70 – MODELO HIDROLÓGICO DE PREVISÃO DE DESCARGAS PARA AS BACIAS PCJ À JUSANTE DO SISTEMA CANTAREIRA

João Félix de Luca Lino[(1)]
Engenheiro Civil, Sanitarista e Ambiental com especialização em Recursos Hídricos pelo IFCE/ANA e mestrado em Hidráulica e Hidrologia pela UFSC. Atua no Departamento de Recursos Hídricos Metropolitanos da Sabesp. Tem experiência em monitoramento e modelagem hidrológica, projetos de esgotamento sanitário e de abastecimento de água, modelagem hidráulica e análise de transientes hidráulicos.
Carlos Toshio Wada[(2)]
Engenheiro Civil com pós-graduação em Meio Ambiente e Sociedade pela Escola de Sociologia e Política de São Paulo, atua no Departamento de Recursos Hídricos Metropolitanos da Sabesp.
Rafael Miranda[(3)]
Engenheiro Eletricista formado pela FESP, especialização em Tecnologia da Informação pela FIAP, em Gestão Pública Municipal pela UNIRIO e MBA em Gestão Empresarial na FIA. Atua no Departamento de Recursos Hídricos Metropolitanos da Sabesp.
João Rafael Bergamaschi Tercini[(4)]
Graduado em Engenharia Ambiental e mestre em Recursos Hídricos pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Atualmente é doutorando em Engenharia de Recursos Hídricos e atua como Engenheiro Ambiental da Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica. Tem experiência na área de Engenharia Ambiental, com ênfase em Recursos Hídricos e atuou principalmente com hidrologia, monitoramento de bacias hidrográficas, risco hídrico, operação de reservatórios, qualidade da água e mudanças climáticas.
Cristiano de Pádua Milagres Oliveira[(5)]
Engenheiro Civil com mestrado em Recursos Hídricos pela USP, atualmente é gerente e responsável técnico da 4 Elementos Engenharia.

Endereço[(1)]**:** Rua Nicolau Gagliardi, 313 - Pinheiros - São Paulo - SP - CEP: 05429-010 - Brasil - Tel: +55 (11) 3388-9289 - e-mail: jfllino@sabesp.com.br, joaofelixdelucalino@gmail.com.

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo mostrar a importância na utilização de modelos hidrológicos de previsão de vazões para atender às demandas contidas em outorgas de usos de água, principalmente em certos pontos denominados postos de controle, bem como para otimização de recursos hídricos em sistemas produtores de água para consumo humano. Para o Sistema Cantareira, o atendimento de vazões mínimas e médias considerados na outorga de uso de água são os postos de Atibaia e de Valinhos, na bacia hidrográfica do rio Atibaia, e o posto Buenópolis, na bacia hidrográfica do rio Jaguari. São apresentadas simulações que fazem parte do modelo hidrológico de previsão para atendimento das vazões nos postos de controle, especialmente a partir das descargas dos reservatórios Jaguari-Jacareí, Cachoeira e Atibainha. Os resultados mostram que o modelo hidrológico simula vazões para os postos de controle com alguns dias de antecedência, mesmo com a incerteza nos dados das previsões meteorológicas utilizadas, e que auxiliam os gestores de recursos hídricos a melhor tomada de decisão em relação às vazões descarregadas nas barragens.

PALAVRAS-CHAVE: Modelo Hidrológico de Previsão de Vazão, Sistema Cantareira, Bacias PCJ.

INTRODUÇÃO

A outorga de direito de uso de recursos hídricos é um dos instrumentos da Lei 9.433/97 (Política Nacional de Recursos Hídricos). O objetivo principal deste instrumento é assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos de água e o efetivo exercício dos direitos de acesso a este recurso. Segundo a mesma Lei, a outorga deve preservar o uso múltiplo de água, estar condicionada às prioridades de uso, os quais são estabelecidos nos Planos de Recursos Hídricos, com também respeitar a classe em que o corpo de água estiver enquadrado.

Para a utilização de água no Sistema Produtor Cantareira, a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, a SABESP, deve atender as condicionantes de operação contidas na outorga de uso de água conforme as Resoluções Conjuntas ANA/DAEE n° 925 e 926, ambas de 29 de maio de 2017, as quais contém

as vazões retiradas para uso da SABESP, ou seja, para consumo humano a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), como também as vazões mínimas a serem descarregadas pelas barragens e as vazões de referências nos postos de controle, as quais estão localizadas à jusante das represas deste sistema. Os fluxos e os armazenamentos de água deste sistema são mostrados na ***Figura 1***.

Segundo Resoluções ANA/DAEE n° 925 e 926/2017, a liberação de vazões para as bacias PCJ (Piracicaba, Capivari e Jundiaí) será realizada de acordo com as condições de armazenamento do Sistema Cantareira, o período hidrológico de ano (úmido: dezembro – maio; seco: junho – novembro) e as faixas estabelecidas na captação de água para consumo da RMSP. Já para o controle das vazões nas bacias PCJ, à jusante do Sistema Cantareira, ficaram definidos os postos de controle Captação-Valinhos (3D-007T), Atibaia (3E-063T), ambas no rio Atibaia, e Buenópolis (3D-009T), no rio Jaguari (***Figura 2***). Conforme Art. 2º da Resolução ANA/DAEE n° 925/2018, ficam definidos os limites para as vazões mínimas instantâneas a serem liberadas à jusante das represas:

- Paiva Castro no rio Juqueri (BH Alto Tietê): 0,10 m^3/s;
- Jaguari/Jacareí no rio Jaguari (PCJ): 0,25 m^3/s; e
- Cachoeira/Atibainha no rio Atibaia (PCJ): 0,25 m^3/s.

Já no Art. 5º são mostradas as vazões a serem liberadas para as bacias PCJ:

- Faixas 1 (Normal) e 2 (Atenção): vazões médias móveis de 15 dias consecutivos mínimas de 12,0 m^3/s no posto Captação-Valinhos, 3,0 m^3/s no posto Atibaia e 2,5 m^3/s no posto Buenópolis;
- Faixas 3 (Alerta) e 4 (Restrição): vazões médias móveis de 15 dias consecutivos mínimas de 11,0 m^3/s no posto Captação-Valinhos, 2,0 m^3/s no posto Atibaia e 2,0 m^3/s no posto Buenópolis.

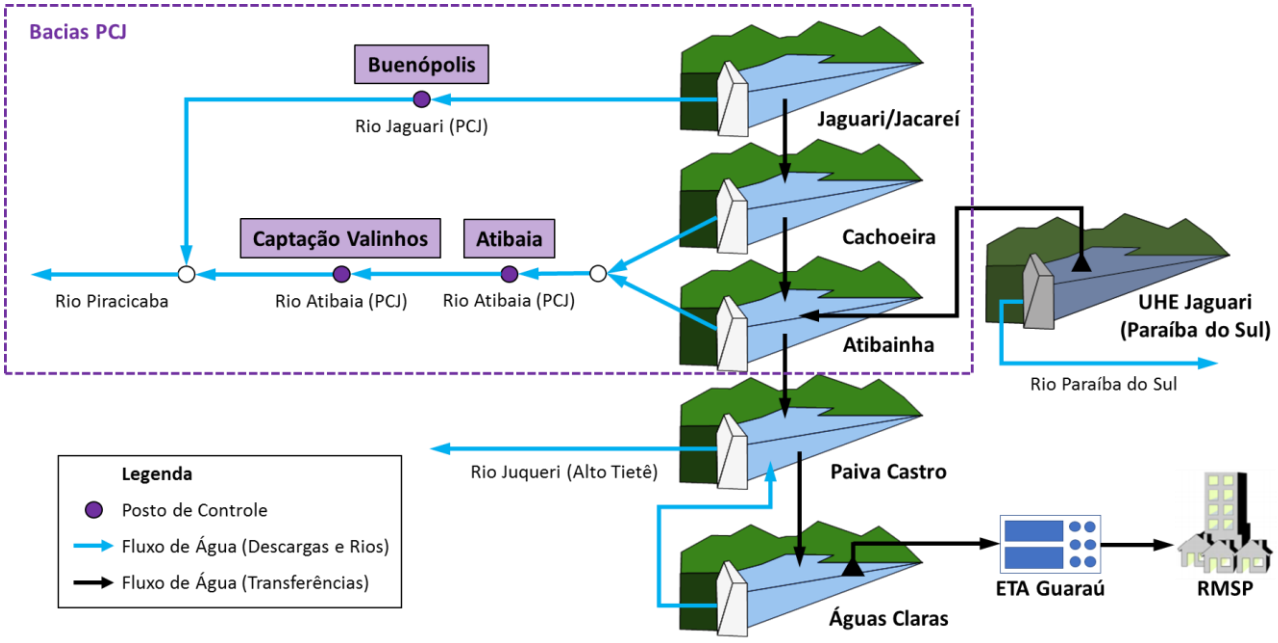


Figura 1: Croqui do Sistema Cantareira com os postos de controle, os fluxos e os armazenamentos de água.

Além disso, as vazões nos postos de controle podem sofrer variação momentânea desde que respeitada a vazão mínima média diária de 10,0 m^3/s em Valinhos, 2,0 m^3/s em Atibaia e 2,0 m^3/s em Buenópolis.

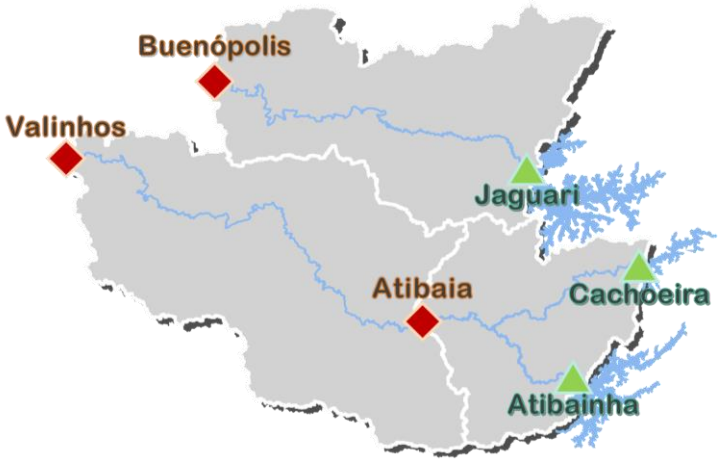


Figura 2: Pontos de descargas das represas Jaguari/Jacareí, Cachoeira e Atibainha (em verde), bacias incrementais de Buenópolis, Atibaia e Valinhos e postos de controle nas bacias PCJ (em vermelho).

MODELO HIDROLÓGICO DE PREVISÃO DE DESCARGAS

Com o objetivo de atender as vazões constantes nas Resoluções Conjuntas ANA/DAEE n° 925 e 926/2017, foram elaborados alguns modelos hidrológicos, variando entre previsões mais simplificadas (modelo paramétrico de previsão com base nas vazões observadas e translação sem abatimento) até a versão atual, que será descrito a seguir. Um breve histórico das versões do modelo é mostrado na ***Figura 3***.

A versão atual do modelo hidrológico de previsão de descargas para as bacias PCJ utiliza o modelo SMAP para a transformação precipitação-vazão e o método de *Muskingum* para a translação e o amortecimento da onda de cheia.

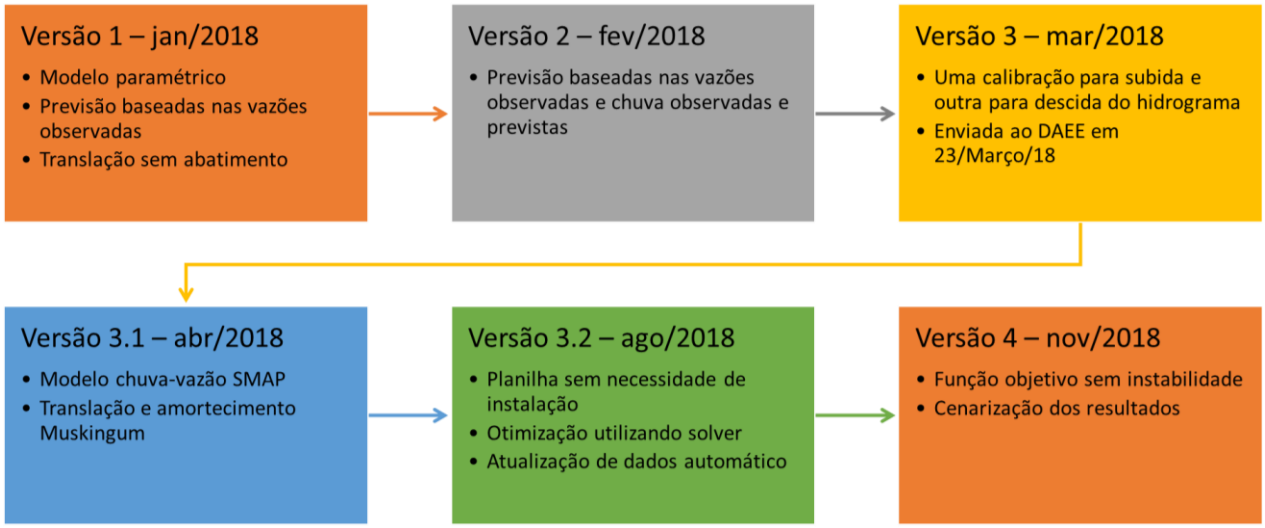


Figura 3: Histórico das versões do modelo hidrológico.

O modelo SMAP é um modelo determinístico de simulação hidrológica do tipo precipitação-vazão que foi desenvolvido por Lopes, Braga e Conejo em 1981, apresentado no *International Symposium on Rainfall-Runoff Modelling* realizado em Mississipi nos Estados Unidos e publicado pela *Water Resources Publications* em 1982. O modelo SMAP possui uma estrutura simples que utiliza a separação do escoamento baseada nos parâmetros do *US Soil Conservation Service* (SCS), porém com a diferença de poder ser utilizado para simular séries contínuas, e não somente a cheia de projeto como é realizado no modelo SCS (Tucci, 2005). Originalmente, foi desenvolvido para intervalo de tempo diário e, posteriormente, foram apresentadas as versões horária e mensal, adaptando-se algumas modificações em sua estrutura.

O modelo SMAP é constituído de três reservatórios matemáticos (***Figura 4***), cujas variáveis de estado são atualizadas a cada dia (no passo de tempo diário) conforme as seguintes fórmulas:

$$R_{SOLO\,(i+1)} = R_{SOLO\,(i)} + P + E_S - E_R - r_{ec} \qquad \text{equação (1)}$$

$$R_{SUB\,(i+1)} = R_{SUB\,(i)} + r_{ec} - E_B \qquad \text{equação (2)}$$

$$R_{SUP\,(i+1)} = R_{SUP\,(i)} + E_S - E_D \qquad \text{equação (3)}$$

onde, R_{SOLO} é o reservatório do solo (zona aerada); R_{SUP} é o reservatório da superfície da bacia; R_{SUB} é o reservatório subterrâneo (zona saturada); P é a chuva; E_S é o escoamento superficial; E_D é o escoamento direto; E_R é a evapotranspiração real; r_{ec} a recarga subterrânea; e E_B é o escoamento de base, sendo que para todos este parâmetros a unidade é milímetros (mm).

Os dados de entrada do modelo SMAP são a precipitação acumulada diária (das 7h às 7h) e a evaporação potencial total diária. Para a calibração do modelo, é necessário um período entre 30 a 90 dias de dados de vazão média mensal, incluindo eventos de cheia. O modelo hidrológico de previsão de descargas realiza auto calibração (calibração diária) para os parâmetros TU_{IN} (teor de umidade inicial do solo, adimensional), EB_{IN} (escoamento de base inicial, em mm) e ES_{IN} (escoamento superficial inicial, em mm), o qual foi adotado um período de 30 dias para essa calibração diária. Também foi realizada uma outra calibração, denominada calibração fixa para os parâmetros E_P (evapotranspiração potencial), SAT (capacidade de saturação do solo, em mm), A_I (abstração inicial de água, em mm), cap_c (capacidade de campo, em decimais), c_{rec} (recarga subterrânea, em decimais), k2t (constante de recessão do escoamento superficial, em dias) e kkt (constante de recessão do escoamento de base, em dias), ou seja, para esses parâmetros não há necessidade de auto calibração. Nesse modelo não é necessária a correção da distribuição espacial da chuva visto que a precipitação utilizada é a média especial ocorrida nas bacias incrementais de Atibaia, de Valinhos e de Buenópolis (conforme ***Figura 2***) com dados coletados a partir do radar meteorológico de São Roque, pertencente ao Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE).

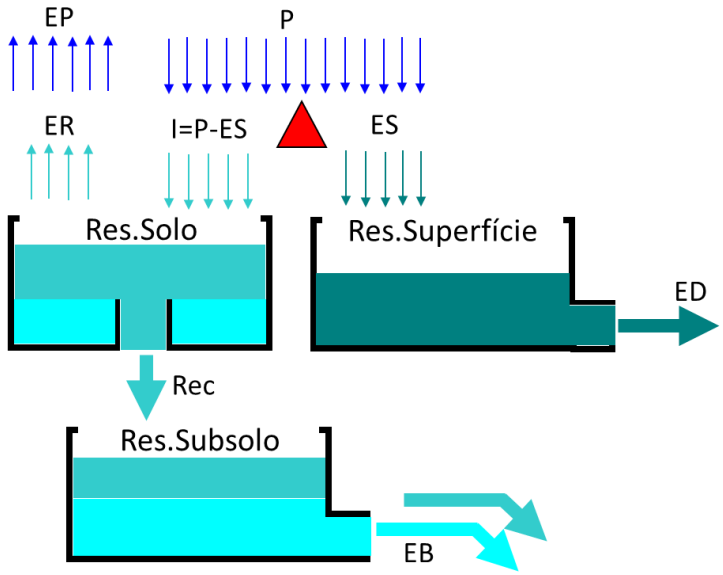


Figura 4: Representação esquemática do modelo SMAP.

A inicialização do modelo é realizada pelas seguintes equações para o cálculo dos volumes de água reservados no solo, subterrâneo (zona saturada) e superficial (da bacia hidrográfica):

$$R_{SOLO.INICIAL} = TU_{IN} \times SAT \qquad \text{equação (4)}$$

$$R_{SUB.INICIAL} = E_{B.IN}/[(1 - kk) \times A_D \times 86{,}4] \qquad \text{equação (5)}$$

$$R_{SUP.INICIAL} = E_{S.IN}/[(1-k2) \times A_D \times 86{,}4] \quad \text{equação (6)}$$

onde, TU_{IN} é o teor de umidade inicial (adimensional); $E_{B.IN}$ é a vazão de base inicial (m^3/s); $E_{S.IN}$ é a vazão superficial inicial (m^3/s); A_D é a área de drenagem da bacia hidrográfica (km^2); kk é o parâmetro de recessão do escoamento de base; k2 é o parâmetro de recessão do escoamento superficial; e SAT é a capacidade de saturação do solo (mm).

O SMAP é composto por 5 funções de transferência:

1) $\text{Se } P > A_I \rightarrow S = SAT - R_{SOLO}; \text{e } E_S = [(P-A_I)^2]/(P-A_I+S); \text{senão } E_S = 0$
2) $\text{Se } (P-E_S) > E_P \rightarrow E_R = E_P; \text{senão } E_R = (P-E_S) + \{[E_P - (P-E_S)] \times TU\}$
3) $\text{Se } R_{SOLO} > (capc \times SAT) \rightarrow r_{ec} = crec \times TU \times [R_{SOLO} - (capc \times SAT)]; \text{senão } r_{ec} = 0$
4) $E_D = R_{SUP} \times (1-k2)$
5) $E_B = R_{SUB} \times (1-kk); TU = R_{SOLO}/SAT$

onde, E_P é a evapotranspiração potencial (mm).

Os parâmetros de recessão dos escoamentos de base (kk) e superficial (k2) são calculados a partir das seguintes fórmulas:

$$kk = 0{,}5 \times (1/kkt) \quad \text{equação (7)}$$

$$k2 = 0{,}5 \times (1/k2t) \quad \text{equação (8)}$$

onde, kkt é o tempo em que a recessão do escoamento de base cai pela metade (dias); e k2t é o tempo em que a recessão do escoamento superficial cai pela metade (dias).

Os volumes em cada reservatório (R_{SOLO}, R_{SUB} e R_{SUP}) são calculados da seguinte forma:

$$R_{SOLO} = R_{SOLO.INICIAL} + P - E_S - E_R - r_{ec} \quad \text{equação (9)}$$

$$R_{SUB} = R_{SUB.INICIAL} + r_{ec} - E_B \quad \text{equação (10)}$$

$$R_{SUP} = R_{SUP.INICIAL} + E_S - E_D \quad \text{equação (11)}$$

A partir das vazões de escoamento de base (E_B) e superficial (E_S), a vazão total (Q) é calculada por:

$$Q = [(E_S + E_B) \times A_D]/86{,}4 \quad \text{equação (12)}$$

Em relação a rotina de escoamento nos rios, o modelo de previsão de descargas utiliza o método de *Muskingum*, desenvolvido por McCarthy em 1939. Esse método é classificado como do tipo armazenamento, que se baseia na equação da continuidade concentrada (equação 13) e em uma relação entre o armazenamento e a vazão de saída e de entrada do trecho, para simular o escoamento no rio ou no canal (Collischonn e Dornelles, 2013).

$$dS_t/dt = I_t - Q_t \quad \text{equação (13)}$$

Aproximando pelo método das diferenças finitas, a equação fica:

$$S_{t+\Delta t} - S_t/\Delta t = I_t - I_{t+\Delta t}/2 - Q_t - Q_{t+\Delta t}/2 \quad \text{equação (14)}$$

onde, S é o volume armazenamento no trecho; I é o hidrograma (vazão) de entrada; e Q é o hidrograma (vazão) de saída.

O método é baseado em uma relação entre a vazão e o armazenamento na qual a vazão do trecho é representada por uma ponderação entre a vazão de entrada (I) e a vazão de saída (Q).

$$S = K \times [X \times I \times (1 - X) \times Q] \quad \text{equação (15)}$$

onde, K é o tempo de trânsito do pico de cheia pelo trecho (dias); e X é um ponderador de amortecimento da onda de cheia (adimensional).

Combinando as equações 2 e 3, tem-se uma equação (equação 16) que depende somente das vazões de entrada (I), de saída (Q), do intervalo de tempo (Δt) e dos parâmetros K e X.

$$Q_{t+\Delta t} = C1 \times I_{t+\Delta t} + C2 \times I_t + C3 \times Q_t \quad \text{equação (16)}$$

onde, $Q_{t+\Delta t}$ é a vazão de saída ao final do intervalo de tempo t+Δt; Q_t é a vazão de saída no início do intervalo de tempo t; I_(t+Δt) é a vazão de entrada ao final do intervalo de tempo t+Δt; e I_t é a vazão de entrada no início do intervalo de tempo t, sendo que:

$$C1 = \frac{\Delta t - 2 \times K \times X}{2 \times K \times (1 - X) + \Delta t} \quad \text{equação (17)}$$

$$C2 = \frac{\Delta t + 2 \times K \times X}{2 \times K \times (1 - X) + \Delta t} \quad \text{equação (18)}$$

$$C3 = \frac{2 \times K \times (1 - X) - \Delta t}{2 \times K \times (1 - X) + \Delta t} \quad \text{equação (19)}$$

$$C1 + C2 + C3 = 1 \quad \text{equação (20)}$$

O modelo hidrológico de previsão de descargas também oferece a opção de simular quatro cenários diferentes, variando as vazões descarregadas nas barragens Jaguari/Jacareí, Cachoeira e Atibainha, conforme descargas: a) utilizando a definição do usuário (Livre); b) Otimizadas; c) Mínimas; e d) Constantes. O cenário de descargas otimizadas se utiliza de uma função objetivo que minimiza as vazões descarregadas nas barragens, com as limitações que não podem ser inferiores às vazões mínimas instantâneas nas barragens (Jaguari/Jacareí: 0,25 m^3/s; e Cachoeira/Atibainha: 0,25 m^3/s) e que respeitem às vazões médias móveis mínimas de 15 dias nos postos de controle (conforme faixas de operação do sistema) como também às vazões mínimas médias diárias (10,0 m^3/s em Valinhos; 2,0 m^3/s em Atibaia; e 2,0 m^3/s em Buenópolis), sendo todos esses valores de referência constantes na Resoluções ANA/DAEE n° 925/2017. A otimização das vazões descarregadas depende das variáveis de entrada (D_{OBS}, Q_{OBS}, P_{OBS}, P_{PREV}) e de decisão (D_{PREV}) e utiliza uma função objetivo (FO), mostrada a seguir.

$$FO = \min \left\{ \sum \left(Q_{PREV\,(1)} - Q_{LIM} \right)^2 + \sum \left(D_{PREV\,(1)} - D_{PREV\,(1+1)} \right)^2 \right\} \quad \text{equação (21)}$$

onde, D_{OBS} é a vazão descarregada observada; Q_{OBS} é a vazão observada nos postos de controle; P_{OBS} é a precipitação observada nas bacias incrementais; P_{PREV} é a precipitação prevista para as bacias incrementais a partir de modelos meteorológicos; e D_{PREV} é a vazão descarregada prevista nas barragens a partir do modelo hidrológico, as quais devem se sujeitas as seguintes restrições:

$$Q_{PREV} \geq Q_{LIM} \quad \text{equação (22)}$$

$$D_{PREV} \geq D_{MINIMO} \quad \text{equação (23)}$$

onde, Q_{PREV} é a vazão prevista nos postos de controle; Q_{LIM} é a vazão mínima média diária nos postos de controle; e D_{MINIMO} é a vazão descarregada mínimas nas barragens, conforme Resolução ANA/DAEE n° 925/2017.

No cenário de descargas mínimas são adotados os valores mínimos constantes na Resolução ANA/DAEE n° 925/2017 (Jaguari/Jacareí: 0,25 m^3/s; e Cachoeira/Atibainha: 0,25 m^3/s). Já o cenário de descargas constantes é simulado com valores médios realizados no fechamento do dia da própria simulação, ou seja, valores médios entre às 7h do dia anterior até às 7h do dia atual da simulação. Esse padrão de médias diárias (das 7h às 7h) também é utilizado para inclusão de todos os outros parâmetros (precipitação observada pelo radar meteorológico, previsão de chuva a partir dos modelos de previsão numérica e vazões observadas nos postos de controle).

Ao final de todo o processo de simulação, os resultados calculados pelo modelo de descargas são as vazões médias diárias previstas para os 7 dias posteriores ao dia da simulação nas barragens Jaguari/Jacareí, Cachoeira e Atibainha, ou seja, somente as pertencentes às bacias PCJ.

DADOS DE ENTRADA

Os valores de precipitação e de vazão incluídos no modelo são referentes ao período das 7h do dia i às 7h do dia i+1. As precipitações observadas nos 30 dias anteriores à data de simulação são coletadas a partir dos acumulados diários do radar meteorológico de São Roque (SAISP). Considerando a discretização espacial, esses dados já são valores médios em cada bacia incremental. Já a precipitação diária prevista é inserida manualmente com valores retirados das previsões numéricas dos modelos WRF 5km (INPE/CPTEC), com horizonte de 72h, e COSMO 7km (INMET), com horizonte de 174h.

Os valores inseridos manualmente são calculados a partir de uma média aritmética de diversos pontos dentro e fora de cada bacia incremental. Já as vazões observadas nos rios são coletadas a partir das estações fluviométricas localizadas nos mesmos pontos de controle: Captação-Valinhos (3D-007T) e Atibaia (3E-063T), ambas no rio Atibaia; e Buenópolis (3D-009T), no rio Jaguari (***Figura 2***). Em relação as vazões observadas nas descargas das barragens, esses dados são retirados do Sistema de Suporte à Decisões (SSD) da Sabesp.
As áreas de drenagem das bacias incrementais são 781 km^2 em Buenópolis, 477 km^2 em Atibaia e 1074 km^2 em Valinhos. Os valores dos parâmetros calibrados e utilizados igualmente em todos os dias simulados pelo modelo SMAP são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1: Valores dos parâmetros calculados na calibração fixa do modelo SMAP.

BACIA INCREMENTAL	E_P	SAT	A_I	Capc	Crec	K2t	kkt
Buenópolis	2,4 mm	100 mm	2,5 mm	0,4	0,1	4 dias	80 dias
Atibaia	2,4 mm	100 mm	2,5 mm	0,5	0,1	3 dias	40 dias
Valinhos	2,4 mm	100 mm	2,5 mm	0,4	0,1	5 dias	55 dias

Para a rotina de cálculos utilizada pelo método de *Muskingum* (escoamentos nos trechos dos rios Jaguari e Atibaia), os valores calibrados e adotados para as simulações estão mostrados na Tabela 2.

Tabela 2: Valores dos parâmetros calculados na calibração fixa do modelo SMAP.

Intervalo de Tempo (Δt)	Ponderador de amortecimento da onda de cheia (X)	Tempo de Trânsito do pico de cheia pelo trecho (K)			
		Jaguari p/ Buenópolis	Cachoeira p/ Atibaia	Atibainha p/ Atibaia	Atibaia p/ Valinhos
1 dia	0,3	4,2 dias	2,6 dias	4,9 dias	3,5 dias

RESULTADOS

Os resultados apresentados mostram a simulação realizada no dia 16/12/2018, considerando os seguintes cenários: a) livre (Jaguari, J = 0,25 m^3/s, Cachoeira e Atibainha, C+A = 8,0 m^3/s); b) otimizadas (J = 0,25 m^3/s, C+A = 3,41 m^3/s); c) mínimas (J = 0,25 m^3/s, C+A = 0,25 m^3/s); e d) constantes (J = 0,5 m^3/s, C+A = 4,0 m^3/s).

Os gráficos a seguir mostram as precipitações e as vazões observadas e previstas nos pontos de Atibaia e Valinhos.

A partir dos resultados (***Figuras 5*** e ***6***), percebe-se que as vazões previstas nos diversos cenários (Livre: lilás; Otimizada: verde; Mínima: laranja; e Constante: azul) conseguiram ser reproduzidas pelos métodos utilizados a partir rotinas simuladas pelos modelos SMAP e *Muskingum* no modelo hidrológico de descargas.

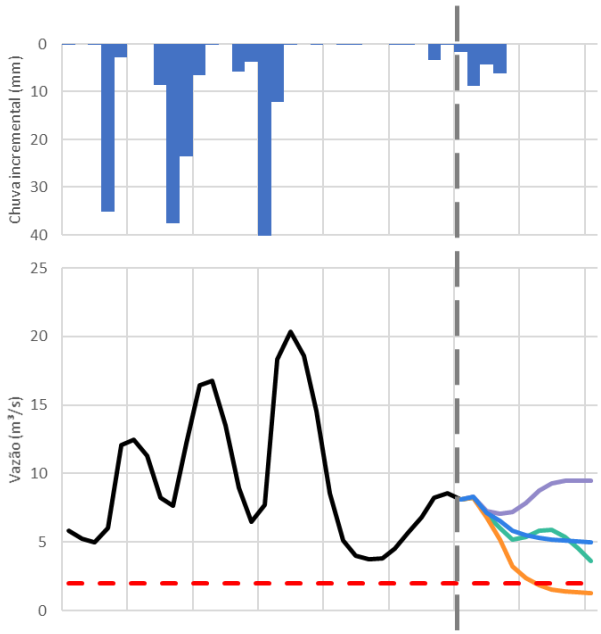


Figura 5: Precipitação e vazão (observadas e previstas) no posto de controle Atibaia.

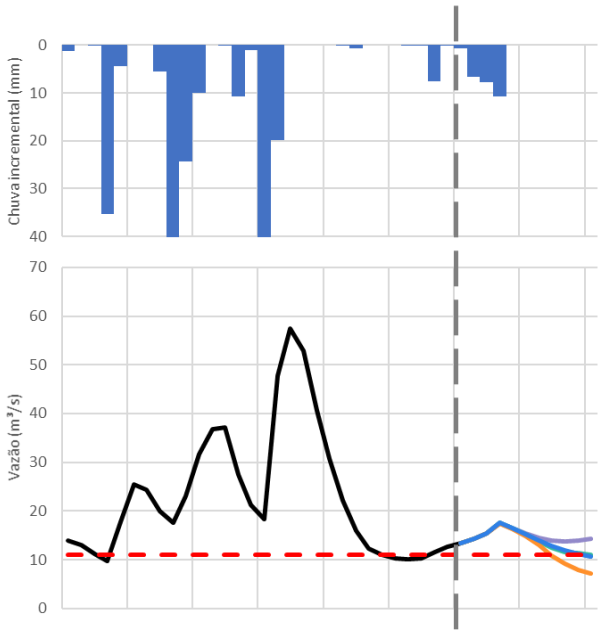


Figura 6: Precipitação e vazão (observadas e previstas) no posto de controle Valinhos.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A partir dos resultados percebe-se a importância da utilização de modelos hidrológicos de previsão de vazões para a gestão otimizada de recursos hídricos. Com o conhecimento técnico antecipado sobre os fluxos de água nas bacias hidrográficas, os gestores possuem maiores subsídios que podem auxiliar na busca pelas melhores decisões.

A acurácia do modelo de previsão de vazões está intimamente ligada às incertezas das previsões meteorológicas, visto que qualquer discrepância na entrada de dados de precipitação prevista influirá nos valores previstos de vazão. O modelo hidrológico simula 4 cenários a partir dos dados de entrada da previsão de chuvas de apenas um modelo meteorológico. Ou seja, com a utilização mais de um modelo meteorológico (Cosmo/INMET, WRF/CPTEC etc.), crescem exponencialmente os cenários para análise e tomada de decisão. Para melhoria do modelo hidrológico, uma das recomendações é a inclusão automática de dados de precipitação prevista a partir dos modelos meteorológicos disponíveis, o que traria maior confiabilidade no cálculo da precipitação média espacial nas bacias incrementais, visto que hoje a inclusão é realizada manualmente a partir da média aritmética de alguns pontos específicos nestas bacias hidrográficas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Collischonn, W; Dornelles, F. Hidrologia para Engenharia e Ciências Ambientais. Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH), 336p. (Coleção ABRH). 2013.
2. Tucci, C. E. M. Modelos Hidrológicos. Editora UFRGS, 678p. 2005.