

XXIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

PREVISÃO DE VAZÕES DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TOCANTINS UTILIZANDO O MODELO FÍSICO SMAP/ONS

Alessandra Maciel¹; Rogério Saturnino^{1a}; Felipe Treistman^{1b}; Hugo Torraca^{1c}; Hélio Camargo^{1d}

INTRODUÇÃO

O parque gerador de energia elétrica brasileiro, no âmbito do Sistema Interligado Nacional SIN, é predominantemente de base hidroelétrica. Em razão desta característica, o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) utiliza e elabora periodicamente previsões de vazões naturais para os locais de aproveitamentos hidroelétricos do Sistema Interligado Nacional – SIN situados nos seus quatro subsistemas, Sudeste/Centro-Oeste, Sul, Nordeste e Norte. Essas previsões têm o objetivo de subsidiar a tomada de decisões para o planejamento e a programação da operação eletroenergética, no âmbito do Programa Mensal de Operação – PMO e de suas revisões semanais, bem como o de promover o despacho centralizado das usinas de forma otimizada.

Para melhor atender a demanda por previsões cada vez mais acuradas, o ONS tem buscado, ao longo do tempo, melhorar continuamente a qualidade das previsões, com a adoção de aprimoramentos diversos e desenvolvimento de novas metodologias e sistemas computacionais para a previsão de vazões. Em janeiro de 2006, o ONS iniciou o uso de modelos que incorporam informações de precipitação observada e prevista ao processo de previsão de vazões, em substituição aos modelos puramente estocásticos, na primeira semana do horizonte de previsão. O modelo hidrológico SMAP/ONS, já vem sendo utilizado para as previsões de vazões da primeira semana operativa, com condições de fronteira de modelos atmosféricos, nas bacias dos rios Tocantins, Paranaíba, Paraná, Paranapanema, Grande, Tietê, Iguaçu, Uruguai, Jacuí, Capivari, Itajaí e parte das bacias dos rios Madeira e São Francisco. Para a segunda semana do horizonte de previsão, todas as previsões são realizadas utilizando o modelo estocástico PREVIVAZ, com exceção da bacia do São Francisco que utiliza o modelo CPINS também na segunda semana no trecho incremental entre a UHE Três Marias/Queimado e a UHE Sobradinho. Para as terceiras e quartas semanas, o modelo PREVIVAZ é utilizado em todas as bacias do SIN. Até o final de 2021, grande parte as bacias restantes do SIN terão a calibração e implementação do SMAP/ONS concluída.

Este trabalho tem o objetivo de apresentar uma análise comparativa do desempenho das previsões de vazão à bacia hidrográfica do rio Tocantins para os horizontes de uma e duas semanas à frente considerando o modelo físico SMAP/ONS e o modelo estocástico PREVIVAZ para o período de maio de 2017 a junho de 2020.

ÁREA DE ESTUDO

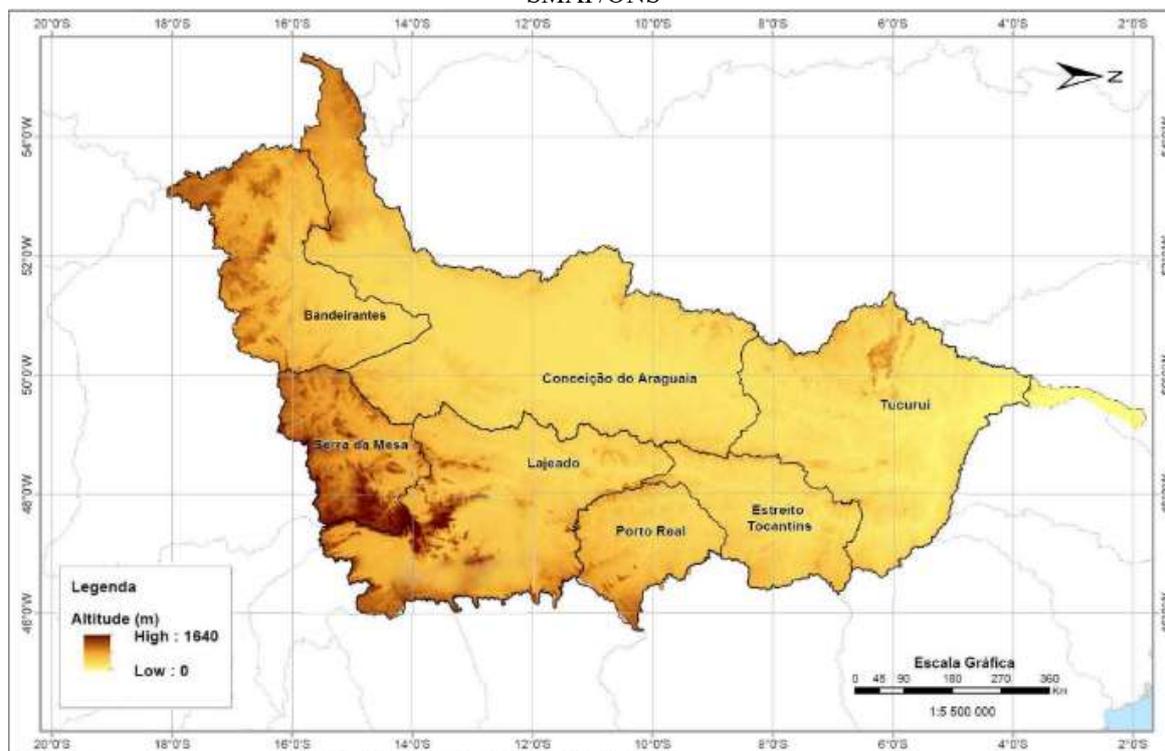
A bacia hidrográfica do rio Tocantins tem uma área de drenagem total de 757.577 km² e sua calibração foi dividida em oito sub-bacias, quais sejam: Serra da Mesa, Lajeado, Porto Real, Estreito-Tocantins, Tucuruí, Bandeirantes e Conceição do Araguaia. A Tabela 1 mostra a área de drenagem de cada sub-bacia e a Figura 1 a sua localização com indicação da topografia.

¹ Afiliação: Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS). Rua Júlio do Carmo, 251 – Centro, Rio de Janeiro, RJ.
E-mails: (1) alessandram@ons.org.br, (1a) rogeriobraga@ons.org.br, (1b) felipe.treistman@ons.org.br (1c), hugotorraca@ons.org.br (1d) hcamargo@ons.org.br

Tabela 1 – Sub-bacias utilizadas na calibração do SMAP/ONS com indicação da sua área de drenagem

Sub-bacia/área	Serra da Mesa	Lajeado	Porto Real	Estreito Tocantins	Tucuruí	Bandeirante	Conceição do Araguaia
Área (km ²)	51.223	132.485	44.222	57.551	146.652	92.300	233.134

Figura 1 – Bacia hidrográfica do rio Tocantins com indicação das sub-bacias utilizadas na calibração do modelo SMAP/ONS



METODOLOGIA

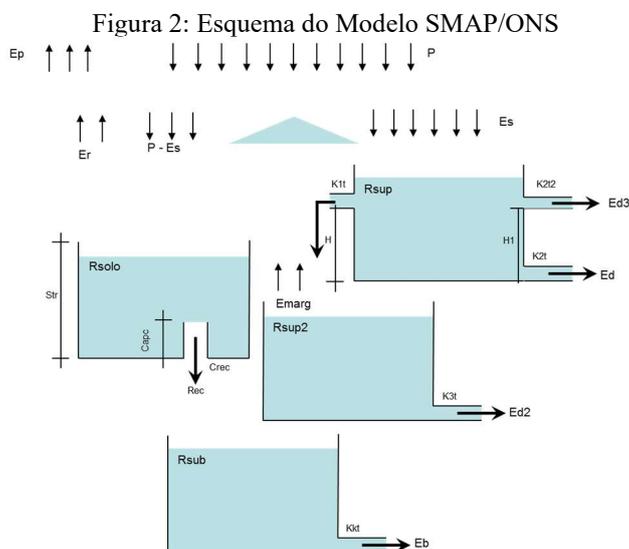
A seguir apresenta-se uma descrição sucinta do modelo SMAP/ONS e PREVIVAZ, bem como os dados de entrada utilizados na calibração do modelo e processo de previsão de vazões, quais sejam: vazão observada, precipitação observada e prevista.

Descrição do modelo SMAP/NOS

O modelo conceitual de simulação hidrológica SMAP, do tipo transformação chuva-vazão, foi desenvolvido por Lopes, J.E.G., Braga, B.P.F. e Conejo, J.G.L, em 1981. Sua criação foi baseada na aplicação do modelo *Stanford Watershed IV* e do modelo Mero pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE). O modelo SMAP, em sua versão original é constituído por três reservatórios lineares hipotéticos representando: o reservatório do solo (*R_{solo}*); o reservatório da superfície (*R_{sup}*), correspondente ao escoamento superficial da bacia; e o reservatório subterrâneo (*R_{sub}*), correspondente ao escoamento subterrâneo da bacia (escoamento de base).

Visando uma melhor adaptação às características específicas de diversas bacias, o modelo diário SMAP/ONS utilizado (Figura 2) possui alguns aprimoramentos metodológicos e diferenças de aplicação do original, a saber: i) uso de coeficientes de representação temporal da precipitação; ii) uso de coeficientes de ajuste da precipitação e da evapotranspiração potencial; iii) criação de um quarto reservatório (reservatório de planície); iv) possibilidade de utilização de até dois coeficientes de recessão do reservatório de escoamento superficial; e v) processo de assimilação de dados e

otimização, de forma que, em sua fase operacional, o modelo possa corrigir suas variáveis de estado com o objetivo de diminuir o desvio entre as vazões calculadas e observadas em um período anterior ao dia da previsão.



Dados de entrada

Os dados de entrada do modelo no modo operacional são os totais diários de precipitação previstos e observados, os totais climatológicos diários de evapotranspiração potencial ($Ep(t)$) e as vazões médias diárias observadas ($Qobs(t)$) no período de assimilação de dados. Para a precipitação observada, o modelo calcula um total diário de precipitação média na bacia ($Pb(t)$) ponderando o peso de cada estação pluviométrica a partir da seguinte expressão:

$$Pb(t) = P1(t) * ke_1 + P2(t) * ke_2 + P3(t) * ke_3 + \dots + Pn(t) * ke_n \quad (\text{Eq.1})$$

Considerando

$$ke_1 + ke_2 + ke_3 + \dots + ke_n = 1 \quad (\text{Eq.2})$$

Onde:

$Pb(t)$: precipitação média na bacia, no instante de tempo t (mm).

$P1(t)$; $P2(t)$; ...; $Pn(t)$: precipitação observada nos postos pluviométricos considerados na bacia, no instante de tempo t (mm).

ke_1 ; ke_2 ; ...; ke_n : coeficientes de representação espacial de cada posto pluviométrico.

No caso da precipitação prevista, o valor de $Pb(t)$ é considerado como a média aritmética dos valores previstos nos pontos de grade do modelo de previsão de precipitação representativos da bacia. Após isso o programa computacional calcula a precipitação considerada como representativa do dia t ($Pd(t)$) sendo ela composta por uma ponderação de Pbs de diferentes tempos (Eq.3).

$$Pd(t) = Pb(t-n) * kt_{(-n)} + Pb(t-n+1) * kt_{(-n+1)} + \dots + Pb(t) * kt_{(0)} + Pb(t+1) * kt_{(+1)} + Pb(t+2) * kt_{(+2)} \quad (\text{Eq.3})$$

Onde:

$Pd(t)$: precipitação representativa do instante de tempo t (mm).

$kt_{(-n)}$; $kt_{(-n+1)}$; $kt_{(0)}$; $kt_{(+1)}$; $kt_{(+2)}$: coeficientes de representação temporal

Essa consideração é necessária devido aos seguintes motivos:

- Em bacias com maiores tempos de concentração pode haver uma defasagem temporal entre os picos de precipitação e de vazão.

- O modelo, em sua concepção, produz uma defasagem temporal de um dia, uma vez que para evitar referências circulares, os escoamentos são calculados com o estado dos reservatórios do estágio de tempo anterior.
- Em geral, as medidas de precipitação nos postos pluviométricos são realizadas às 7h, ou seja, a maior parte da precipitação ocorrida no dia t só é medida e computada no dia $t+1$. Dessa forma, principalmente em bacias com tempo de concentração relativamente pequeno, a vazão média do dia t pode ser influenciada pela precipitação medida no dia $t+1$.

Por fim, o valor de $Pd_{(t)}$ é multiplicado pelo fator $Pcof$, que ajusta o volume de precipitação na bacia para garantir o equilíbrio hídrico da bacia (Eq.4).

$$P_{(t)} = Pd_{(t)} * Pcof \quad (Eq.4)$$

Onde:

$P_{(t)}$: precipitação média na bacia, a ser considerada pelo modelo no instante de tempo t (mm).

$Pcof$: coeficiente de ajuste da precipitação

A evapotranspiração potencial fornecida ($Epf(t)$) muitas vezes é estimada a partir de equações empíricas ou medidas em locais distantes e ajustadas para a bacia de interesse. Dessa forma, também com vistas à garantia do balanço hídrico da bacia, é necessário ajustar a evapotranspiração potencial ($Ep_{(t)}$) com as seguintes equações:

$$Ep_{(t)} = Epf_{(t)} * Ecof \quad (Eq.5)$$

$$Emarg_{(t)} = Epf_{(t)} * Ecof2 \quad (Eq.6)$$

onde:

$Ep_{(t)}$: evapotranspiração potencial (mm).

$Epf_{(t)}$: evapotranspiração potencial diária estimada para a bacia (mm)

$Ecof$: coeficiente de ajuste da evapotranspiração potencial média da bacia.

$Emarg_{(t)}$: evaporação da planície de inundação (mm)

$Ecof2$: coeficiente de ajuste da evapotranspiração potencial média da planície de inundação.

As equações de transferência, bem como os parâmetros de calibração de cada sub-bacias estão disponíveis em ONS (2018). Para um modelo conceitual de previsão hidrológica realizar uma previsão é importante que o modelo execute uma etapa anterior chamada assimilação de dados. Nessa etapa, o modelo recebe dados de tempos anteriores ao da previsão para estimar as condições da bacia e, se necessário, corrigir suas variáveis de estado com o objetivo de diminuir o desvio entre as vazões calculadas pelo modelo e as observadas. No modelo SMAP/ONS essa correção das condições da bacia é realizada utilizando um algoritmo de otimização heurística bioinspirada na ecolocalização de morcegos (*Bat Algorithm*). Esse algoritmo ajusta, dentro de uma faixa estabelecida, os valores iniciais de escoamento de base ($Ebin$) e escoamento superficial ($Supin$), além da precipitação observada ($P(t)$) de acordo com limites estabelecidos. Maiores informações sobre este processo podem ser encontradas no Manual de Metodologia do Aplicativo SMAP/ONS.

Dados utilizados na calibração do SMAP/NOS

Foram utilizados os dados diários de vazão observada (afluente ou incremental) de cada sub-bacia, bem como os dados de precipitação observada dos postos existentes na bacia. Os dados de precipitação observada foram obtidos do Hidroweb e utilizados após processo de consistência. Foram utilizados os dados mensais de evapotranspiração potencial, cujos valores são iguais para o mesmo mês de anos distintos.

Dados utilizados na comparação do desempenho do SMAP/ONS x PREVIVAZ

a) Dados de vazão

Em ambos os modelos foram utilizadas as vazões naturais do período de 01/05/2017 a 01/06/2020. A metodologia de reconstituição e tratamento das séries de vazões naturais está descrita em ONS NT 0144-2018.

b) Dados de precipitação observada

Foram utilizados os dados de precipitação do produto MERGE/CPTEC, técnica que combina a estimativa da precipitação de satélite oriunda da missão *Global Precipitation Measurement* (GPM) com informações de precipitação observada em estações de superfície. Desde julho/2008, o produto MERGE vem sendo utilizado para validação de todos os modelos operacionais do CPTEC/INPE. A base da missão GPM é o satélite Observatório Central fornecido pela Agência Espacial Americana e Japonesa, a NASA (*National Aeronautics Space Administration*) e JAXA (*Japan Aerospace Exploration Agency*). Os dados coletados do satélite Core servem como um padrão de referência que unifica as medições de precipitação de satélites operacionais e de pesquisa lançados por um consórcio de parceiros GPM nos Estados Unidos, Japão, França, Índia e Europa. A constelação de satélites GPM pode observar a precipitação em todo o globo a cada 2-3 horas. O GPM tem mostrado bons resultados ao estimar a precipitação ao redor do globo através do IMERG (*Intercalibrated MERGED Retrievals for GPM*), produto da missão que obtém dados de vários satélites mesclados.

c) Dados de precipitação prevista

Para que modelagens do tipo chuva-vazão produzam previsões de vazões mais próximas às verificadas é imprescindível que os dados de vazões e chuva verificados, bem como a previsão de chuva, tenham boa qualidade. Os modelos atmosféricos podem apresentar erros sistemáticos na variável prevista, devido à incerteza e simplificações físicas adotadas. Especialmente, em modelagem hidrológica no acoplamento unidirecional com o modelo atmosférico esses erros precisam ser analisados e se possível removidos para que não se propaguem nas demais etapas do sistema de previsão. Neste estudo foram utilizados os dados provenientes dos modelos ETA-40, do CPTEC/INPE, e GEFS (*Global Ensemble Forecast System*), do *National Centers for Environmental Predictions – NCEP*. Para a consideração de ambos os modelos, é realizada uma ponderação entre eles além da utilização de técnica de remoção de viés (ONS, 2020).

Métricas de avaliação

Serão utilizados nesse artigo quatro métricas de avaliação: o erro médio percentual absoluto (MAPE), o coeficiente de eficiência de Nash-Sutcliffe (NSE), o erro médio percentual (PBIAS) e a distância multicritério (DM), calculados para a primeira e segunda semana à frente, para as vazões naturais totais e para a Energia Natural Afluente (ENA) para a bacia hidrográfica do rio Tocantins. Enquanto o MAPE (Eq.7) dá um peso maior a erros ocorridos em vazões baixas, o NSE (Eq.8) tem o comportamento contrário, sendo assim, complementares. A DM (Eq.9) faz uma composição das duas métricas anteriores em um único índice, facilitando a interpretação dos resultados. Já o PBIAS (Eq.10) é capaz de indicar a existência de vieses nas previsões de vazões.

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{O_t - P_t}{O_t} \right| \quad (\text{Eq.7})$$

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{t=1}^n (P_t - O_t)^2}{\sum_{t=1}^n (O_t - \bar{O})^2} \quad (\text{Eq.8})$$

$$DM = \sqrt{(1 - NSE)^2 + MAPE^2} \quad (\text{Eq.9})$$

$$PBIAS = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{O_t - P_t}{O_t} \quad (\text{Eq.10})$$

Onde: O_t : vazão observada e P_t : vazão prevista

RESULTADOS

A seguir são apresentados os parâmetros obtidos na calibração de cada sub-bacia, os hidrogramas de vazões calculadas e observadas, bem como uma análise comparativa do desempenho da previsão utilizando o modelo SMAP/ONS x PREVIVAZ.

Parâmetros do modelo SMAP/ONS

A Tabela 2 apresenta os parâmetros obtidos na calibração de cada sub-bacia. A Tabela 3 apresenta os valores dos coeficientes de representação temporal da precipitação (kts) para as sub-bacias de Bandeirantes e Conceição do Araguaia.

Tabela 2 – Parâmetros obtidos na calibração do modelo SMAP/ONS para cada sub-bacia

Parâmetro/Dado	Sub-bacia						Bandeirante	Conceição do Araguaia
	Serra da Mesa	Lajeado	Porto Real	Estreito Tocantins	Tucuruí			
Área (km ²)	51.223	132.485	44.222	57.551	146.652	92.300	233.134	
Kt-4	-	-	-	-	0,016	Tabela 3	Tabela 3	
Kt-3	0,049	-	-	0,165	0,023			
Kt-2	0,050	0,001	0,005	0,167	0,031			
Kt-1	0,266	0,001	0,005	0,167	0,140			
Kt0	0,281	0,407	0,330	0,167	0,140			
Kt+1	0,354	0,407	0,330	0,167	0,140			
Kt+2	-	0,184	0,330	0,167	0,510			
STR (mm)	121,62	150,43	115,58	86,49	117,64	47,55	96,69	
K2t (dia)	1,5	5,0	3,0	3,0	5,7	8,0	5,5	
Crec (%)	100	1,9	100,00	100,00	3,00	100,00	1,00	
Ai (mm)	1	1	1	1	1	1	1	
Capc (%)	16,83	10,00	20,00	10,00	25,84	10,00	20,89	
Kkt (dia)	61	59	111	58	20	72	64	
K2t2 (dia)	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	
H1 (mm)	200	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	
H (mm)	200	200,00	200,00	200,00	24,39	30,00	11,05	
K3t (dia)	10,0	10,0	10,0	10,0	7,4	10,4	30,9	
K1t (dia)	10,0	10,0	10,0	10,0	0,9	0,5	0,3	
Ecof	1,30	1,14	1,29	1,05	1,04	1,00	1,00	
Pcof	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Ecof 2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,46	0,56	0,04	
Limite sup ebin	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	
Limite inf ebin	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	
Limite sup chuva	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	
Limite inf chuva	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	

Tabela 3 – Coeficiente de representação temporal da precipitação (kts) para as sub-bacias de Bandeirantes (a) e Conceição do Araguaia (b)

a) Bandeirantes

kt-18	kt-17	kt-16	kt-15	kt-14	kt-13	kt-12	kt-11	kt-10	kt-9	kt-8	kt-7	kt-6	kt-5	kt-4	kt-3	kt-2	kt-1	kt0	kt+1	kt+2
0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,058	0,061	0,061	0,062	0,063	0,063	0,067	0,062	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059

b) Conceição do Araguaia

kt-60	kt-59	kt-58	kt-57	kt-56	kt-55	kt-54	kt-53	kt-52	kt-51	kt-50	kt-49	kt-48	kt-47	kt-46	kt-45	kt-44	kt-43	kt-42	kt-41	kt-40
0,005	0,005	0,005	0,006	0,007	0,007	0,007	0,007	0,008	0,009	0,009	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
kt-39	kt-38	kt-37	kt-36	kt-35	kt-34	kt-33	kt-32	kt-31	kt-30	kt-29	kt-28	kt-27	kt-26	kt-25	kt-24	kt-23	kt-22	kt-21	kt-20	kt-19
0,01	0,01	0,01	0,01	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,012	0,013	0,013	0,013
kt-18	kt-17	kt-16	kt-15	kt-14	kt-13	kt-12	kt-11	kt-10	kt-9	kt-8	kt-7	kt-6	kt-5	kt-4	kt-3	kt-2	kt-1	kt0	kt+1	kt+2
0,014	0,031	0,031	0,032	0,035	0,037	0,037	0,035	0,035	0,032	0,028	0,026	0,025	0,025	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024

As Figuras 3 a 9 apresentam os hidrogramas resultantes da etapa de calibração do modelo SMAP/ONS com indicação das vazões calculadas (curva em azul) x vazões observadas (curva em vermelho), bem como a vazão referente ao escoamento de base (curva amarela) para cada sub-bacia. A precipitação média da bacia é apresentada no eixo superior.

Figura 3: Resultados Serra da Mesa

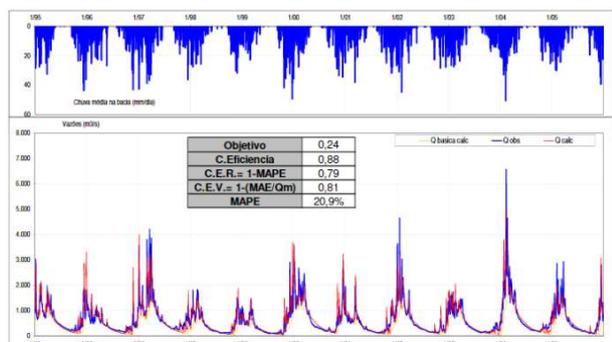


Figura 4: Resultados Lajeado

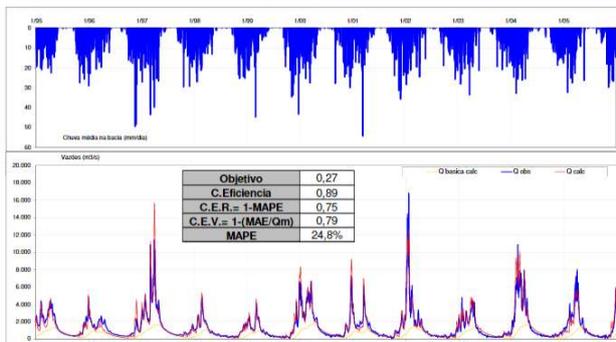


Figura 5: Resultados Porto Real

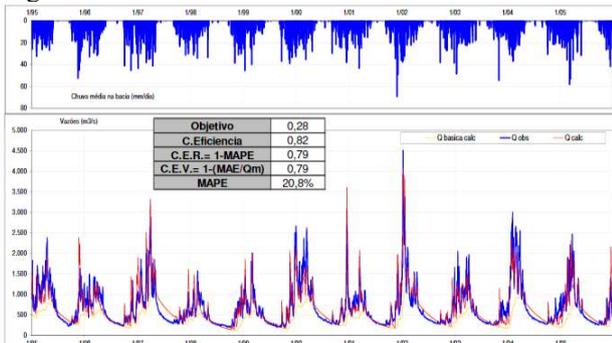


Figura 6: Resultados Estreito-Tocantins

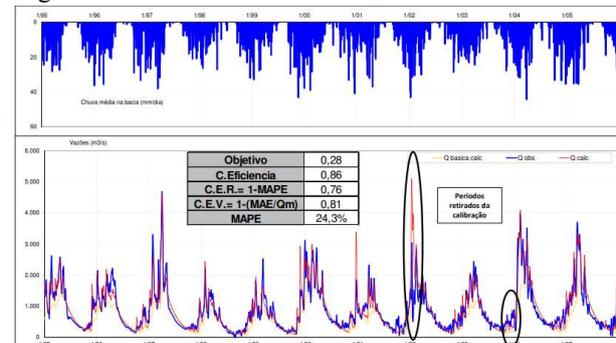


Figura 7: Resultados Bandeirantes

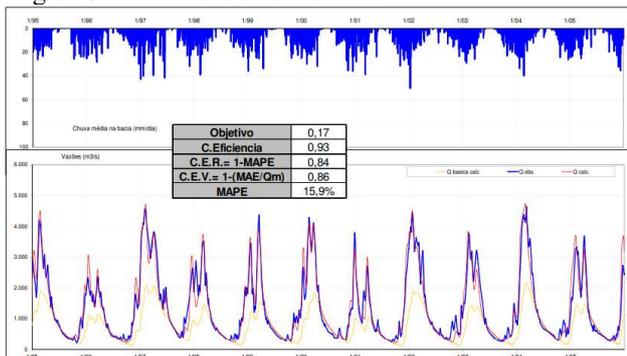


Figura 8: Resultados Conceição do Araguaia

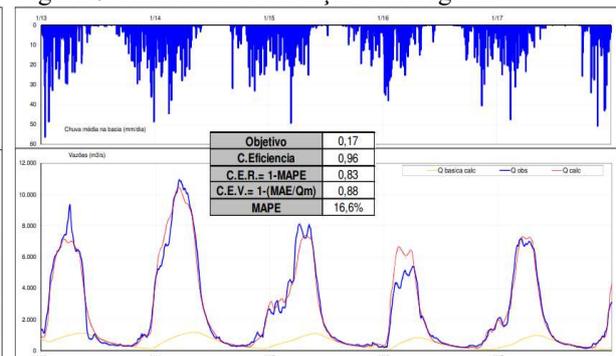
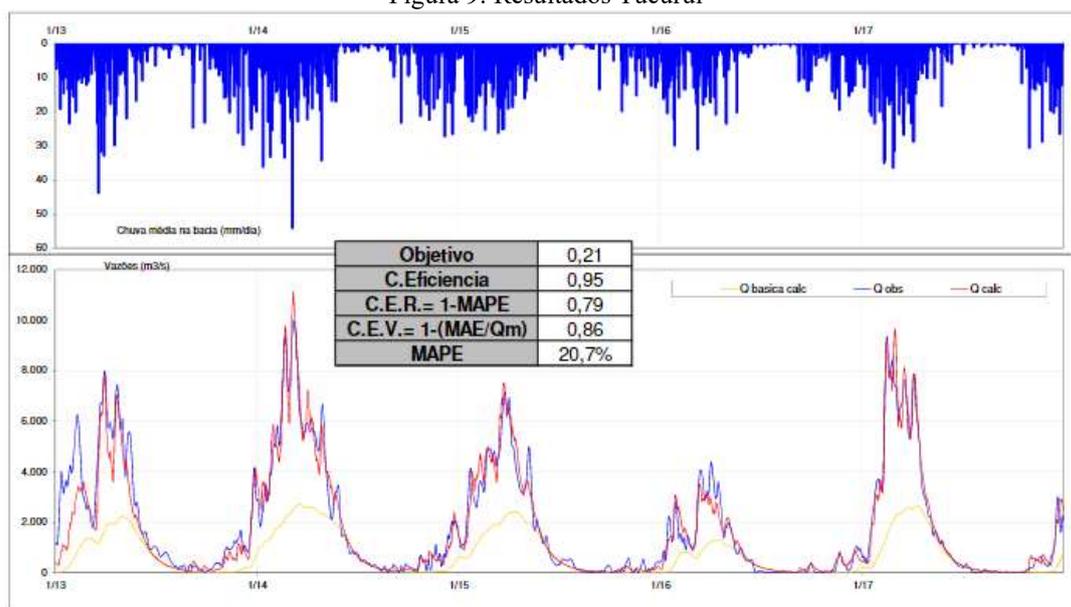


Figura 9: Resultados Tucuruí



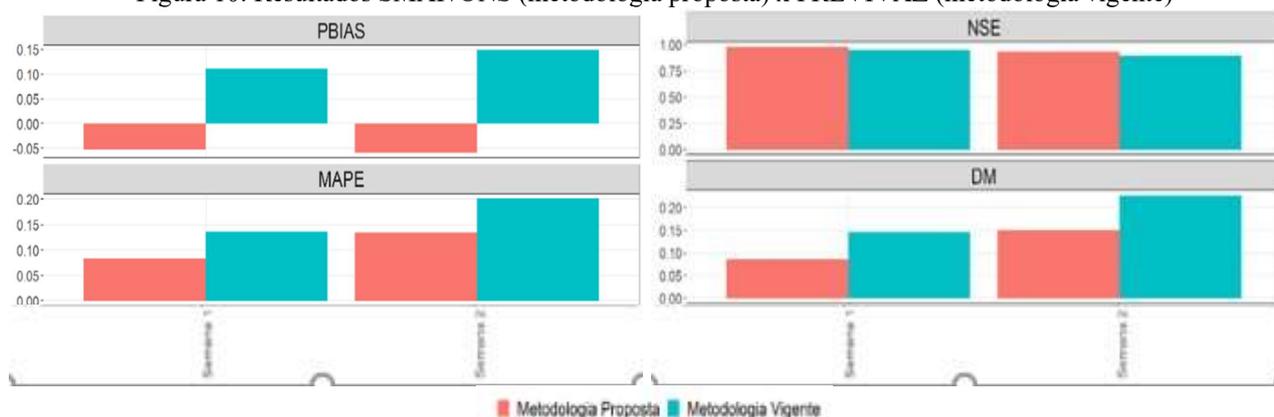
Serra da Mesa, por ser uma sub-bacia de cabeceira e com declividade relativamente alta, não houve necessidade de inclusão do quarto reservatório e nem da segunda saída do reservatório superficial. A sub-bacia de Lajeado apresenta uma resposta mais lenta com coeficiente de recessão de 5. O modelo consegue responder a chuva, representando bem os picos, tanto para valores elevados quanto valores mais baixos. A sub-bacia de Porto Real (posto fluviométrico) possui uma declividade um pouco maior, por isso um menor valor de k_2t . A sub-bacia de Estreito-Tocantins que é a última sub-bacia a jusante da confluência com o rio Araguaia também teve um coeficiente de recessão igual a 3. Nestas sub-bacias não foi necessário o quarto reservatório e nem a segunda saída do reservatório superficial.

As sub-bacias Bandeirantes e, principalmente, Conceição do Araguaia, no rio Araguaia, apresentam comportamentos bem diferentes das sub-bacias do trecho médio/alto do rio Tocantins. Em função de declividades mais baixas e extravasamentos de calha mais frequentes, foi necessário adicionar o reservatório de planície em ambas as sub-bacias. Os hidrogramas mostram, em geral, subidas e descidas mais suaves e respostas mais lentas em relação em chuva, características de grandes bacias amazônicas. Justifica-se, dessa forma, o aumento do número de kts nessas bacias, com 21 e 63 valores em Bandeirantes e Conceição do Araguaia, respectivamente. A sub-bacia de Tucuruí apresenta um tempo de concentração menor devido à sua forma quase que circular com uma área bastante influenciada pelo reservatório, pois todos os afluentes são de pequeno e médio porte que chegam muito rápido ao reservatório, o que pode-se constatar através do valor elevado de $kt+2$, igual a 0,51.

Comparação do desempenho SMAP/ONS x PREVIVAZ

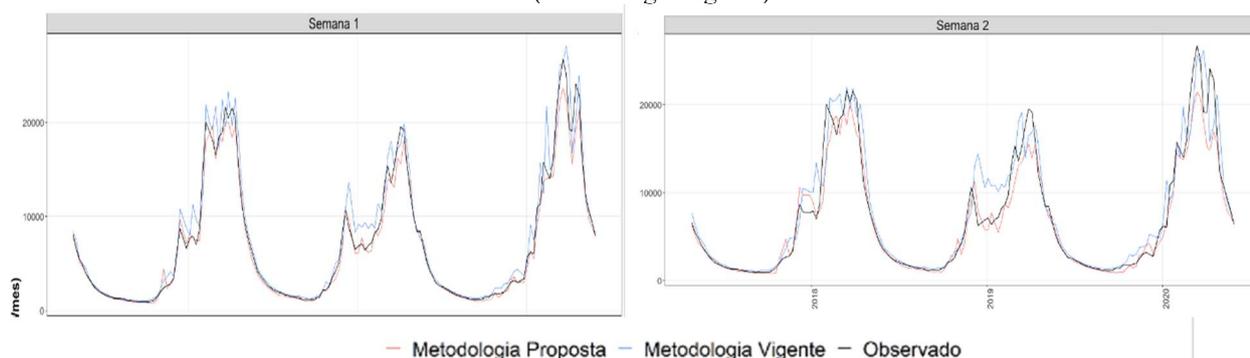
A Figura 10 apresenta os resultados para a previsão de ENA para a primeira e segunda semana operativa considerando a previsão através dos modelos SMAP/ONS e PREVIVAZ. Nota-se que o viés percentual é quase simétrico entre as duas metodologias, sendo positivo e crescente na metodologia vigente, e negativo e estável na metodologia proposta. O MAPE, o NSE e DM indicam uma superioridade da metodologia proposta em relação a vigente para a primeira e segunda semana operativa.

Figura 10: Resultados SMAP/ONS (metodologia proposta) x PREVIVAZ (metodologia vigente)



A Figura 11 apresenta uma análise comparativa da previsão de ENA considerando os hidrogramas observados e previstos com as duas metodologias. Pode-se verificar que a primeira semana de previsão possui valores bastante próximos aos verificados em todo o período de estudo. Na segunda semana, as duas metodologias possuem, em geral, um desempenho próximo, porém, em 2019, a metodologia proposta apresenta uma previsão mais adequada em função do atraso do início do período úmido.

Figura 11: Comparação entre a ENA prevista (MWmed) através do SMAP/ONS (metodologia proposta) e PREVIVAZ (metodologia vigente)



CONCLUSÕES

A bacia do rio Tocantins é uma bacia de grande porte com uma área de drenagem de 757.577 km², suas vazões apresentam uma sazonalidade bem marcante com período de estiagem que começa em abril-maio e vai até setembro. Na calibração do modelo SMAP/ONS todas as sub-bacias apresentam um desvio médio diário MAPE relativamente bom que variou de 16 a 24%. Em todos os hidrogramas verificou-se uma boa aderência entre os valores calculados e observados. Com relação às previsões de ENAs, a análise dos índices MAPE, NSE e DM indicam uma superioridade da metodologia proposta em relação à vigente para a primeira e segunda semana operativa. Devido aos bons ajustes do modelo SMAP/ONS e aos resultados obtidos nos testes, espera-se uma melhoria no desempenho da previsão de vazões e energia naturais afluentes, tanto para a programação energética quanto para os estudos de longo prazo que visam garantir a segurança hídrica da bacia trazendo ganhos para todos os usuários da bacia do rio Tocantins.

REFERÊNCIAS

LOPES, J. E. G.; BRAGA JR., B. P. F.; CONEJO, J. G. L. A. Simulação Hidrológica: Aplicações de um Modelo Simplificado. Anais do III Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Fortaleza: [s.n.]. 1981. p. 42-62.

ONS. Operador Nacional do Sistema Elétrico. NT 0075-2020 Aprimoramento da Previsão de Precipitação por Conjunto e Remoção de Viés até a Segunda Semana Operativa. Rio de Janeiro, junho/2020.

ONS. Operador Nacional do Sistema Elétrico. NT 0126-2020 Aprimoramento do Modelo SMAP/ONS para aplicação até o final do primeiro mês operativo. Rio de Janeiro, dezembro/2020.

ONS. Operador Nacional do Sistema Elétrico (2018). NT 0097/2018 (Rev7) – Aplicação do Modelo SMAP/ONS para Previsão de Vazões no Âmbito do SIN. Disponível em: <https://sintegre.ons.org.br/sites/6/27/73/paginas/servicos/produtos.aspx>. Acesso em: 26/04/2021

ONS. Operador Nacional do Sistema Elétrico. NT 0144-2018 ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico. NT 0144-2018 Metodologia de Reconstituição e Tratamento das Vazões Naturais. Rio de Janeiro, novembro/2018.

ONS. Operador Nacional do Sistema Elétrico (2018). NT 0097/2018 (Rev7) – Aplicação do Modelo SMAP/ONS para Previsão de Vazões no Âmbito do SIN. Disponível em: <https://sintegre.ons.org.br/sites/6/27/73/paginas/servicos/produtos.aspx>. Acesso em: 26/04/2021

ONS. Operador Nacional do Sistema Elétrico. Manual de Metodologia - Aplicativo SMAP. 2017.

ROZANTE, J. R.; MOREIRA, D. S.; GONÇALVES, L. G. G.; VILA., D. A. Combining TRMM and Surface Observations of Precipitation: Technique and Validation over South America. Weather and Forecasting. 2010. Disponível em: http://ftp.cptec.inpe.br/modelos/tempo/MERGE/rozante_et.al.2010.pdf. 0144-2018