumentando o volume dos vertimentos e possibilitando a retirada Q_{M2} com a mesma frequência que a retirada Q_{M1} . Procedendo desta forma para diversos valores de retiradas a montante, desde que fisicamente possíveis, tem-se a curva que relaciona as retiradas a montante do reservatório, para uma garantia de atendimento de $(N_v/N_p)\%$, e as vazões regularizadas pelo mesmo.

As curvas obtidas para estas duas situações, esquematizadas na Figura 2, sugerem a existência de uma família de curvas, entre estas, capaz de estabelecer uma relação entre as retiradas a montante para diferentes garantias de atendimento e a capacidade de regularização de um reservatório. Neste texto, estas curvas serão denominadas de *Curvas de Garantia de Atendimento (CG)*.

Figura 1. Histórico de Operação de um Reservatório de Regularização

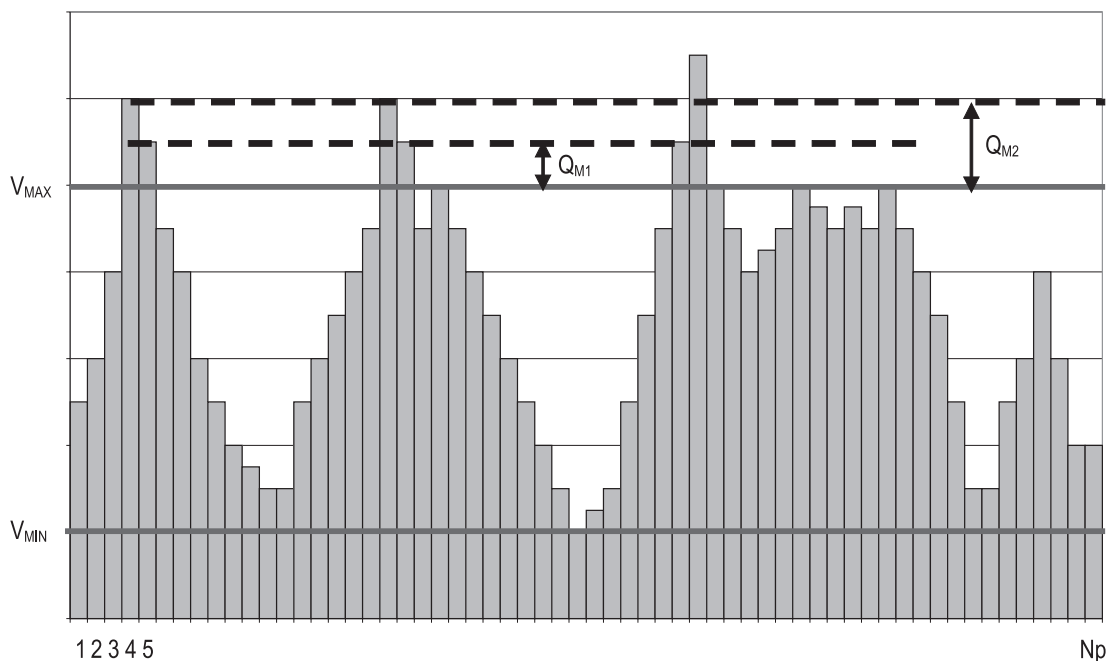
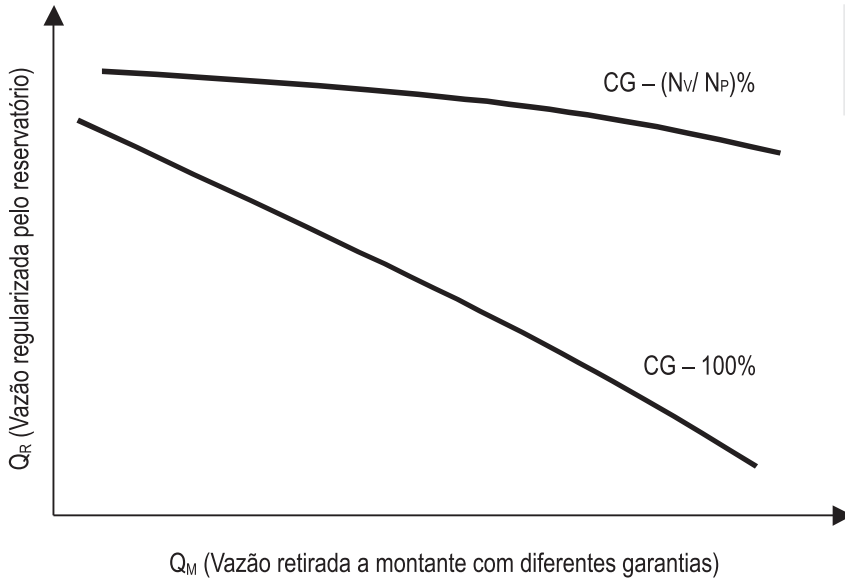


Figura 2. Curvas Hipotéticas de Garantia de Atendimento



FORMULAÇÃO GERAL

Dada a equação de conservação de massa para o balanço hídrico de um reservatório em um intervalo de tempo i ,

$$V_{i+1} = V_i + \Delta Q \cdot \Delta t + \Delta L \cdot \frac{A_i + A_{i+1}}{2} \quad (1)$$

Sujeita às seguintes restrições:

$$Q_{m_i} > 0 \text{ para } V_i > V_c \quad (2)$$

$$Q_{m_i} = 0 \text{ para } V_i \leq V_c \quad (3)$$

$$V_{\min} \leq V_c \leq V_{\max} \quad (4)$$

$$Q_{m_i} < Q_{a_i} \quad (5)$$

Onde,

V = volume acumulado no reservatório;

Δt = passo da discretização;

ΔQ = balanço das vazões afluentes e defluentes;

ΔL = balanço das lâminas precipitada, evaporada e escoada na bacia hidráulica;

A = área do espelho d'água do reservatório;

Q_{m_i} = vazão retirada a montante do reservatório;

Q_a = Vazão afluente ao reservatório;

V_{\max} = capacidade máxima do reservatório;

V_{\min} = volume mínimo de operação do reservatório; e

V_c = volume de corte abaixo do qual é suspensa a retirada a montante do reservatório.

Deseja-se determinar o conjunto de pontos dados pelas variáveis, Q_r , Q_m e N_f % respectivamente a vazão regularizada pelo reservatório, a vazão retirada a montante do reservatório e o numero de interrupções das retiradas à montante, para o domínio compreendido pelos valores possíveis de V_c .

A soluções possíveis podem ser representadas graficamente por uma superfície cuja forma é apresentada na Figura 3. Nesta, a variável N_f foi substituída pela garantia de atendimento, G , que é dada por:

$$G = (1 - N_f) \cdot 100 \quad (6)$$

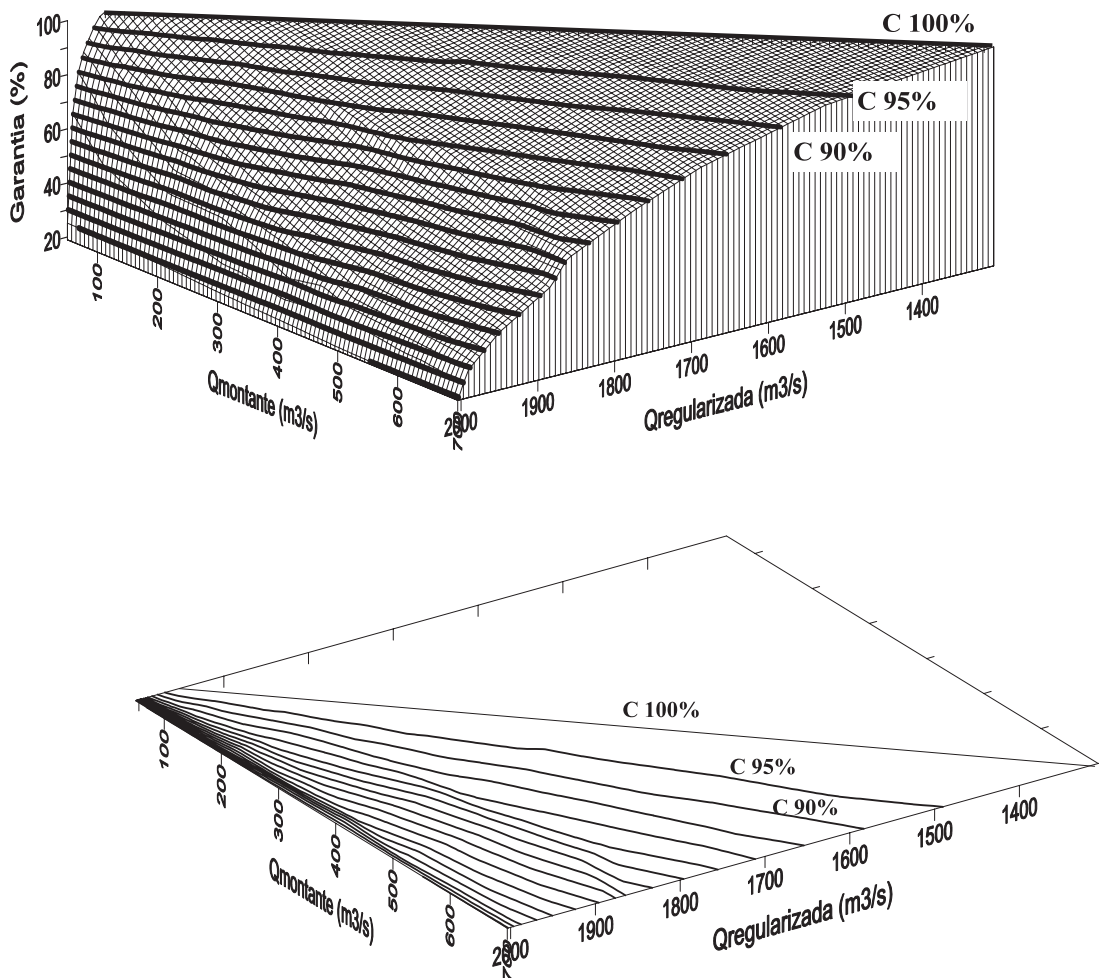
As *Curvas de Garantia de Atendimento* para as retiradas à montante, resultam da interseção da superfície com os planos perpendiculares ao eixo das garantias de atendimento. Deve-se observar que as curvas obtidas no item anterior correspondem aos casos particulares onde $G = 100\%$ e $G = (1 - N_f / N_v) \times 100$.

1. Aplicação ao reservatório de Sobradinho

A bacia hidrográfica do rio São Francisco drena uma área de 640.000 km² e ocupa 8%

do território do Brasil, sendo a terceira maior em área e a única totalmente inserida em território nacional. Abrange áreas dos estados de Minas Gerais, Bahia, Pernambuco, Sergipe, Alagoas, Goiás e Distrito Federal. Entre as cabeceiras, na Serra da Canastra, em Minas Gerais, e a foz, no oceano Atlântico, localizada entre os estados de Sergipe e Alagoas, o rio São Francisco percorre cerca de 2.700 km (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil), 2004).

Figura 3. Obtenção das curvas de atendimento para diferentes garantias



A vazão média na foz do rio São Francisco é de aproximadamente $2.850 \text{ m}^3/\text{s}$. Para se obter uma vazão garantida para fins de geração de energia, foram construídos dois grandes reservatórios de regularização na calha do rio São Francisco, o reservatório de Três Marias e o de Sobradinho. O primeiro tem capacidade

de acumulação de 19 bilhões de metros cúbicos e o segundo acumula até 34 bilhões de metros cúbicos.

A Figura 4 apresenta uma vista geral da bacia do rio São Francisco, onde estão identificados os reservatórios de Três Marias e Sobradinho. Estes reservatórios são os principais re-

Figura 4. Localização da Bacia do Rio São Francisco

Adaptado de: AGÊNCIA NACIONAL DE AGUAS (Brasil), 2004



guladores do regime das vazões na calha do rio São Francisco. A permanência das vazões é fortemente influenciada pelas regras de operação destas barragens, gerenciadas pelo setor elétrico de modo a gerar a vazão firme necessária à produção de energia.

O potencial total de geração de energia em operação na bacia do São Francisco é avaliado em 10.484 MW e responde por mais de 90% da demanda do Nordeste do Brasil. Do potencial total, 95% é gerado no terço inferior da calha do rio São Francisco, compreendendo um conjunto de usinas hidroelétricas localizadas entre Sobradinho e a foz. A última destas usinas, Xingó, localiza-se a menos de 200 Km da foz e responde por 30% da geração de energia.

Existe um sério conflito de usos entre a irrigação situada a montante do reservatório de Sobradinho e a necessidade do setor elétrico de produzir uma vazão firme que atenda aos requisitos de geração de energia (Paiva et al., 2003). Notadamente, a irrigação e a geração de energia são atividades que utilizam a água com níveis diferenciados de garantia.

Para construção das *Curvas de Garantia de Atendimento* para o reservatório de Sobradinho faz-se necessário a simulação de sua operação em conjunto com a do reservatório de Três Marias, uma vez que as vazões afluentes ao primeiro dependem da operação do segundo. Os dados dos reservatórios de Três Marias e Sobradinho e as séries de vazões mensais médias utilizadas nas simulações foram disponibilizados pela Companhia Hidroelétrica do São Francisco - CHESF e a Companhia Energética de Minas Gerais - CEMIG (Asfora, 2000). Os dados disponibilizados correspondem ao período de 1934 a 1994, totalizando 61 anos.

Considerou-se como afluência ao reservatório de Três Marias o histórico de vazões naturais mensais médias. A afluência ao reservatório de Sobradinho foi obtida pela soma das defluências do reservatório de Três Marias e do incremento das vazões naturais entre os reservatórios, considerando-se um tempo médio de viagem de 15 dias entre os mesmos. Para validação da modelagem, simulou-se a operação dos reservatórios de Três Marias e Sobradinho para o período de 1936 a 1968, mesmo

período utilizado pela CHESF para determinação da vazão regularizada máxima de 2.060 m³/s a jusante de Sobradinho. A simulação realizada resultou em uma regularização máxima em Três Marias de 517 m³/s e em Sobradinho de 2.063 m³/s. Este resultado foi considerado satisfatório.

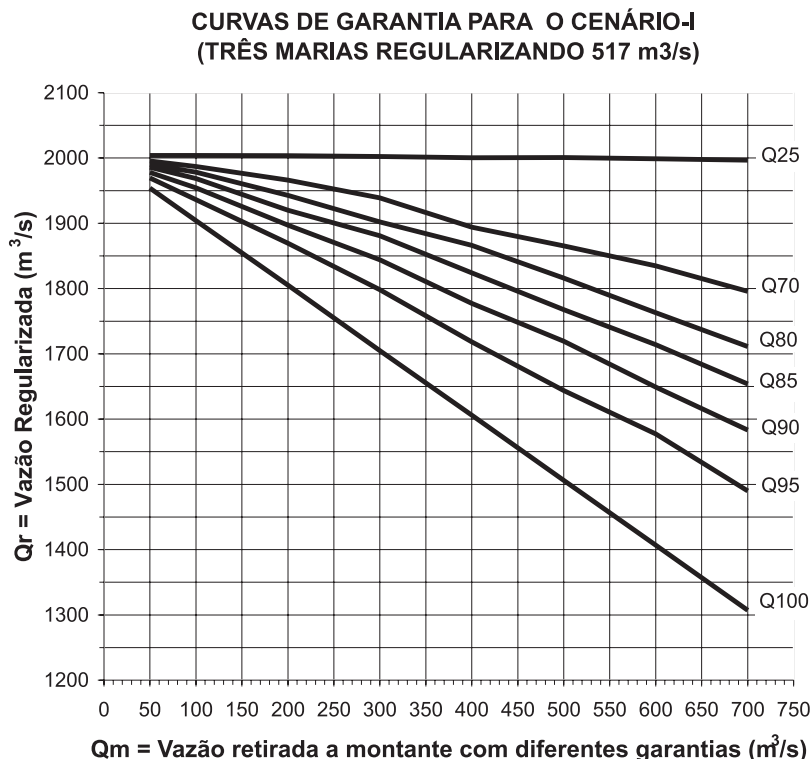
Para o período de 1934 a 1994, a regularização máxima obtida para o reservatório de Sobradinho foi de 2.003 m³/s. Este valor difere do valor obtido recentemente pela Agência Nacional de Águas – ANA para o período de 1931 a 2001, possivelmente por não incorporar períodos críticos ocorridos entre 1994 e 2001.

As *Curvas de Garantia de Atendimento* apresentadas na Figuras 5 foram construídas considerando-se dois cenários de regularização para o reservatório de Três Marias. No primeiro, simulou-se a operação do reservatório para uma regularização de 517 m³/s, valor correspondente à sua capacidade máxima de regularização. No segundo foi utilizada como valor de regularização a vazão de 300 m³/s, correspondente à vazão mínima de restrição.

Nos dois cenários apresentados na Figura 5, observa-se que para uma mesma vazão regularizada a disponibilidade a montante do reservatório de Sobradinho é significativamente amplificada quando se utilizam diferentes garantias de atendimento. Seja, por exemplo, as curvas de 100% e 90% de garantia para uma vazão regularizada de 1.700 m³/s. Para o primeiro cenário, as disponibilidades a montante de Sobradinho, com garantias de 100% e 90%, resultam respectivamente em 305 m³/s e 525 m³/s, ou seja, a disponibilidade a montante do reservatório é amplificada em 72%. Para o segundo cenário, têm-se os valores de 235 m³/s e 355 m³/s respectivamente para as garantias de 90% e 100%. Neste caso observa-se um aumento da disponibilidade de 51%.

De forma semelhante, observa-se que a retirada de um mesmo valor de vazão com garantias diferentes a montante do reservatório de Sobradinho, reduz consideravelmente o impacto da mesma sobre a capacidade de regularização do reservatório. Seja, por exemplo, uma retirada de 300 m³/s a montante de Sobradinho com garantias de 100% e 90%. Utili-

Figura 5. Curvas de Garantia de Atendimento para o Reservatório de Sobradinho



zando-se novamente as curvas apresentadas na Figura 5, para o primeiro cenário observa-se que a decréscimo da vazão regularizada por Sobradinho cai de 298 m³/s para 159 m³/s. Ou seja, o impacto da retirada a montante sobre a vazão regularizada é reduzido em 53%. Para o segundo cenário, tem-se uma redução no impacto de 61%.

O uso de garantias inferiores a 90% resultaria em valores ainda mais significativos. No caso de Sobradinho, contudo, os usos preponderantes são a geração de energia, que utiliza uma garantia de 100% para cálculo da energia firme, e a irrigação para a qual se admite uma garantia de suprimento de água na ordem de 90%.

As curvas obtidas para Sobradinho mostram que a disponibilidade hídrica requerida por um uso que necessita de uma maior garantia de fornecimento, como a geração de energia, pode ser amplificada de modo signi-

ficativo quando transferida para um uso menos exigente, como é notadamente o caso da irrigação. Este fato deve ser considerado na avaliação dos benefícios que a transferência dos recursos hídricos entre estes usos pode propiciar.

ESTABELECIMENTO DO CRITÉRIO DE CORTE

As curvas de garantia apresentadas na Figura 5 estabelecem relações entre as vazões regularizadas pelo reservatório de Sobradinho e as retiradas a montante do mesmo para diferentes garantias. Estas curvas pressupõem que, para uma dada garantia, haverá situações em que as retiradas a montante do reservatório deverão ser suspensas de modo a não comprometer a vazão regularizada pelo reservatório. Em complementação a essas curvas, portanto, faz-se necessário o estabelecimento das condições sob as quais haverá o corte no atendimento das demandas a montante do reservatório.

No caso de um reservatório de regularização, este critério pode ser estabelecido facilmente definindo-se o percentual da capacidade de acumulação do reservatório (volume de corte) abaixo do qual as retiradas a montante seriam suspensas.

De forma semelhante àquela utilizada na determinação das curvas de garantia, é possível relacionar os volumes de corte com as retiradas a montante do reservatório para diferentes garantias. As curvas resultantes para o cenário I são apresentadas na Figura 6.

Uma vez definidas, a partir das curvas de garantia, a vazão regularizada pelo reservatório e as retiradas a montante para uma dada garantia, o volume de corte correspondente pode ser obtido a partir das curvas da Figura 6.

Seja, por exemplo, para o cenário I uma configuração onde se deseje uma vazão regularizada a jusante de Sobradinho de $1.700 \text{ m}^3/\text{s}$. As retiradas a montante com garantias de 95% e 90% de garantia poderiam chegar, respectivamente, a $450 \text{ m}^3/\text{s}$ e $525 \text{ m}^3/\text{s}$. Nestes casos as retiradas a montante seriam interrompidas sempre que o volume acumulado pelo reservatório fosse igual ou inferior a 34% e 40%, respectivamente.

Deve-se observar que os volumes de corte apresentados não consideram as regras operacionais estabelecidas pelo do setor elétrico para os reservatórios de Três Marias e Sobradinho. A inclusão destas condicionantes pode ser feita a partir da elaboração de cenários de disponibilidade hídrica que considerem estas regras, a exemplo do cenário II apresentado neste artigo.

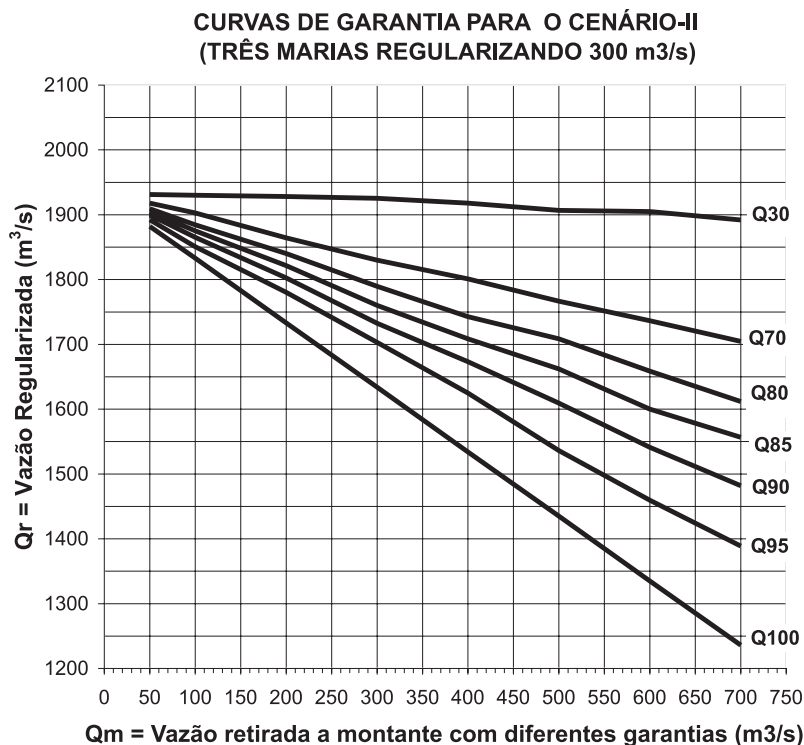


Figura 6. Curvas de Restrição para Retiradas a Montante de Sobradinho

CONCLUSÕES

A alocação da água para usos múltiplos poderia se beneficiar do uso de procedimentos que contemplassem a complementaridade existente entre o caráter estocástico da disponibilidade hídrica, geralmente representada por uma estimativa de vazão associada a um determinado risco de falha, e as diferentes garantias requeridas pelos vários tipos de uso, otimizando assim a aplicação da água para fins de produção.

A irrigação a montante dos reservatórios de regularização utilizados para fins de geração de energia tem provocado sérios conflitos. Estes conflitos poderiam ser minimizados caso fossem consideradas as diferentes garantias requeridas por estes usos e adotados critérios de gerenciamento baseados em níveis de garantia previamente negociados entre os usuários.

A metodologia apresentada possibilita a consideração de níveis de garantia diferenciados na alocação de volumes de água para atender às demandas a montante e a jusante de um reservatório de regularização.

O uso das *Curvas de Garantia de Atendimento* possibilita um aproveitamento mais racional dos recursos hídricos disponíveis a montante de um reservatório, bem como uma avaliação mais correta do impacto destas retiradas sobre a vazão regularizada produzida pelo mesmo.

A metodologia apresentada também fornece subsídios para uma avaliação mais adequa-

da dos custos e benefícios, advindos da transferência de recursos hídricos entre usos que requeiram diferentes garantias de atendimento. Quanto menor a garantia requerida para um dado uso da água, maior será a disponibilidade hídrica. Portanto, a disponibilidade hídrica retirada de um uso que necessite uma maior garantia, pode ser amplificada quando aplicada a um uso menos exigente nesse sentido.

As *Curvas de Garantia de Atendimento* geradas para Sobradinho indicam que a redução de sua vazão firme apresenta-se 50% a 60% menor, quando se adota uma garantia de 90% para atendimento das demandas a montante do reservatório. Por outro lado, a alocação de água a montante de sobradinho com garantia de 90% amplia de 1,5 a 1,7 vezes as disponibilidades a montante do mesmo. Este fato deveria ser considerado na avaliação dos benefícios que a transferência dos recursos hídricos entre a geração de energia e a irrigação pode propiciar.

Ressalta-se, finalmente, que a adoção de diferentes garantias para usos concorrentes requer um gerenciamento dinâmico, que estabeleça claramente as prioridades, limites e critérios de corte de fornecimento de água para os diferentes usuários. Contraditoriamente, regiões com limitações hídricas e com conflitos de uso múltiplos das águas apresentam, em geral, sistemas de gerenciamento frágeis tanto do ponto de vista operacional como institucional.

Referências

- AGÊNCIA NACIONAL DE AGUAS (Brasil). 2003. **Programa de ações estratégicas para o gerenciamento integrado da bacia do Rio São Francisco e da sua zona costeira** : relatório final. Brasília: ANA/GEF/PNUMA/OEA, 333p.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). Comitê da bacia do Rio São Francisco. 2004a. **Plano de recursos hídricos da bacia do Rio São Francisco**: módulo1- resumo executivo. Brasília: MMA. 150p.
- Disponível em: < http://www.ana.gov.br/prbsf/arquivos/sintese_resumo_exe.pdf
- AGÊNCIA NACIONAL DE AGUAS (Brasil). 2004b. **Estudo Técnico de apoio ao PRHBSFn.16**: alocação de água. Brasília : ANA/GEF/PNUMA/OEA. Disponível em:
- <http://www.ana.gov.br/prhbs.htm>
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). 2005. [**Documentos**]. Brasília : ANA. Disponível em: <http://www.ana.gov.br>

ASFORA, M.C.(Coord.). 2000. **Avaliação preliminar das disponibilidades e demandas na Bacia do rio São Francisco**. Recife : MMA/SRHP.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. secretaria de Recursos Hídricos. 2005.

[**Documentos**]. Brasília: MMA . Disponível em < http://www.mma.gov.br/port/srh/index_cfm. >

PAIVA, M.F.A. et al. 2003. Os usos múltiplos e a gestão dos recursos hídricos da Bacia do São Francisco. In: VASCONCELOS, Marco Aurélio (Org.). 2003. **O estado das águas no Brasil 2001-2002**. Brasília : ANA. p. 419-434.

Marcelo Cauás Asfora ITEP - Instituto de Tecnologia de Pernambuco.
E-mail: mcasfora@itep.br

José Almir Cirilo UFPE - Universidade Federal de Pernambuco –
CTG/DEC/Lab. Hidráulica. E-mail: almir.cirilo@terra.com.br

