

ESTUDO DE PREVENÇÃO DE CHEIAS UTILIZANDO OS RESERVATÓRIOS DE HIDRELÉTRICAS DA BACIA DO PARAÍBA DO SUL

Fernanda da Serra Costa^{1*}
Igor Pinheiro Raupp²
Daniela de Souza Kyrillos²
Jorge Machado Damazio¹
Priscilla Dafne Shu Chan²
Paulo Diniz de Oliveira³
Luiz Guilherme Ferreira Guilhon³
Vinicius Forain Rocha³

1 CEPEL – Centro de Pesquisa de Energia Elétrica/Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ

2 CEPEL – Centro de Pesquisa de Energia Elétrica

3 ONS - Operador Nacional do Sistema Elétrico

* fernanda@cepel.br

RESUMO

Um dos usos múltiplos das águas dos reservatórios do Sistema Interligado Nacional (SIN) conflitantes com a geração de energia elétrica é o controle de cheias, que desde 1977 faz parte do planejamento energético anual do setor elétrico brasileiro. Todos os anos, é realizado, pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), o Estudo Anual de Prevenção de Cheias para todas as bacias hidrográficas do SIN, que consiste na alocação ótima de espaços vazios nos reservatórios, denominados Volumes de Espera, para amortização das possíveis cheias. A metodologia atualmente utilizada no cálculo destes volumes é baseada no método das Trajetórias Críticas e Condições de Controlabilidade e a incerteza é tratada de forma estocástica, com a geração de cenários sintéticos de aflúências. Uma das premissas desta metodologia é a necessidade de que os reservatórios possuam estruturas de controle de defluências, o que não é o caso dos reservatórios da UHE Jaguari e UHE Paraibuna na Bacia do Rio Paraíba do Sul. Por conta disso, a metodologia foi adequada para este caso. O presente artigo descreve a metodologia atualmente em uso, com a adaptação para a Bacia do Rio Paraíba do Sul, bem como, os resultados obtidos para esta bacia no Estudo de Prevenção de Cheias mais recente (ciclo 2017/2018).

INTRODUÇÃO

Desde 1977, os reservatórios do setor elétrico brasileiro passaram a incluir, em seu planejamento energético anual, estudos de prevenção de cheias dos respectivos rios barrados, visando proteger as áreas à jusante dos reservatórios contra os possíveis danos causados por eventos extremos (de cheia). A partir de então, os reservatórios das usinas hidrelétricas, passaram a utilizar parte de sua capacidade de armazenamento para amortecer possíveis cheias, através da alocação de volumes vazios durante a estação chuvosa, denominados "volumes de espera".

A utilização do reservatório para geração de energia elétrica e controle de cheias é conflitante, uma vez que, a função e operação do reservatório para os dois usos são distintas. Para a geração de energia elétrica, a função do reservatório é armazenar água durante a estação chuvosa, permitindo ter água suficiente para gerar energia na estação seca subsequente. Desta maneira, a operação do reservatório tem como objetivo terminar a estação chuvosa com reservatório plenamente cheio. Para o controle de cheias, a função do reservatório é alocar o volume de água excedente proveniente de cheias na bacia, que ocorrem durante a estação chuvosa, evitando danos a jusante. Assim, a operação do reservatório busca ter reservatórios vazios durante a estação chuvosa de tal modo que as cheias possam ser alocadas.

Por conta deste conflito, o cálculo dos volumes de espera deve ser feito de forma cuidadosa e otimizada, buscando atender os dois usos, ou seja, os volumes de espera tem que ser grandes o suficiente para amortecer as cheias previstas, admitindo um risco determinado, porém, pequenos o suficiente para que seja possível o reenchimento total do reservatório ao final da estação chuvosa, aproveitando as altas aflúências, para que, durante o período seco, o reservatório possa suprir a demanda de geração de energia hidrelétrica e a demanda de outros usos que forem contemplados por cada um deles.

Assim, o controle de cheias é considerado no Planejamento da Operação do SIN, realizado pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico Brasileiro (ONS), através do Estudo Anual de Prevenção de Cheias (ONS, 2017). Este Estudo pode ser dividido em duas etapas. A primeira etapa é o cálculo dos volumes de espera a serem alocados nos reservatórios do SIN. Estes volumes são definidos, anualmente, antes do início da estação chuvosa, uma vez que seus resultados devem estar disponíveis no início desta estação, para que os volumes de espera possam ser alocados nos reservatórios. A segunda etapa, denominada operação de controle de cheias, é realizada durante a estação chuvosa e visa a programação da operação de controle de cheias nos reservatórios, através da decisão de enchimento/esvaziamento dos volumes de espera. Atualmente a ferramenta utilizada na primeira etapa para as bacias do SIN é o sistema SPEC (COSTA et al, 1999) e para a operação de controle de cheias são os programas ARISCO (GTHO, 1996), OPCHEN (COSTA et al, 2011, RAUPP et al, 2012) e OPCHEND (COSTA et al, 2003 e 2004).

A metodologia utilizada pressupõe que os reservatórios das usinas hidroelétricas, utilizados para controle de cheias, sejam capazes de controlar suas defluências, ou seja, que seus vertedores sejam dotados de dispositivos de controle. No caso da Bacia do Paraíba do Sul, os dois reservatórios mais de montante não são capazes de controlar suas defluências: o reservatório da UHE Jaguari tem um vertedor em lâmina livre e o reservatório UHE Paraíba tem vertedor Tulipa.

A bacia do rio Paraíba do Sul é de grande importância econômica e social, haja vista os decretos e portarias do Governo Federal que regulamentam o uso dos seus recursos hídricos, visando atender às necessidades de geração de energia elétrica, o abastecimento d'água das cidades ao longo da sua calha, o saneamento, a irrigação, etc. Portanto, o controle de cheias é mais um aspecto dentro dos múltiplos usos que deve ser considerado no planejamento e operação dos aproveitamentos hidrelétricos da bacia (ONS, 2017).

Com o intuito de permitir a utilização da metodologia na Bacia do Rio Paraíba do Sul, foi desenvolvido, na metodologia do Sistema SPEC, um tratamento específico para reservatórios sem controle de defluência e, desde então, o Estudo Anual de Prevenção de Cheias na Bacia do Paraíba do Sul pode ser feito utilizando as mesmas ferramentas que as outras bacias do SIN.

OBJETIVO

O objetivo deste artigo é apresentar a metodologia de cálculo de volume de espera atualmente em uso nas bacias do SIN, bem como, a adaptação do sistema SPEC para o caso da Bacia do Rio Paraíba do Sul. O artigo ainda apresenta os resultados obtidos no Estudo Anual de Prevenção de Cheias mais recente (ciclo 2017/2018) (ONS, 2017), cujos volumes de espera foram calculados aplicando o Sistema SPEC.

METODOLOGIA

Controle de Cheias no Setor Elétrico Brasileiro

Na primeira etapa dos estudos de prevenção de cheias, quando se calcula os volumes de espera, a metodologia em uso, implementada no sistema SPEC, é baseada na teoria das Condições de Controlabilidade (DAMÁZIO et al, 1994). Como os valores dos volumes de espera a serem alocados nos reservatórios devem estar disponíveis no início da estação chuvosa, seu cálculo é realizado com alguns meses de antecedência, portanto, as afluições que ocorrerão durante a estação são desconhecidas. Para representar a estocasticidade das afluições são consideradas séries sintéticas de vazões diárias geradas pelo modelo DIANA (KELMAN et al, 1983) de forma multivariada. Após a geração das séries, o sistema de controle de cheias é decomposto em conjuntos de reservatórios (denominado sistemas parciais – s.p.) localizados à montante de um ponto de controle de cheias (local onde existe limitação de vazão máxima, de modo a não causar danos as benfeitorias e a população a jusante). Para cada uma das séries sintéticas de vazões diárias são calculadas as respectivas curvas de alocação temporal de volumes espera dos sistemas parciais necessárias para a proteção da bacia (chamadas de trajetórias críticas - TC), conforme equação 1.

$$VE(t - 1, s) = \max[0, (Q_{AFL}(t - 1, s) - Q_{RESTR}) \times \Delta t + VE(t, s)], \quad t = T, \dots, 1 \quad \text{equação (1)}$$

Sendo: $VE(T, s) = 0$

Onde:

$VE(t,s)$ - volume de espera para o final do t-ésimo dia da s-ésima estação chuvosa;

T - último dia da estação chuvosa;

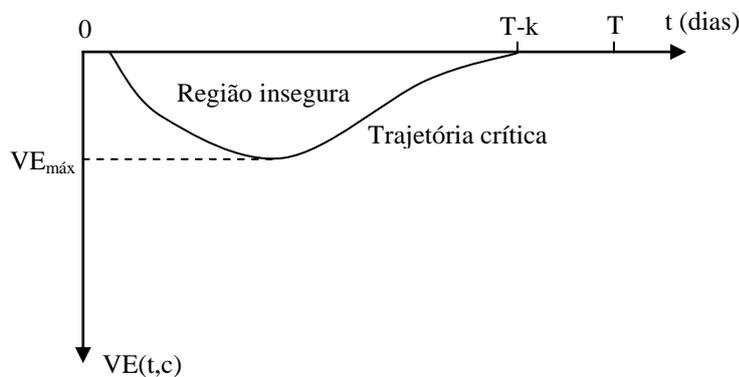
$Q_{AFL}(t,s)$ - vazão média diária afluente do t-ésimo dia da s-ésima estação chuvosa;

Q_{RESTR} - vazão de restrição;

Δt - número de segundos em um dia.

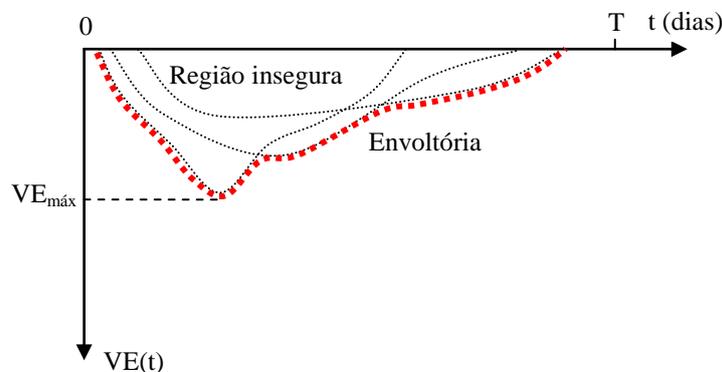
Pela equação 1, observa-se que para o penúltimo dia da estação chuvosa ($T-1$), o cálculo é simplesmente a diferença entre a vazão afluente e a vazão de restrição, uma vez que o volume de espera do dia “ T ” já é previamente definido pela metodologia como igual a zero. A partir do antepenúltimo dia ($T-2$), o cálculo do volume de espera é influenciado pelo volume de espera alocado no dia posterior ($T-1$), anteriormente calculado. Calculando os volumes de espera para todos os dias da estação chuvosa de um ano, tem-se a trajetória crítica (alocação de volume vazio ao longo do período considerado) para este ano, como ilustrado na Figura 1.

Figura 1: Trajetória crítica de um ano hipotético.



No cálculo da trajetória crítica, considera-se que um reservatório poderá auxiliar na proteção todos os pontos de controle a jusante, e não apenas o imediatamente a jusante. A este tipo de sistema de controle de cheias, denominado sistema com múltiplos pontos de controle de cheias e múltiplos reservatórios, diz-se que é feito o controle de cheia integrado da bacia. Estes volumes são calculados associados a um nível de proteção contra cheias (“risco de cheias”) representado pelas probabilidades de rompimento das restrições de defluências máximas do sistema, em termos de tempo de recorrência (TR). Calculadas as TCs de todas as séries sintéticas de cada s.p., calcula-se a Envoltória dos s.p. (figura 2), definida como a curva temporal do limite máximo dos volumes de espera associadas ao TR definido, conforme equação 2.

Figura 2: Envoltória de um reservatório para três trajetórias críticas.



$$ENV(t) = \text{máx}[VE(t, c); c = 1, \dots, n]; t = 1, \dots, T$$

equação (2)

Onde:

ENV(t) – envoltória para o t-ésimo dia;

n – número de cenários considerados no cálculo da envoltória.

No sistema SPEC, o cálculo das TCs e das envoltórias por s.p. é realizado pelo programa CAEV (COSTA et al, 1999). Por último, para poder alocar os volumes de espera nos reservatórios, as Envoltórias dos s.p. são desagregadas espacialmente nos reservatórios que compõem os s.p. através da solução de um problema linear estocástico com função objetivo refletindo interesses da geração de energia elétrica, através do programa VESPOD do sistema SPEC (COSTA et al, 1999).

Reservatórios sem Controle de Defluências

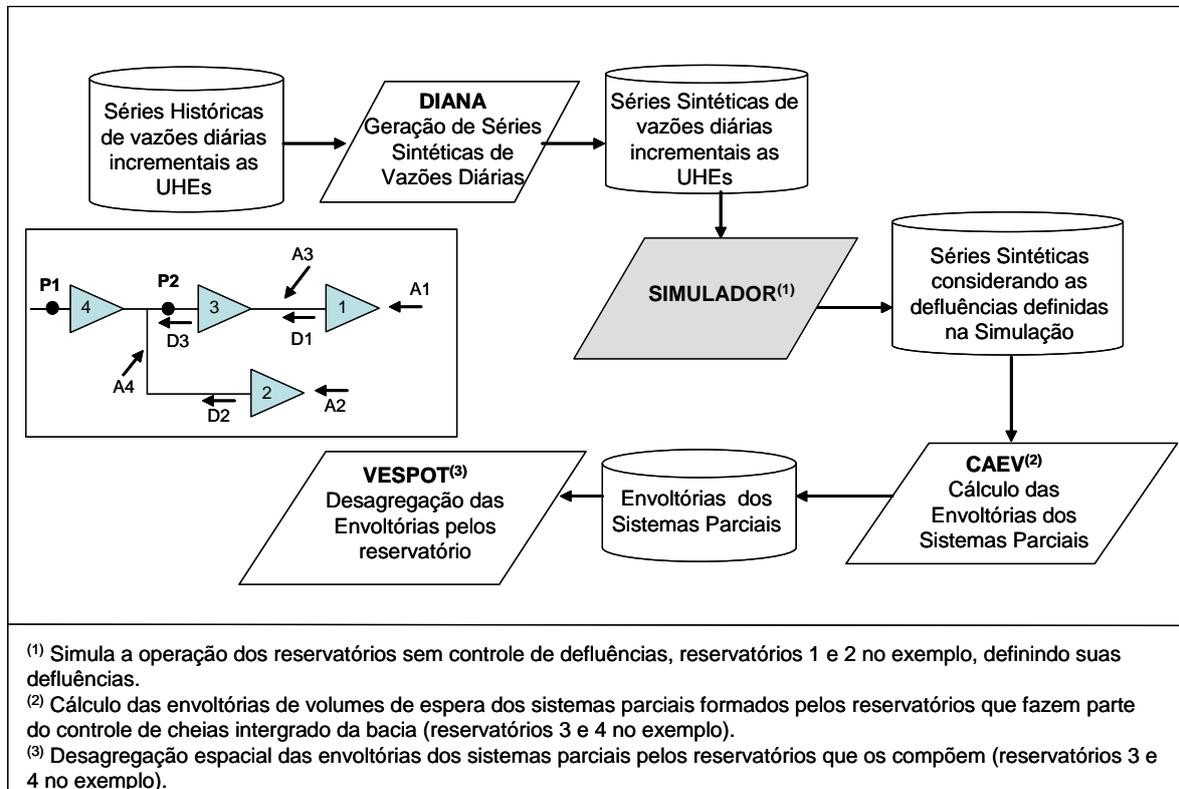
A metodologia descrita resumidamente no item anterior pressupõe que os reservatórios das usinas hidroelétricas utilizados para controle de cheias sejam capazes de controlar suas defluências, ou seja, que seus vertedores sejam dotados de dispositivos de controle. Na bacia do rio Paraíba do Sul existem reservatórios que não dispõem de dispositivos para controle dos seus vertimentos, onde o reservatório da usina hidroelétrica Jaguari tem um vertedor em lâmina livre e o reservatório da usina hidroelétrica Paraibuna que tem vertedor Tulipa. Estes reservatórios para o sistema de controle de cheias e geração de energia elétrica são os mais a montante da bacia. Antes da adaptação da metodologia no Sistema SPEC para consideração de vertedores sem controle de defluência, para a bacia do Paraíba do Sul, utilizava-se o método da Curva Volume-Duração (ONS, 2012) para calcular os volumes de espera, de forma independente, apenas nos reservatórios das usinas hidroelétricas Santa Branca e Funil, localizadas mais a jusante na bacia. Neste cálculo, utilizavam-se as vazões regularizadas das usinas de Paraibuna e Jaguari, obtidas através da simulação das séries históricas de afluições a estas usinas, ou seja, não eram utilizadas séries sintéticas.

A metodologia apresentada neste artigo para aplicação do sistema SPEC nos Estudos de Prevenção de Cheias em bacia de rios com reservatórios sem controle de defluências ou com limitações no controle de defluências, consiste em uma adaptação do procedimento adotado para o cálculo de volumes de espera na bacia do rio Paraíba do Sul, e pressupõe que os reservatórios sem controle de defluências se localizem a montante do sistema de controle de cheias integrado. As etapas para o cálculo da curva de volume de espera dos reservatórios do sistema de controle de cheias integrado da bacia são listadas a seguir e apresentadas no fluxograma da Figura 3. Ainda na Figura 3, para facilitar a descrição do procedimento, incluiu-se como exemplo, a topologia simplificada das usinas hidrelétricas com reservatório da bacia do Paraíba do Sul, formada por quatro reservatórios e dois pontos de controle de cheias, sendo que os dois reservatórios de montante (UHE1 e UHE2) não possuem controle de defluência e deseja-se calcular os volumes de espera a serem alocados nos reservatórios das usinas hidrelétricas UHE3 e UHE4.

1. Geração de séries sintéticas de afluições diárias incrementais as quatro UHEs da bacia (A_i , $i=1, \dots, 4$).
2. Simulação da operação das usinas sem controle de defluência: simular a operação das UHEs 1 e 2, localizadas nas cabeceiras, cujos reservatórios não dispõem de controle de defluência, ou este controle é muito limitado. Consideram-se como afluições aquelas obtidas na geração das séries sintéticas (passo 1). O resultado das simulações são as defluências totais (turbinadas + vertidas), D_i , $i=1, 2$.
3. Composição das afluições das usinas de jusante: para a UHE 3 localizada à jusantes da UHE 1 sem controle de defluências, a vazão afluyente é dada pela soma das vazão incremental (A_3) obtida na geração das séries sintéticas com a defluência da usina de montante (D_1), resultante da simulação da operação das séries sintéticas da usina 1. Para a UHE 4 a vazão afluyente é o resultado da soma da incremental A_4 , obtida na geração das séries sintéticas, com a defluência da UHE 2 (D_2), resultante do simulador e a defluência da UHE 3 (D_3).
4. Cálculo dos volumes de espera dos sistemas parciais: para os reservatórios das UHEs que possuem controle de defluências (3 e 4) seguem-se os procedimentos descritos no item anterior: (i) Decomposição do sistema de controle de cheias formado pelos reservatórios (3 e 4) em sistemas parciais, (ii) Definição do nível de proteção, (iii) Cálculo dos volumes de espera dos sistemas parciais e (iv) Cálculo da Envoltória dos volumes de espera dos sistemas parciais.

5. Desagregação das Envolvórias dos sistemas parciais em volumes de espera por reservatório.

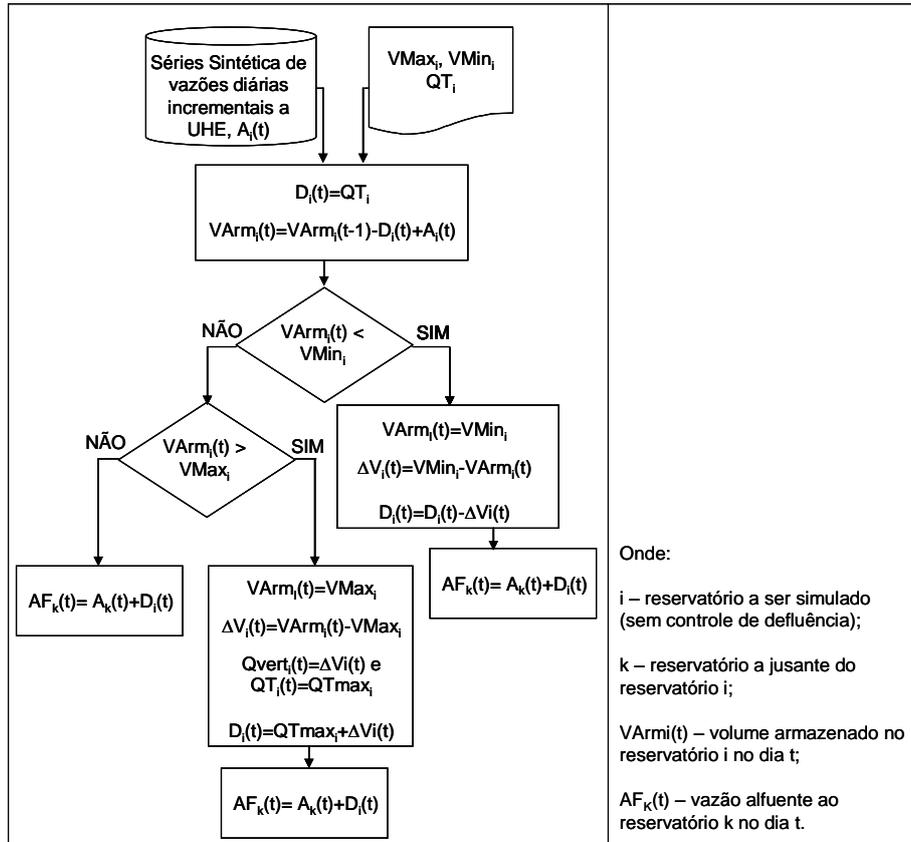
Figura 3: Fluxograma do procedimento para aplicação do sistema SPEC no cálculo de volumes de espera em bacias onde existem reservatórios com vertedores sem controle de defluências.



Para a adaptação da metodologia foi necessário o desenvolvimento de um simulador para realizar a operação dos reservatórios sem controle de defluências, que teve com base o modelo MPS (ONS, 2003) desenvolvido especificamente para simular a operação da bacia do rio Paraíba do Sul. Para a bacia exemplo, apresentada na Figura 3, a operação dos reservatórios 1 e 2 é feita de forma independente. A regra de operação para o reservatório a ser simulado i para cada dia t é apresentada no fluxograma da Figura 4 e detalhada a seguir.

1. Calcular o balanço hídrico do reservatório i considerando a afluência oriunda da série sintética e supondo como defluência $(D_i(t))$ uma vazão turbinada fornecida pelo usuário $(QT_i(t))$;
2. Caso o nível de armazenamento resultante do reservatório i seja inferior ao seu nível mínimo (VM_{ini}) , calcular o volume necessário para que o reservatório atinja o seu nível mínimo $(\Delta V_i(t))$, atualizar a vazão turbinada descontando-se este volume, $QT_i(t) = QT_i(t) - \Delta V_i(t)$, e fazer a defluência $(D_i(t))$ igual ao novo valor de $QT_i(t)$;
3. Caso o nível de armazenamento seja superior ao nível máximo (VM_{maxi}) , fazer a UHE turbinar sua vazão máxima turbinável (QT_{maxi}) , e calcular a vazão a ser vertida necessária para que o reservatório atinja seu nível máximo. A vazão vertida $(Q_{verti}(t))$ é calculada através do método de Puls (HERNANDEZ, 2007). A defluência será $D_i(t) = Q_{verti}(t) + QT_{maxi}$.
4. As vazões afluentes aos reservatórios de jusante serão obtidas pela soma da defluência resultante da simulação da operação do reservatório imediatamente a montante com a afluência incremental. No exemplo da Figura 3, no dia t a afluência a UHE 3 seria obtida pela soma da defluência da UHE 1 $(D_1(t))$, com a afluência incremental a UHE 3 $(A_3(t))$, e a vazão afluente a UHE 4 seria obtida pela soma das defluências das UHEs 2 $(D_2(t))$ e 3 $(D_3(t))$, com a afluência incremental $A_4(t)$.

Figura 4: Fluxograma simplificado da rotina de simulação da operação dos reservatórios sem controle de defluências.



APLICAÇÃO

Esta metodologia é aplicada na bacia do rio Paraíba do Sul desde o ciclo de controle de cheias do período úmido 2013/2014. O sistema de reservatórios para controle de cheias da bacia do rio Paraíba do Sul é composta pelos reservatórios das UHEs Paraibuna, Santa Branca, Jaguari e Funil - Figura 5. Destes reservatórios, Paraibuna e Jaguari não possuem controle de vertimento – sendo suas estruturas vertentes em lamina livre. Considerou-se como registro histórico de afluentes diárias, uma adaptação das séries históricas de afluentes as UHEs da bacia do rio Paraíba do Sul, no período de 1936 a 2005. Através do programa DIANA foram geradas 12.000 séries sintéticas de vazões diárias para as quatro UHEs desta bacia. Na Tabela 1 são apresentadas as características das UHEs que compõem o sistema de reservatórios para controle de cheias na bacia do rio Paraíba do Sul.

Figura 5: Diagrama do sistema de controle de cheias do Paraíba do Sul



Tabela 1: Características do sistema de reservatórios para controle de cheias

Empresa	UHE	Rio	Dist. até a foz (km)	A.D. (km ²)	V.U. (km ³)	Pot. inst. (MW)	Restrições operativas	
							mont. (m)	jus. (m ³ /s)
CESP	Paraibuna/Paraitinga	Paraibuna/Paraitinga	843/834	4.150	2,636	85	-	Q _{min} = 10,0 (¹) Q _{max} = 120,0
LIGHT	Sta. Branca	Paraíba do Sul	796	5.030	0,308	58	N _{Amin} = 607,45	Q _{min} = 30,0 Q _{max} = (²)
CESP	Jaguari	Jaguari	736	1.300	0,793	28	-	Q _{min} = 4,0 (¹) Q _{max} = 60,0
FURNAS	Funil	Paraíba do Sul	448	13.410	0,606	222	N _{Amin} = 449,00	Q _{min} = 70,0 (³) Q _{max} = 700,0

(1) Defluência limite do circuito hidráulico: turbina + válvula dispersora.

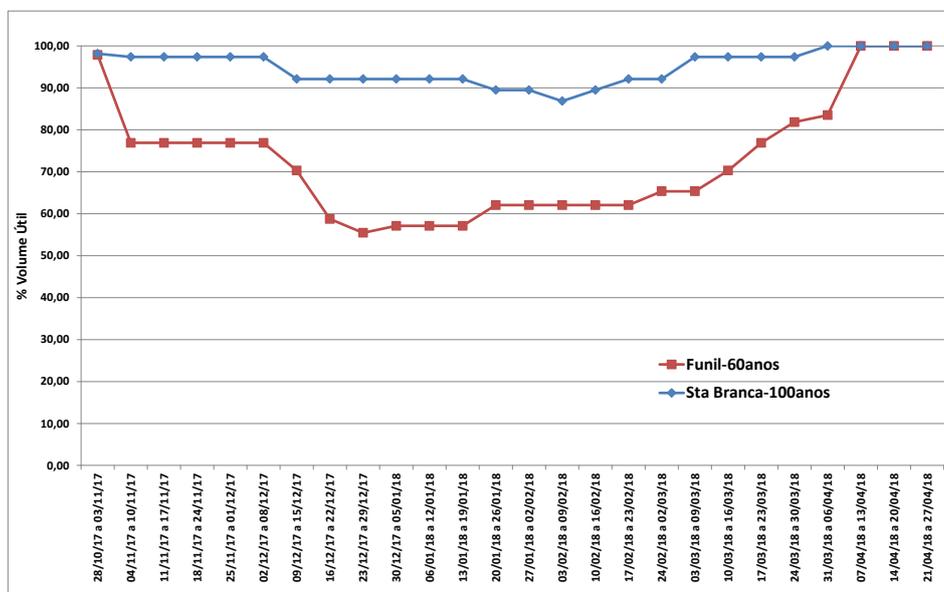
(2) Valor máximo condicionado à incremental devido à restrição de 340 m³/s na cidade de Jacareí. Para cálculo de volume de espera utiliza-se 300 m³/s como restrição condicionada em Guararema.

(3) Valor condicionado às restrições nas cidades de Resende, Barra Mansa e Volta Redonda (850, 800 e 880 m³/s respectivamente).

A vazão turbinada considerada na simulação da operação das UHEs Paraibuna e Jaguari foram 10 m³/s e 4 m³/s, respectivamente. As defluências definidas na simulação da operação das UHEs Paraibuna e Jaguari foram adicionadas às vazões sintéticas incrementais afluentes as UHEs Santa Branca e Funil, resultando em uma nova série sintética de vazões afluentes a estas UHEs. O cálculo dos volumes de espera para proteção dos pontos de controle Guararema/Jacareí e Resende/Barra Mansa/Volta Redonda considerou o sistema de controle de cheias integrado apresentado na Figura 4, composto por dois reservatórios e dois pontos de controle de cheias, que foi decomposto em três sistemas parciais: {4}, {3} e {4, 3}. O tempo de retorno (TR) adotado foi de 100 anos para Guararema/Jacareí e 60 anos para Resende/Barra Mansa/Volta Redonda. Foi então utilizado o programa CAEV para a obtenção das envoltórias dos volumes de espera para os três sistemas parciais e o VESPOT para obtenção

das curvas de volume de espera por reservatório, apresentadas na Figura 5, onde se verifica que a necessidade de alocação de volume de espera para o reservatório de Santa Branca é pequena e se concentra no meio da estação chuvosa. O reservatório de Funil necessita de alocação de volume de espera mais significativo a partir da semana 6, com máximo de volume alocado próximo de 45% de seu volume útil.

Figura 5: Curvas de volume de espera dos reservatórios de Santa Branca e Funil.



CONCLUSÕES

Devido a adaptação da metodologia de cálculo de volume de espera para reservatórios sem controle de defluências, atualmente, o sistema SPEC pode ser utilizado em todas as bacias do SIN, tendo vantagens em relação à adoção do método da Curva Volume-Duração, possibilitando uma melhor consideração das incertezas das afluições (por meio da utilização de séries sintéticas), um melhor aproveitamento dos volumes dos reservatórios para os controle de cheias, uma vez que permite considerar os efeitos sinérgicos entre os reservatórios da bacia e a alocação sazonal dos volumes de espera ao longo da estação chuvosa, buscando minimizar o conflito com a geração de energia elétrica. Além disto, a aplicação da metodologia SPEC permite um maior conforto na escolha do TR e conseqüentemente dos riscos associados, uma vez que tem como base resultados teóricos das Condições de Controlabilidade validados por simulações.

Apesar da adaptação na metodologia de cálculo de volume de espera, que permite a consideração de reservatórios sem controle de defluências, ter sido desenvolvida para a bacia do Rio Paraíba do Sul, ela pode ser utilizada em outras bacias com reservatórios na mesma situação.

A metodologia apresentada neste artigo, que amplia o uso do sistema SPEC, é mais um passo no aprimoramento das metodologias para os Estudos de Prevenção de Cheias em sistemas hidroelétricos. Entretanto, vale ressaltar que a qualidade das séries históricas de vazões afluentes aos aproveitamentos é fundamental para garantir resultados confiáveis e um planejamento seguro, e por isto deve-se buscar o seu contínuo aprimoramento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COSTA, F.S., DAMÁZIO, J.M., NEVES, F.P., GHIRARDI, A.O., ROCHA, V.F. Sistema SPEC – Sistema para Estudos de Prevenção de Cheias em Sistemas Hidroelétricos. In *Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, Belo Horizonte, MG, Brasil, Nov. 1999.

COSTA, F.S., DAMÁZIO, J.M., KYRILLOS, D.S., ROCHA, V.F., GHIRARDI, A.O., DANTAS, H.M.G. Programação da Operação de Sistemas Hidroelétricos em Situação de Controle de Cheias Usando Técnicas de



- Programação Linear – Modelo OPCHEND. In *Anais do XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, Curitiba, PR, Brasil, Nov. 2003.
- COSTA, F.S., DAMÁZIO, J.M., KYRILLOS, D.S., ROCHA, V.F., GHIRARDI, A.O., DANTAS, H.M.G. Programação da Operação de Controle de Cheias Em Reservatórios de Sistemas Hidroelétricos - Modelo OPCHEND. In *Anais do XXI Congresso Latinoamericano de Hidráulica*, São Pedro, SP, Brasil, Out. 2004
- COSTA, F.S., RAUPP, I.P., DAMÁZIO, J.M., OLIVEIRA, P.D., GUILHON, L.G. Relaxamento de Restrições de Volumes de Espera na Operação de Controle de Cheias – Estudo de Caso Estação Chuvosa de 2006/2007 na Bacia do Rio Paraná. In *Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, Maceió, Nov. 2011.
- DAMÁZIO, J.M., MARIEN, I., COSTA, F.S. Building Flood Control Rule Curves for Multipurpose Multireservoir System Using Controllability Condition. *Water Resources Research*, vol.30, no. 4, pp.1135-1144, 1994
- GTHO. *Programa ARISCO - Avaliação do Risco na Operação de Controle de Cheias - Bacia do Rio Paraná*. Relatório Técnico, Rio de Janeiro, Brasil, 1996.
- HENANDEZ, V. Propagação de Enchentes em Reservatórios – Método Direto. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos – RBRH*, vol. 12, n.2, p.p. 115-122, 2007.
- KELMAN, J., DAMÁZIO, J.M., COSTA, J.P. Geração de Séries Sintéticas de Vazões Diárias – Modelo Diana. *Revista Brasileira de Engenharia*, Vol.1, Nº 2, Pp. 5-22, 1983.
- ONS *Sistema para Cálculo de Volumes de Espera para a Bacia do Rio Paraíba do Sul – SIP - Manual do Usuário/Instalação*. Rio de Janeiro, Brasil, 2003.
- ONS *Plano Anual de Prevenção de Cheias (Ciclo 2012-2013)*. Relatório Técnico, Rio de Janeiro, Brasil, 2012.
- ONS *Plano Anual de Prevenção de Cheias (Ciclo 2017-2018)*. Relatório Técnico, Rio de Janeiro, Brasil, 2017.
- RAUPP, I.P., COSTA, F.S., DAMÁZIO, J.M. Modelo OPCHEN – Ferramenta para Operação de Controle de Cheias em Sistemas Hidroelétricos. In *Anais do XXV Congresso Latino Americano de Hidráulica*, San José, Costa Rica, Set. 2012.