

APLICAÇÃO DO MODELO HIDROLÓGICO MGB-IPH NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SERIDÓ

Beatriz Medeiros Fernandes Negreiros^{1} & Joana Darc Freire de Medeiros²*

Resumo – O modelo hidrológico distribuído MGB – Modelo de Grandes Bacias, desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH), vem sendo utilizado em diversas bacias sul-americanas, principalmente em rios perenes. Neste estudo foi avaliado o desempenho do MGB-IPH em simular a transformação de chuva em vazão na bacia hidrográfica de um rio intermitente, denominado Seridó. A bacia do rio Seridó se localiza no semiárido nordestino, em uma região que sofre fortemente com a escassez hídrica e possui alta variabilidade interanual de precipitações. O modelo foi executado no período de 1990 e 2000. Os resultados da calibração do MGP-IPH mostraram que o modelo conseguiu simular a sazonalidade da bacia e o realce entre anos mais secos ou mais úmidos. Contudo, ao comparar as curvas de permanência e os hidrogramas calculados e observados, observou-se que o modelo calculou vazões com desvios de super ou subestimativa. O motivo dessa diferença de vazões provavelmente se deve à presença de muitos reservatórios de regularização na bacia, os quais o modelo não prevê. Assim, concluiu-se que o modelo MGB-IPH não conseguiu representar satisfatoriamente o regime de vazões da bacia hidrográfica do rio Seridó.

Palavras-Chave – MGB-IPH; Calibração; Região semiárida.

APPLICATION OF THE HYDROLOGICAL MODEL MGB-IPH AT THE SERIDÓ RIVER BASIN

Abstract – The hydrological distributed model MGB – IPH, an acronym from the Portuguese for Large Basins Model and Institute of Hydraulic Research, has been applied on diverse South American basins, mainly on perennial rivers. This study assessed the performance of the MGB-IPH to simulate the transformation of rainfall in river flow at an intermittent river basin denominated Seridó. The Seridó river basin is localized in the semi-arid Northeast region of Brazil, where heavily suffer from water shortage and it has elevated inter-annual variability of precipitations. The model was executed from 1990 to 2000. The results of the MGB-IPH calibration showed that the model was successful in simulating the seasonality of the basin and the contrast between dry and rainy years. However, when comparing the calculated and observed permanence curves and hydrographs, it was observed that the model calculated super or sub estimated river flows. The reason for that difference of river flows is probably due to the presence of many dams in the basin, that are not predicted by the model. Therefore, it was concluded that the MGB-IPH model was not able to satisfactorily represent the flow regime of the Seridó river basin.

Keywords – MGB-IPH; Calibration; Semi-arid region.

¹ Graduanda, Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brasil. beatriznegreiros@outlook.com.

² Professora, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brasil. joanadarc.medeiros@gmail.com.

INTRODUÇÃO

Modelos hidrológicos são ferramentas importantes para representar os processos que ocorrem em uma bacia hidrográfica, isto é, permitem entender o seu comportamento, tornando possível prever as consequências de condições diferentes das observadas (TUCCI, 1993). Pequenas bacias permitem a utilização de modelos concentrados mais simples. Contudo, em grandes bacias a variabilidade dos dados é substancialmente maior, tornando os modelos concentrados menos adequados. Neste sentido, o Modelo de Grandes Bacias MGB-IPH foi desenvolvido em 2006 pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (COLLISCHONN et al., 2007). Desde então, sua utilização propagou-se não apenas no Brasil, como também em outras bacias sul-americanas (RIBEIRO NETO, 2006; PAIVA; COLLISCHONN; BUARQUE, 2013; FAN & COLLISCHONN, 2014; ADAM et al., 2015).

A grande maioria das aplicações do modelo hidrológico MGB-IPH foi em bacias de rios perenes, sendo poucos os estudos que envolvem a sua aplicação em rios intermitentes. Um dos poucos trabalhos desenvolvidos em rios intermitentes foi o de Felix & Paz (2016) que calibraram o MGB-IPH para a bacia hidrográfica do rio Piancó. O MGB-IPH conseguiu simular a forte sazonalidade da bacia, apresentando vazões calculadas muito próximas das vazões observadas, indicando que este modelo apresenta um bom potencial para representar os fenômenos hidrológicos de uma bacia hidrográfica da região semiárida.

A região semiárida do Nordeste brasileiro é caracterizada por altas taxas de evapotranspiração e baixos índices pluviométricos. Nela quase a totalidade dos rios são intermitentes e muitas regiões sofrem com a escassez hídrica. A Agência Nacional de Águas (2016), em seu Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica Piancó-Piranhas-Açu, estima que no cenário tendencial de 2032 haverá uma situação bastante deficitária nas unidades de planejamento hidrológico Peixe e Seridó, onde as demandas podem chegar ao limite das possibilidades de atendimento.

Modelos de simulação hidrológica podem contribuir para o gerenciamento dos recursos hídricos nestas regiões pois, quando validados, tem a capacidade de estimar dados de vazão onde não existem estações fluviométricas, possibilitando avaliar o potencial de abastecimento de diferentes áreas.

É neste contexto que se insere o presente estudo, o qual objetiva a aplicação do modelo hidrológico MGB-IPH na bacia hidrográfica do rio Seridó. Esta é uma sub-bacia da bacia hidrográfica Piranhas-Açu e se localiza no semiárido nordestino, compreendendo áreas do Rio Grande do Norte e Paraíba.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Seridó compreende uma área de drenagem de aproximadamente 10.080 km². Seu clima árido, segundo a classificação de Köppen, possui altas taxas de evapotranspiração, da ordem de 1.786 mm/ano, que ocorrem principalmente no período de agosto a janeiro. As precipitações têm média de 500mm ao ano com alta variabilidade interanual, sendo concentradas nos meses de fevereiro a maio (ANA, 2016).

Na formação geológica da bacia prevalece a presença de rochas ígneas e metamórficas. Acima destas, luvissoles crômicos e neossolos litólicos cobrem a região oeste e leste da bacia, respectivamente. A maior parte do uso e ocupação do seu solo é composta por Caatinga aberta e Caatinga densa, apesar de altos índices de processos de desertificação (ANA, 2016).

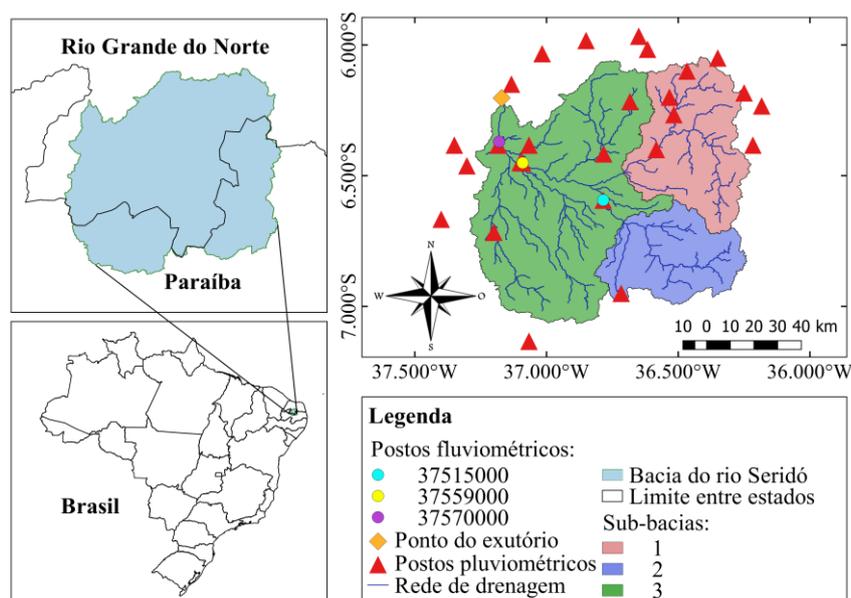


Figura 1. Localização da bacia hidrográfica do rio Seridó e dos postos pluviométricos e fluviométricos estudados.

Pré-processamento do MGB-IPH

Para a discretização da bacia Seridó foi utilizado o plugin *IPH Hydro Tools*, acoplado ao software de geoprocessamento *Map Window GIS®*. O plugin utiliza o Modelo Digital de Elevação (MDE) da região para gerar os arquivos necessários no pré-processamento do MGB-IPH. Inicialmente o *IPH Hydro Tools* determina a direção de escoamento da água em cada célula do MDE e com base na direção do fluxo é realizada a geração da área de drenagem acumulada (AL). Para o caso da bacia Seridó foi utilizado AL de valor igual a 3000, o qual produziu uma rede de drenagem de interesse esperado (Figura 2a).

A etapa seguinte foi a delimitação da bacia. Como primeira opção, a bacia foi discretizada sem divisão em sub-bacias. Posteriormente, uma segunda opção foi feita dividindo a bacia em três sub-bacias, onde duas delas se particularizam por terem um relevo acidentado enquanto que a outra possui menores altitudes (Figura 2b).

Na sequência, as informações dos arquivos de direções de fluxo e rede de drenagem foram reunidas para produzir o arquivo de minibacias. Foram obtidas 215 minibacias neste estudo (Figura 2c).

As unidades de resposta hidrológica presentes na bacia Seridó foram extraídas diretamente do mapa de URHs da América do Sul, disponibilizado pelo portal de Hidrologia de Grande Escala (HGE) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS, 2017) (Figura 2c).

Calibração

O período de calibração escolhido foi de 1990 a 2000. Foram utilizados dados de chuva e de vazões observadas provenientes da Agência Nacional de Águas (ANA). Desta forma, foram

detectados 81 postos pluviométricos próximos à região, no entanto, somente 26 postos foram aproveitados, já que os restantes não possuíam dados de chuva no período da simulação. O mesmo procedimento foi repetido para as estações fluviométricas, os quais apenas 3 de 46 postos foram utilizados (Figura 1).

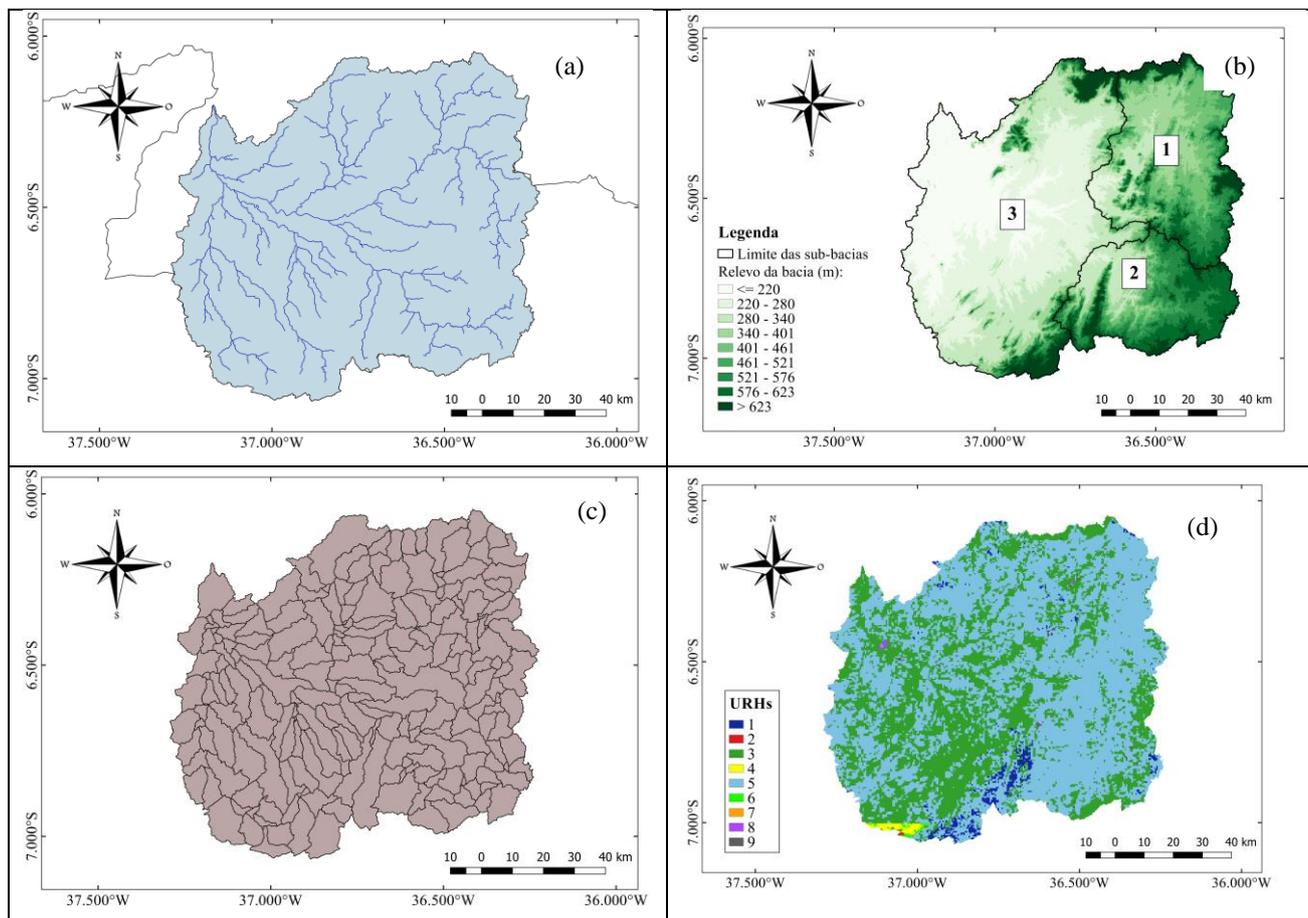


Figura2. Resultados do pré-processamento. (a) rede hidrográfica; (b) delimitação das sub-bacias; (c) minibacias geradas; (d) URHs.

Segundo Collischonn (2001), os parâmetros de maior sensibilidade ao modelo MGB-IPH são: W_m , b , K_{int} , K_{bas} , CS e CI . Outros parâmetros como IAF e albedo possuem influência consideravelmente menor. Neste estudo, os valores de K_{bas} , K_{int} , b e W_m foram calibrados manualmente de acordo com as características da bacia.

A performance do modelo foi calculada pelo coeficiente de eficiência Nash-Sutcliffe (NS), o qual é usado para avaliar modelos de simulação hidrológica (NASH & SUTCLIFFE, 1970). Segundo Moriasi et al. (2007), valores de NS entre 0,0 e 1,0 são vistos como níveis aceitáveis de performance do modelo, já valores $\leq 0,0$ indicam que a média das vazões observadas é um melhor indicador do que o modelo, apontando assim uma performance inaceitável.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores dos parâmetros obtidos na calibração (Tabela 1) são próximos aos apresentados por Felix & Paz (2016) para a bacia hidrográfica do rio Piancó. Essa semelhança se deve às características climatológicas e geomorfológicas da bacia Piancó, os quais se assemelham às da bacia Seridó.

Os baixos valores de W_m exprimem a baixa profundidade dos solos predominantes na bacia Seridó, que é uma característica típica de regiões semiáridas. Felix & Paz (2016) encontraram W_m na mesma faixa de valores dos obtidos no presente estudo. É interessante observar que mesmo em bacias de características hidrológicas muito diferentes da bacia Seridó, Saldanha et al. (2012) também obteve baixos valores de W_m em seu estudo na bacia do rio Uruguai, onde foi utilizado valor de 100 mm para Neossolo Litólico.

Os valores de b para a bacia Seridó provavelmente deveriam ser mais altos do que os obtidos em outros estudos para solos mais permeáveis e profundos (PAIVA; COLLISCHONN; BUARQUE, 2013), pois os solos da bacia Seridó têm baixa profundidade e a água facilmente escoam superficialmente. Contudo, os baixos valores calibrados de b provavelmente correspondem à elevada retenção de água nos reservatórios.

O K_{bas} controla o escoamento subterrâneo e assumiu valor próximo de zero, pois a bacia Seridó encontra-se sobre um substrato cristalino de rochas ígneas e metamórficas fissuradas; de forma que praticamente não existe escoamento subterrâneo.

Os valores de CS , CI e CB , relacionados ao tempo de retardo do reservatório superficial, sub-superficial e subterrâneo, respectivamente, apresenta valores diferentes entre as sub-bacias. A sub-bacia 3 apresenta maiores valores destes três parâmetros quando comparados à bacia 1 e 2. Isso se deve provavelmente a topografia mais plana da sub-bacia 3, ao passo que as sub-bacias 1 e 2 possuem tempo de retardo menor devido a seu relevo acidentado com até mesmo presença de rochas expostas.

Tabela 1. Parâmetros calibrados.

Sub-bacias 1 e 2					Sub-bacia 3						
URH	W_m	b	K_{int}	K_{bas}	URH	W_m	b	K_{int}	K_{bas}		
1	430	0,05	1,0	0,0	1	600	0,03	1,0	0,0		
2	730	0,05	1,0	0,0	2	900	0,03	1,0	0,0		
3	430	0,05	1,0	0,0	3	600	0,03	1,0	0,0		
4	730	0,05	1,0	0,0	4	900	0,03	1,0	0,0		
5	430	0,05	1,0	0,0	5	600	0,03	1,0	0,0		
6	730	0,05	1,0	0,0	6	900	0,03	1,0	0,0		
7	800	0,05	1,0	0,0	7	1000	0,03	1,0	0,0		
8	300	0,05	1,0	0,0	8	300	0,03	1,0	0,0		
9	0	0	1,0	0,0	9	0	0	1,0	0,0		
				$CS:$	10					$CS:$	12
				$CI:$	70					$CI:$	100
				$CB:$	600 h					$CB:$	700 h

A análise dos hidrogramas demonstra que o modelo MGB-IPH conseguiu reproduzir a sazonalidade da bacia e o realce entre anos de maiores ou menores precipitações (Figura 3). No entanto, na maior parte do período, a tendência dos hidrogramas calculados foi de estimar vazões maiores do que as observadas. O motivo dessa diferença de vazões se deve à presença de diversos reservatórios de regularização na bacia Seridó, os quais retiveram grande parte do escoamento

durante o período de estudo. Importantes açudes da região – como Itans, Passagem das Traíras, Marechal Dutra, Cruzeta e Boqueirão de Parelhas – acumulam altos volumes de água que o modelo não prevê e por isso os fluxos de água esperados na simulação não atingem as redes de drenagem, resultando em hidrogramas superestimados e deficientes em simular os picos de cheia.

Em alguns anos, como 1995 e 1991, o modelo foi incapaz de prever os picos de cheia, calculando vazões abaixo dos valores observados. Provavelmente isto ocorreu devido à sangria dos reservatórios, as quais propagaram rápidos volumes de água não simulados no cálculo do balanço de água pelo MGB-IPH.

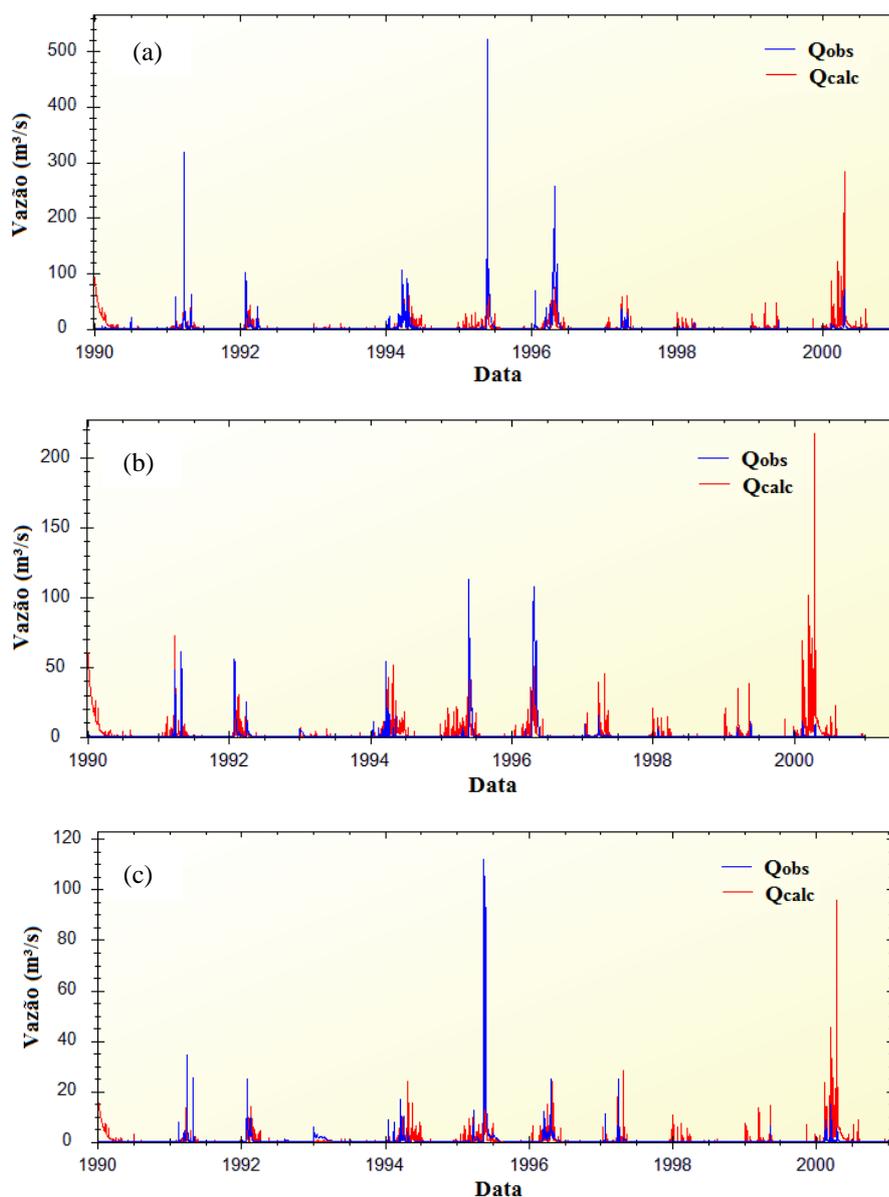


Figura 2 – Hidrogramas observado e calculado para os postos fluviométricos estudados: (a) 37570000; (b) 37559000 e (c) 37515000

O MGB-IPH apresentou NS de 0,246, no hidrograma da estação fluviométrica nº 37570000, para a calibração quando se considerou três sub-bacias, enquanto que quando se considerou uma única bacia apresentou NS de 0,077 (Tabela 2). Estes valores são considerados aceitáveis segundo

Moriasi et al. (2007). No entanto, os valores de NS nas demais estações fluviométricas foram negativos, utilizando ou não a discretização com 3 sub-bacias, e assim demonstrando níveis inaceitáveis de performance do modelo.

Em aplicações anteriores o MGB-IPH apresentou ótimos resultados em bacias de rios perenes, (PAIVA; COLLISCHONN; BUARQUE, 2013; COLLISCHONN, 2007). No estudo realizado por Felix & Paz (2016) para em uma bacia do semiárido com rios intermitentes, o MGB-IPH encontrou valores de NS iguais a 0,7. Contudo, ressalta-se que a bacia hidrográfica utilizada pelos autores na aplicação do modelo foi delimitada excluindo o reservatório Coremas – Mãe d'Água. Desta forma, sem a interferência de nenhum grande reservatório, foi possível representar satisfatoriamente o padrão geral do regime de vazão observado na bacia hidrográfica do rio Piancó.

Tabela 2. Valores de NS para cada opção de simulação

Nº da estação fluviométrica	Bacia única	3 sub-bacias
37515000	-0,193	-0,127
37559000	-1,025	-0,42
37570000	0,077	0,246

CONCLUSÃO

Modelos de previsão hidrológica podem ser importantes aliados na gestão de recursos hídricos de uma bacia. Em síntese, esse estudo buscou avaliar a eficiência do modelo MGB-IPH em uma bacia semiárida com características de intermitência, grande variabilidade interanual de precipitações e existência de reservatórios de grande porte.

Em certos anos, o modelo conseguiu estimar adequadamente a transformação de chuva em vazão. A sazonalidade da bacia também foi reproduzida pelo modelo. Contudo, verifica-se elevada dificuldade em representar a intermitência do rio Seridó na maior parte do período de simulação. Portanto, pode-se concluir que o modelo não conseguiu representar satisfatoriamente o regime de vazão da bacia Seridó, seja por defeitos de subestimativa ou superestimativa.

Os motivos responsáveis pelos desvios dos hidrogramas calculados com relação aos observados podem estar relacionados à presença de grandes reservatórios de regularização. Soma-se a isso, a ausência de dados fluviométricos suficientes para o ajuste do modelo.

Em virtude às dificuldades que essa simulação apresentou, sugere-se o aprimoramento do modelo MGB-IPH quanto à consideração dos reservatórios. Dessa forma, a possibilidade de incorporar o balanço de água nos açudes poderia tornar as simulações nas bacias nordestinas consideravelmente mais exatas.

Para concluir, apesar de não se ter obtido um bom ajuste do modelo, a aplicação do MGB-IPH na bacia Seridó desenvolveu conhecimentos sobre seu comportamento no âmbito da simulação hidrológica, os quais certamente serão utilizados em posteriores aperfeiçoamentos.

REFERÊNCIAS

ADAM, K. N.; FAN, F. M.; PONTES, P. R.; BRAVO, J. M.; COLLISCHONN, W. (2015) Mudanças climáticas e vazões extremas na Bacia do Rio Paraná. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 20, n. 4, p. 999-1007.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA) (2016). Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas-Açu: Resumo Executivo. Brasília: Agência Nacional de Águas (ANA).

COLLISCHONN, W. (2001) Simulação hidrológica de grandes bacias. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

COLLISCHONN, W. *et al.* (2007) The MGB-IPH model for large-scale rainfall-runoff modelling. *Hydrological Sciences Journal*, Oxford, v. 52, n. 5, p. 878–895.

FAN, F. M.; COLLISCHONN, W. (2014) Integração do Modelo MGB-IPH com Sistema de Informação Geográfica. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 19, n. 1, p. 243-254, 2014.

FELIX, V. S.; PAZ, A. R. (2016) Representação dos processos hidrológicos em bacia hidrográfica do semiárido paraibano com modelagem hidrológica distribuída. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Porto Alegre, v. 21, n. 3, p.556-569.

MORIASI, D. N. *et al.* (2007) Model Evaluation Guidelines for Systematic Quantification of Accuracy in Watershed Simulations. *Transactions of the ASABE*, v. 50, n. 3, p.885-900.

NASH, J. E.; SUTCLIFFE, J. V. (1970) River flow forecasting through conceptual models: Part I-A discussion of principles. *Journal of Hydrology*. Amsterdam, p. 282-290.

PAIVA, R. C. D.; COLLISCHONN, W.; BUARQUE, D. C. (2013) Validation of a full hydrodynamic model for large scale hydrologic modelling in the Amazon. *Hydrological Processes*, v. 27, n. 3, p. 333-346.

RIBEIRO NETO, A. (2006) Simulação Hidrológica na Amazônia. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

SALDANHA, C.; TUCCI, C.; WOOD, E.; LI, H. (2012) Previsão de longo prazo da umidade do solo no rio Uruguai. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 17, n. 4, p. 39-47.

TUCCI, C. E. M. (1993) *Hidrologia: Ciência e Aplicação*. 2. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos: v.4).

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL (UFRGS). Mapa de URHs da América do Sul. Disponível em: <<https://www.ufrgs.br/hge/modelos-e-outros-produtos/mapa-de-urhs-da-america-do-sul/>>. Acesso em: 18 mar. 2017.