

Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - CEPEL

Relatório Técnico



Nº/Ano: 18918/2016 **Nº de Páginas:** 8 **Nº de Anexos:** -

Título: PAVES - Programa de Acompanhamento Semanal dos Volumes de Espera - Manual de Metodologia

Departamento ou Divisão: Departamento de Otimização Energética e Meio Ambiente - DEA

Área de Responsabilidade: B200 **Conta de Apropriação:** 1328

Cliente:
Centrais Elétricas Brasileiras S/A - Eletrobras
Av. Presidente Vargas, 409 - 12º andar
20071-003 - Rio de Janeiro/RJ

Equipe de Acompanhamento:
Marcelo Jaques Martins - Eletrobras
Thiago de Franca Trevisan - Eletrobras

Atenção: Sr. Egidio Schoenberger

Atualizado para a versão PAVES 1.0.1

Resumo:
Este relatório descreve as principais características metodológicas do Programa PAVES.

Autores:
Jorge Machado Damázio - Cepel
Fernanda da Serra Costa - Cepel
Igor Pinheiro Raupp - Cepel
Priscilla Dafne Shu Chan - Cepel

Palavras-Chave:
Controle de cheias, Modelo Computacional, Volume de Espera

Classificação: CONTROLADO

Gerente de Projeto
Jorge Machado Damázio

Tel.: 21-2598-6086 **Fax:** 21-2598-6482
E-mail: damazio@cepel.br

Chefe do Departamento DEA
Maria Elvira Piñeiro Maceira

Tel.: 21-2598-6454 **Fax:** 21-2598-6482
E-mail: elvira@cepel.br

Aprovação

Roberto Pereira Caldas
Diretor de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação
01 / 12 / 16

Programa de Acompanhamento Semanal dos Volumes de Espera

PAVES **Versão 1.0.1**

Manual de Metodologia

Agosto 2016

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	3
2. CARACTERÍSTICAS DO MODELO.....	4
3. METODOLOGIA.....	5
4. RESULTADOS.....	7
5. REFERÊNCIAS.....	8

1. INTRODUÇÃO

A geração energética no Brasil é baseada na hidroeletricidade, que depende das alturas de queda e das aflúncias ao sistema. Devido à sazonalidade da incidência das chuvas, essa fonte utiliza reservatórios de regularização, a fim de acumular água durante o período chuvoso para ser usada para a geração de energia durante a estiagem. Com esses reservatórios, eventuais cheias que antes alagavam as planícies de inundação à jusante deixaram de acontecer, criando uma falsa sensação de segurança, o que, muitas vezes, levou à sua ocupação por atividades humanas. Com a necessidade de se proteger as próprias barragens e as regiões à jusante, surgiu a preocupação com o controle de cheias. Uma forma com a qual o Setor Elétrico pode contribuir para esse controle é disponibilizando parte do volume dos reservatórios das hidrelétricas para a retenção das cheias através da alocação de volumes de espera.

Tais volumes de espera e sua operação durante o período chuvoso são definidos durante os Estudos de Prevenção de Cheias (CEPEL, 2013; ONS, 2015), que são divididos em duas etapas: o cálculo do volume de espera e o planejamento da operação dos reservatórios das usinas hidrelétricas. Os cálculos dos volumes de espera devem ser realizados antes do período chuvoso, para que se possa fazer a alocação de volumes de espera nos reservatórios das hidrelétricas que pertencem ao controle de cheias, e esses volumes possam ser utilizados durante o período chuvoso. Nesse cálculo, a real aflúncia hidrológica é desconhecida e, portanto, o estudo é realizado com base em possíveis cenários de aflúncias.

No planejamento da operação dos reservatórios, para evitar os prejuízos de uma cheia, é importante que se faça um acompanhamento dos níveis de armazenamento e da utilização dos volumes de espera ao longo do período chuvoso. Com esse intuito, foi desenvolvido o Programa de Acompanhamento Semanal da Utilização dos Volumes de Espera – PAVES que faz tal acompanhamento, mostrando todo o histórico de resultados do período chuvoso.

2. CARACTERÍSTICAS DO MODELO

O PAVES foi desenvolvido de forma geral e, portanto, pode ser utilizado para qualquer bacia hidrográfica, cujo estudo de prevenção de cheia utiliza o modelo SPEC (CEPEL, 2013). A cada execução, o PAVES faz o acompanhamento de apenas uma semana. Para o acompanhamento ao longo do período chuvoso, é necessário rodá-lo a cada semana em ordem cronológica. Dessa maneira, o modelo pode ser utilizado tanto para uma análise de uma semana específica, quanto para o acompanhamento de todo o período chuvoso. É importante destacar que tal acompanhamento é feito em termos de sistemas parciais (conjuntos de reservatórios) e os resultados são apresentados em termos de pontos de controle (local onde existe limitação de vazão máxima ou nível).

Com base nos resultados do Programa Mensal da Operação (PMO) das usinas hidrelétricas, oriundos do modelo DECOMP (CEPEL, 2010), e do conjunto de envoltórias de volumes de espera dos sistemas parciais calculados pelo programa CAEV para até cinco diferentes tempos de retorno (CEPEL, 2013), o programa define o nível de armazenamento (em porcentagem) dos sistemas parciais na semana corrente, indicando, quando ele utiliza alguma parte do volume de espera, o quanto (também em porcentagem) é utilizado e qual a envoltória que foi invadida. Uma vez que podem existir mais de um sistema parcial para um mesmo ponto de controle e que cada um deles pode ter invadido diferentes envoltórias de volumes de espera, o programa define para cada ponto de controle qual foi a envoltória de maior severidade utilizada (ou seja, a que apresenta o menor tempo de retorno e assim, maior risco), bem como os sistemas parciais que chegaram a utilizá-la.

3. METODOLOGIA

Para o cálculo dos níveis de armazenamento dos sistemas parciais, são utilizados os dados da capacidade de armazenamento, em km³, de cada reservatório que compõe o sistema parcial e o seu percentual de utilização na semana corrente, em porcentagem. O primeiro dado é fixo para cada bacia ao longo da estação chuvosa e é obtido no arquivo de descrição do sistema (*.SIS). O segundo dado, variável ao longo da estação, é obtido a partir do relatório de saída do modelo DECOMP, chamado SUMARIO. A cada semana é feita uma nova revisão do PMO e, com isso, gerado um novo arquivo SUMARIO com os valores atualizados dos níveis de armazenamento dos reservatórios.

O nível de armazenamento de um dado sistema parcial, em km³, numa dada semana é obtido pela Equação (3.1), enquanto a sua capacidade total de armazenamento, em km³, é obtida pela Equação (3.2).

$$\text{Nível}_{sp} (\text{km}^3) = \sum_{i=1}^{n_r} \left(\frac{\text{PVA}(i) \cdot K(i)}{100} \right) \quad (3.1)$$

$$K_{sp} (\text{km}^3) = \sum_{i=1}^{n_r} K(i) \quad (3.2)$$

Onde:

- Nível_{SP} = nível de armazenamento do sistema parcial na semana, dado em km³;
- K_{sp} = capacidade total de armazenamento do sistema parcial, dado em km³;
- PVA(i) = percentual de utilização do i-ésimo reservatório na semana;
- K(i) = capacidade de armazenamento do i-ésimo reservatório, dado em km³;
- n_r = número de reservatórios que pertencem ao sistema parcial.

O nível de armazenamento, em porcentagem, de um determinado sistema parcial para uma determinada semana é definido pela Equação (3.3):

$$\text{Nível}(\%) = \left(\frac{\text{Nível}_{sp}}{K_{sp}} \right) * 100 \quad (3.3)$$

Onde:

- Nível = nível de armazenamento do sistema parcial na semana, dado em porcentagem;
- Nível_{SP} = nível de armazenamento do sistema parcial na semana, dado em km³;
- K_{sp} = capacidade total de armazenamento do sistema parcial, dado em km³.

A verificação de utilização de volume de espera é feita comparando-se o valor do volume vazio no sistema parcial com o valor da envoltória de planejamento (de maior tempo de recorrência e, conseqüentemente, de menor risco) para esse mesmo sistema parcial na semana em análise. Uma vez concluído que é utilizado parte do volume de espera, esse percentual de utilização é dado pela Equação (3.4). Em caso de não utilização do volume de espera, o programa assume um valor nulo.

$$PVE(\%) = \left[\frac{ENV_{(sp,semana)} - (K_{sp} - Nível_{sp})}{ENV_{(sp,semana)}} \right] * 100 ; PVE \geq 0 \quad (3.4)$$

Onde:

PVE = percentual de utilização do volume de espera;
ENV_(SP,semana) = valor da envoltória para o sistema parcial na semana em análise.

Sendo concluído que há a utilização de volume de espera (PVE > 0%) na semana corrente e dispondo dos demais valores de volumes de espera (cada valor representando uma envoltória do conjunto de envoltórias, definido na primeira etapa do Estudo de Prevenção de Cheias) para o sistema parcial em análise, o programa define qual foi a envoltória de maior severidade (de menor tempo de retorno) utilizada. Para o caso de se considerar um conjunto de 5 envoltórias, o PAVES assumirá risco 1 para o sistema parcial que estiver utilizando os volumes de espera relacionados à envoltória de planejamento (primeiro conjunto de envoltória) e assumirá risco 5 quando os volumes utilizados pertencerem à envoltória com menor tempo de retorno. O processo descrito acima é realizado para todos os sistemas parciais da bacia.

4. RESULTADOS

Este relatório técnico descreve a metodologia adotada no modelo PAVES (Programa de Acompanhamento Semanal dos Volumes de Espera). O modelo permitirá o acompanhamento da utilização dos volumes de espera de usinas hidrelétricas do SIN.

Em seu arquivo de saída com extensão *.PVE, o modelo apresenta através de pontos de controle e dos sistemas parciais pertencentes a cada um deles, a porcentagem de utilização dos volumes de espera de todos os sistemas parciais pertencentes à bacia estudada, qual foi a envoltória de maior severidade utilizada (a de menor tempo de recorrência e de maior risco) e quais foram os sistemas parciais que a utilizaram. Além disso, o programa apresenta o maior sistema parcial (o que apresenta um maior número de reservatórios) que utilizou a envoltória de maior severidade para cada ponto de controle. Esses resultados serão apresentados de forma cronológica, exibindo um histórico do período corrente.

Em seu arquivo de saída com extensão *.NIV, o modelo apresenta através de pontos de controle e dos sistemas parciais pertencentes a cada um deles, a porcentagem do nível de armazenamento de todos os sistemas parciais pertencentes à bacia estudada.

Os arquivos de saída com extensão *.EXL servem para facilitar a montagem de gráficos em planilhas Excel, apresentando todas as informações até a presente semana somente com números. A quantidade de arquivos com essa extensão varia de acordo com o número de envoltórias utilizadas, podendo chegar a cinco. Além dos arquivos referentes aos relatórios PVE, NIV e ao conjunto de envoltórias, existe o arquivo GRF.EXL, que apresenta, somente para a semana atual, os sistemas parciais mais relevantes (os com maior número de reservatórios por ponto de controle e os que utilizaram a envoltória mais severa). As informações exibidas, desde a primeira semana até a semana corrente, são: os valores de todas as envoltórias (até cinco), o nível de armazenamento (em porcentagem) e o percentual de volume de espera utilizado (em relação à envoltória de planejamento).

Por fim, em seu arquivo de extensão *.ERR, o modelo apresenta um relatório dos erros ocorridos durante sua execução, informando o motivo pelo qual o programa não imprimiu seus relatórios de forma correta.

5. REFERÊNCIAS

- CEPEL (2010) **Modelo DECOMP – Manual de Referência Versão 17.0**. Relatório Técnico DP/DEA – 38390/10. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- CEPEL (2013) **SISTEMA SPEC - Sistema para Estudos de Prevenção de Cheias – DIANA 5.0.4, SIMRESC 1.0, CAEV 3.9, VESPOT 4.0 e AUXARISCO 1.0.2 - Manual de Metodologia**. Relatório Técnico DP/DEA – 19708/13.
- ONS (2015) **Plano Anual de Prevenção de Cheias (Ciclo 2015-2016)**. Rio de Janeiro, RJ, Agosto.