



CHEIAS E VAZANTES NO BAIXO TRECHO DO RIO SÃO FRANCISCO PRÉ IMPLANTAÇÃO DAS UHES DA CHESF - CONTRIBUTO À DISCUSSÃO E AOS ESTUDOS SOBRE VAZÕES ECOLÓGICAS

L. D. da Luz

A. L. C. Guimarães; F. Genz; A. L. S. Borges; R. I. Lacerda

Departamento de Engenharia Ambiental/Escola Politécnica/UFBA. Rua Aristides Novis, 02, Federação, Salvador/BA, 40210 - 630e - mail: lluz@ufba.br

INTRODUÇÃO

Dentre as variáveis hidrológicas de interesse para o conhecimento do comportamento natural do sistema fluvial, destacam-se as características principais dos hidrogramas anuais de cheia e de vazantes, aos quais têm sido reconhecidas funções de importância para processos ecológicos e ambientais.

A frequência e duração dos pulsos de cheia e das depressões nas vazantes são associadas a uma série de funções ecológicas (Richter *et al.*, 1996, 1997; The Nature Conservancy, 2007): frequência e magnitude da disponibilidade hídrica da umidade dos solos para as plantas, assim como do estresse por condições anaeróbicas; disponibilidade de habitats nas planícies de inundação para organismos aquáticos; trocas de nutrientes e matéria orgânica entre o rio e as planícies de inundação; disponibilidade de minerais no solo; disponibilidade de áreas de alimentação, repouso e reprodução para certas aves; influência no transporte de sedimentos, na granulometria do substrato do canal e na desestabilização desse substrato (nos pulsos de cheia).

A magnitude e a duração das condições extremas que podem ocorrer, por sua vez influem (op.cit.): no balanço entre organismos competitivos e tolerantes a estresses; criação de novos sítios para colonização; estruturação dos ecossistemas aquáticos devido a fatores bióticos e abióticos; estruturação da morfologia do canal e das condições físicas dos habitats; umidificação dos solos; hidratação/desidratação de animais e plantas; estresses anaeróbicos em plantas; no volume de nutrientes trocados entre rio e áreas de inundação; duração das condições de estresse quanto à oxigenação e outras concentrações químicas; na distribuição das comunidades da flora em lagoas, alagados e nas planícies de inundação; na duração das águas altas visando diluição de efluentes, assim como na aeração dos locais de desova nos sedimentos dos canais.

Quanto às vazantes os fluviogramas de recessão na estação de seca (junho - novembro) são avaliados quanto a sua mag-

nitude, constituindo vazantes médias, baixas e extremas, assim como quanto à duração das recessões e quanto à ocorrência de pulsos de vazões (aportes) na estiagem. Estes elementos são enfatizados quanto à sua importância nas funções ecológicas desempenhadas pelo regime fluvial dos rios por Collischonn *et al.*, (2005), dentre outros.

OBJETIVOS

Este trabalho apresenta parte de uma análise detalhada das cheias e vazantes do rio, procurando efetuar uma "radiografia" dos hidrogramas de cheia no que se refere aos aspectos de magnitude, distinguindo entre cheias pequenas, médias, grandes, muito grandes e extremas, assim como quanto à frequência de pulsos em cada estação de cheia (dezembro - maio) e as suas durações. Similar procedimento e aspectos foram considerados para os momentos de vazante. Essas caracterizações se referem à condição anterior à implantação da barragem de Sobradinho.

O trabalho faz parte dos estudos desenvolvidos no escopo do Projeto "Identificação de regime hidrológico compatível com objetivos ecológicos para o baixo curso do Rio São Francisco", integrando a Rede de Pesquisa ECOVAZÃO (Edital MCT - CNPq 045/2006) cujo projeto geral é intitulado "Estudo do regime de vazões ecológicas para o baixo curso do Rio São Francisco: uma abordagem multicriterial".

MATERIAL E MÉTODOS

2. DESENVOLVIMENTO DOS ESTUDOS

2.1 Dados utilizados

Os resultados aqui apresentados são todos referentes à série histórica de vazões do Posto Fluviométrico de Traipu, localizado a jusante da UHE de Xingó. Os dados dos anos falhados, 1974 a 1976, foram preenchidos com informações de vazões médias diárias obtidos por correlação com o Posto

Fluviométrico de Juazeiro (48020000), considerando 5 dias de defasagem.

2.2 Procedimentos, metodologias e resultados

2.2.1 Categorização dos eventos de cheia e vazantes

Para desenvolver análise mais detalhada dos hidrogramas de cheia e dos fluviogramas de recessão nas vazantes a série de vazões médias diárias de Traipu foi separada em períodos que em média representam essas condições hidrológicas, embora ocasionalmente verificavam - se antecipações ou retardamentos desses eventos: cheias de dezembro a maio; e vazantes de junho a novembro.

As cheias em cada ano, embora historicamente mantivessem um padrão similar, variavam sensivelmente de ano a ano conforme fossem as condições espaço - temporais das chuvas nas bacias à montante. Com isso visando um detalhamento na análise desses hidrogramas de cheia foram estabelecidas categorias para as cheias expressando a máxima magnitude atingida em cada estação.

Considera - se a cheia pertencendo a uma categoria quando há pelo menos um pico do hidrograma que ultrapasse o valor referencial respectivo.

Com relação às vazantes, similarmente às cheias, podem se observar antecipações ou atrasos na sua ocorrência devido a fatores similares. A categorização das vazantes se deu considerando limites definidos como valores em torno da média (+/- S e - 1,5.S). Considera - se a vazante como pertencendo a uma dada categoria quando o seu fluviograma apresenta depressão na curva que atinja a região abaixo dos valor referencial da mesma.

2.2.2 Análises de características dos fluviogramas de cheias e vazantes

Separados os fluviogramas dos respectivos semestres de cheias e vazantes, para cada qual considerando as categorias estabelecidas, procedeu - se:

Para as cheias:

Contagem do número de pulsos ocorridos em cada ano e efetuado cômputo de suas freqüências relativas. Admitiu - se como pulso computável, acima de um valor referencial de categoria, quando o valor do pico no mesmo representasse mais de 10% do valor da vazão encontrada ao final da recessão do mesmo, evitando se considerar pequenas flutuações como pulsos.

Identificados os pulsos em cada ano, suas durações, em número de dias, foram computadas e analisadas quanto à sua freqüência.

Para as vazantes:

Identificação do número de depressões do fluviograma de vazante, abaixo dos valores referenciais das categorias.

Foi computada a duração da vazante, em número de dias abaixo do valor referencial da categoria, mesmo que em eventos descontínuos, e computadas freqüências relativas.

Identificados pulsos de vazões (picos) ocorridos durante a vazante, foram computados sua quantidade, o seu valor de pico e a duração (relacionada ao valor referencial da categoria em questão). Evitando de se computar como pico qualquer flutuação, o que normalmente ocorre nas vazões, foi adotado critério de considerar como pico apenas os casos em que o valor máximo do pulso correspondesse a uma acréscimo superior a 10% da vazão inicial do pulso.

RESULTADOS

3. ANÁLISE DAS CHEIAS

Em acordo com Richter *et al.*, (1996, 1997) e The Nature Conservancy (2007), as categorias referentes às cheias pequenas e médias (high - flow pulses) correspondem àquelas que crescem a partir de situações de vazões baixas, muitas vezes mantidas pelos fluxos de base, mas que atingem até as bancadas do canal fluvial sem ultrapassar suas ombreiras. Esses pulsos provém necessárias e importantes alterações nas condições das vazões baixas, com melhoria na temperatura de suas águas, assim como quanto ao oxigênio dissolvido que tende a aumentar. Isso provém melhores condições quanto ao conteúdo de matéria orgânica e outros alimentos para a cadeia alimentar aquática. Também, tais eventos proporcionam condições de mobilidade para organismos longitudinalmente ao rio.

Nas cheias grandes, peixes e outros organismos podem mover - se longitudinalmente na calha fluvial, mas também transversalmente entre a calha e áreas úmidas marginais e planícies de inundação, tendo assim acesso a outros habitats, que em outras condições são inacessíveis e que provém outras fontes substanciais de alimentos, além de abrigo. Essas áreas são em geral mais rasas, com maior temperatura de suas águas, sendo um importante reservatório de nutrientes e organismos para a fauna aquática. Essas cheias ultrapassam as bancadas do canal principal, mas ainda não atingem áreas que somente as enchentes de maior recorrência atingem.

As cheias muito grandes e extremas tipicamente atuam rearranjando a estrutura física e biológica do rio e de suas planícies de inundação. Elas atuam com a “varredura” de organismos, com o que se reduzem certas populações, mas em muitos casos criando novas vantagens competitivas para outras espécies. Cheias dessas categorias podem também ser importantes para formar novos habitats, como empoçamentos e alagados, que contribuem para o suporte e reprodução de espécies da biota local.

Destacamos aqui as chances de ocorrência das categorias das cheias, com base nos respectivos valores referenciais e considerando a Distribuição de Gumbel ($R^2 = 0,986$):

cheias extremas: acima de 9761 m³/s, logo com $P[Q_{max} >= 9761] = 20,5\%$

cheias muito grandes: de 7560 a 9761 m³/s, logo com $P[7560 <= Q_{max} <= 9761] = 23,1\%$

cheias grandes: de 5359 a 7560 m³/s, logo com $P[5359 <= Q_{max} <= 7560] = 32,5\%$

cheias médias: de 3159 a 5359 m³/s, logo com $P[3159 <= Q_{max} <= 5359] = 21,1\%$

cheias pequenas: até 3159 m³/s, logo com $P[Q_{max} <= 3159] = 2,8\%$

Freqüência dos pulsos e duração das cheias

Nas cheias extremas se observa no máximo 3 pulsos por ano, e a maioria delas na forma de um único pulso. À medida que as cheias sejam de categorias menores, há a tendência dos eventos serem mais frequentes. Se verifica nas cheias médias uma maior quantidade de eventos com relação às demais categorias, e com maior freqüência de eventos para até 3 pulsos. Para cheias médias a pequenas, foram observados até 6 pulsos por estação (ou por ano).

A duração das cheias varia bastante conforme a categorias das mesmas. As cheias Extremas e Muito Grandes ocorrem quase que totalmente por no máximo 10 dias, embora apresentem alguns eventos com durações, respectivamente, de 60 - 70 dias e 80 - 90 dias. A partir das cheias Grandes até as Pequenas, ocorre uma distribuição mais marcada para todas as faixas de duração consideradas.

Destas, as cheias Médias mostram maiores frequência para os intervalos centrais das durações, com destaque para a duração de 60 a 70 dias.

Saliente - se que a vazão de cheia máxima admitida atualmente na operação das hidroelétricas do sistema Chesf, igual a 8000 m³/s, corresponderia a uma probabilidade excedência de aproximadamente 30%, ou de 3 a 4 anos de recorrência, consideradas as condições pré - barragens no sub - médio do Rio São Francisco.

4. ANÁLISE DAS VAZANTES

Neste trabalho, assumiu - se categorizar as vazantes extremas, situações que são de grande estresse para muitos organismos, mas que são necessárias para viabilizar um outro tanto de espécies. Ocorrem significantes efeitos dessas vazantes sobre a química das águas, temperaturas e concentração de oxigênio dissolvido, os quais podem assumir condições que são estressantes para certos organismos, podendo causar significativa mortalidade. Por outro lado, nessas condições, a concentração das espécies por unidade de área aumenta, tornado - as mais acessíveis aos seus predadores. Também ao ressecar planícies de inundação e áreas marginais à calha por períodos prolongados viabilizam o crescimento de espécies terrestres e transicionais, o que poderá ser a matéria orgânica a ser morta e decomposta num novo ciclo de cheia posterior.

As vazantes médias e baixas são as mais frequentes: 12 e 22 eventos (anos), respectivamente, contra 2 anos de vazantes extremas (nos anos 1954 e 55). São mantidas por fluxos de base, mas também incorporam algumas contribuições superficiais e de afluentes distribuídos ao longo de sua bacia, tendendo nos momentos sem chuvas a decair até condições em que a ligação rio - aquíferos superficiais adjacentes fortemente predominam. Essas condições são importantes condicionantes para a comunidade aquática fluvial por que determina a quantidade de habitats disponíveis durante muitos meses do ano. Com isso têm uma influência significativa sobre a diversidade e número de espécies aquáticas que habitam a calha fluvial (Richter *et al.*, 1996, 1997; The Nature Conservancy, 2007).

Vazantes Médias: entre 1894 e 1298 m³/s, logo com $P[1298 \leq Q_{min} \leq 1894] = 23,5\%$

Vazantes Baixas: entre 1297 a 701 m³/s, logo com $P[701 \leq Q_{min} \leq 1297] = 68,6\%$

Vazantes Extremas: abaixo de 701 m³/s, logo com $P[Q_{min} \leq 701] = 7,6\%$

Frequência das depressões e duração das vazantes

Designa - se por “depressões”, neste trabalho, as ocasiões em que o fluviograma do período de vazante torna - se menor que dada vazão referencial, abaixo da qual configura - se dada categoria de vazante. Nos 38 anos da série analisada houve apenas duas situações com vazantes Extremas e ambas apresentaram - se com uma única depressão. Em geral a tendência em todos os casos é ocorrer uma única depressão.

No caso das vazantes baixas há uma maior ocorrência de picos ou flutuações, que por sua vez definem depressões, podendo estas chegarem a quatro num ano.

Praticamente metade das vazantes Médias ocorrem ao longo de um período de 150 a 180 dias (5 a 6 meses). Certa predominância de vazantes médias de menor duração é observada, mas podem ocorrer períodos mais longos nessa categoria, o que foi observado em apenas 3% dos anos, com durações de 240 a 270 dias (8 a 9 meses).

As vazantes baixas mostram uma maior distribuição dos seus eventos para as diversas classes de durações, não havendo predominância de qualquer classe. Podem atingir até 150 a 180 dias de duração, o que ocorre em cerca de 19% do tempo (anos observados).

Referindo - se às vazantes extremas, foram observados apenas dois anos nessa categoria (1954 e 1955), com durações respectivas de 15 e 55 dias. Esses eventos são, então raros (probabilidade de cerca de 9%, pela D. Normal) e não muito prolongados.

Ressalte - se que as vazões mínimas atualmente praticadas no baixo trecho do Rio São Francisco, isto é 1300 m³/s e, ultimamente, a autorização dada à CHESF de reduzi - las até 1100 m³/s, apresentam respectivamente probabilidades de não - excedência, isto é $P[X = < x]$, na ordem de 75 e 45%, ou recorrências de 1,5 - 2 e 2 - 3 anos, considerada a condição pré - barragens do sub - médio.

CONCLUSÃO

As análises apresentadas resumem um diagnóstico com detalhes referentes à forma com que ocorriam os eventos de cheias e de vazantes no baixo trecho do Rio São Francisco (RSF) anteriormente à implantação da barragem de Sobradinho, estrutura que maior impacto causou no regime fluvial a jusante. O foco tanto nas cheias como também nas vazantes tem em conta os aspectos e benefícios ambientais e ecológicos que ambas as situações provêm ao rio e seu entorno.

Com relação às cheias percebe - se que atualmente o limite superior praticado na operação das usinas hidroelétricas da CHESF, na ordem de 8000 m³/s, situa - se na categoria que convencionou - se neste trabalho como “cheia Muito Grande”. No entanto vazões superiores a essa eram observadas com probabilidade (de excedência) significativa, em torno de 30%, anteriormente à regularização do rio.

As ocupações urbanas e outras avançaram em direção ao leito do rio, com o que atualmente cheias Muito Grandes e Extremas comprometeriam atividades e estruturas. Na discussão de um regime dinâmico de vazões no baixo trecho do RSF, essa realidade deve ser considerada frente a benefícios que essas cheias provinham, ou ainda poderiam prover, ao atingir vastas planícies de inundação, nelas incluídas diversas lagoas marginais. A duração das cheias, aqui indicadas, não são neste artigo confrontadas com as atualmente praticadas, tendo havido redução nas suas durações, alteração das taxas de ascensão e recessão e alteração nas ocasiões de ocorrência.

A respeito das vazantes, observa - se que os limites de vazões mínimas definidos atualmente e adotados na operação das

barragens da CHESF, isto é 1300 m³/s e, mais recentemente, os 1100 m³/s, situam - se respectivamente nas categorias de vazantes Média e Baixa. Também, anteriormente à regularização do rio a partir da implantação de Sobradinho, tinham esses valores probabilidades de ocorrer em torno de 75 e 45%, respectivamente, ou seja eram bem frequentes. As vazantes Extremas, abaixo de 701 m³/s foram raras, ocorrendo em apenas 5% dos casos observados em 38 anos. As vazantes extremas ou mesmo valores inferiores aos 1300 m³/s, atualmente, após adaptações das comunidades e usuários das águas à situação regularizada, comprometem principalmente as captações de água devido à cota necessária para as estruturas estarem em condições de funcionamento.

O conteúdo deste artigo visou expor as condições passadas, do regime “natural” do RSF em seu baixo trecho, com o intuito de oferecer balizamento para a discussão a respeito das vazões ecológicas. No entanto, a proposição de um regime variável de vazões que resgate aspectos do regime não - regularizado que beneficiam o meio ambiente e processos ecológicos deve passar por uma análise das condições de adaptação atual pelas comunidades e usuários. Por outro lado, tal análise deverá também contemplar que alterações nas condições atuais são requeridas e podem ser economicamente justificáveis frente aos benefícios que serão obtidos, no médio e longo prazo, com a prática de vazões que atendam funções ambientais - ecológicas.

(AGRADECIMENTOS)

Os autores também agradecem os recursos disponibilizados através do projeto de pesquisa intitulado “Considerando a Variabilidade Hidrológica na Definição das

Vazões Ecológicas no Baixo Curso do Rio São Francisco” - CNPq/CT - ENERG e do projeto “Identificação de regime hidrológico compatível com objetivos ecológicos para o baixo curso do Rio São Francisco”, parte da Rede ECOVAZÃO (“Rede de Estudo do Regime de Vazões Ecológicas para o Baixo Curso do Rio São Francisco: uma Abordagem Multicriterial”) - Edital CNPq/CT - HIDRO 045/2006. Fernando Genz é bolsista CNPq/CT Energ.)

REFERÊNCIAS

- Collischonn, W.; Agra, S.G.; de Freitas, G.K.; Priante, G.; Tassi, R. e Souza, C.F. (2005). “Em busca do Hidrograma Ecológico” in Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, João Pessoa, Nov. 2005, CD - ROM
- Genz, F., Luz, L.D. (2007). Metodologia para considerar a variabilidade hidrológica na definição do regime natural de vazões no baixo curso do rio São Francisco. XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. São Paulo/SP.
- Genz, F., Luz, L.D. (2008). Considerando a variabilidade hidrológica na avaliação das alterações na curva de permanência das vazões no baixo curso do rio São Francisco. IX Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. Salvador/BA.
- Richter, B.D., J.V. Baumgartner, J. Powell, and D.P. Braun. 1996. A method for assessing hydrologic alteration within ecosystems. *Conservation Biology* 10:1163 - 1174.
- Richter, B.D., J.V. Baumgartner, R. Wigington, and D.P. Braun. 1997. How much water does a river need? *Freshwater Biology* 37, 231 - 249.
- THE NATURE CONSERVANCY (2007). Indicators of Hydrologic Alteration. Version 7. User’s manual.