

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

AJUSTE DE UM MODELO HIDROLÓGICO PARA APOIO À GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NA BACIA DO ALTO PARANAPANEMA

Filipe Otávio Passos¹; Benedito Cláudio da Silva²; Flávia Santos Ferraz³; Fabiane de Cássia do Santos⁴; Thiago Modesto de Abreu⁵; Camila Rocha Galhardo⁶; Vitor Pereira Pinto⁷

Abstract: The efficient management of water resources in a river basin depends heavily on the availability of hydrological data. Despite Brazil's extensive monitoring network, most of our basins do not have a sufficiently extensive hydrological network, making it necessary to use streamflow regionalization techniques. In such cases, it is possible to estimate the reference streamflow used to define water use limits. However, reference streamflow alone limits the assessment of uses, making it impossible, for example, to assess the impact of reservoirs and calculate supply risks. For this reason, the objective of this study was to adjust the MGB-IPH hydrological model to the Upper Paranapanema basin, aiming to generate estimates not only of reference streamflows, but also of time series of streamflows. The results indicate that a distributed model can adequately estimate the Q95 reference streamflow and can be an important tool to aid basin management, replacing and/or complementing streamflow regionalization.

Resumo: A gestão eficiente dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica depende fortemente da disponibilidade de dados hidrológicos. Apesar da extensa rede de monitoramento existente no Brasil, a maioria de nossas bacias não possuem uma rede hidrológica suficientemente extensa, sendo necessário o emprego de técnicas de regionalização de vazões. Nesses casos, é possível estimar a vazão de referência utilizada para definir limites de usos da água. Entretanto, somente a vazão de referência, torna a avaliação dos usos limitada, não sendo possível, por exemplo, avaliar o impacto de reservatórios e o cálculo de riscos de atendimento. Por este motivo, o presente trabalho teve por objetivo ajustar o modelo hidrológico MGB-IPH à bacia do Alto Paranapanema, visando gerar estimativas, não somente de vazões de referência, mas de séries temporais de vazões. Os resultados indicam que um modelo distribuído consegue estimar adequadamente a vazão de referência Q95 e pode ser uma ferramenta importante para o auxílio a gestão na bacia, em substituição e/ou complementação à regionalização de vazões.

Palavras-Chave – Modelos MGB-IPH, Vazão de referência, Outorga de água

1) Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI, Av. BPS, 13030 - Itajubá / MG. 35 3629-1449, engenheiro.filipepassos@gmail.com

2) Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI, Av. BPS, 13030 - Itajubá / MG. 35 3629-1449, silvabenedito@unifei.edu.br

3) Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI, Av. BPS, 13030 - Itajubá / MG. 35 3629-1449, flaviaferraz.unifei@gmail.com

4) Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI, Av. BPS, 13030 - Itajubá / MG. 35 3629-1449, fabianecassia@unifei.edu.br

5) G2A Consultores de Gestão Empresarial, Rua Deputado Luiz Fernando Faria de Azevedo, n. 570, thiago.abreu@g2aconsultores.com.br

6) G2A Consultores de Gestão Empresarial, Rua Deputado Luiz Fernando Faria de Azevedo, n. 570, camila.galhardo@g2aconsultores.com.br

7) Associação do Sudoeste Paulista de Irrigação e Plantio na Palha – ASPIPP. Av. Das Posses, 120 – Paranapanema / SP. executivo@aspipp.com.br

INTRODUÇÃO

A estimativa de vazão em bacias não monitoradas representa um desafio fundamental para a hidrologia, com impactos diretos no manejo de recursos hídricos, na prevenção de cheias e no planejamento ambiental. Tradicionalmente, a regionalização de vazões tem sido a abordagem mais utilizada para extrapolar informações de bacias monitoradas para aquelas sem dados. Esse método consiste em estimar informações hidrológicas em áreas que não possuem dados, a partir da transferência de informações obtidas em locais monitorados que apresentam características hidrológicas semelhantes. Em outras palavras, trata-se de transpor as informações de uma bacia com registros disponíveis para outra, com comportamento hidrológico semelhante, mas que não possui medições diretas (Tucci, 2017).

No entanto, essa metodologia apresenta limitações, especialmente em regiões com alta variabilidade hidrológica ou escassez de estações fluviométricas (Obregon, Tucci e Goldenfum, 1999). Nesse contexto, os modelos hidrológicos surgem como uma alternativa promissora, capazes não apenas de complementar, mas em muitos casos substituir as técnicas de regionalização, oferecendo estimativas mais precisas e fisicamente consistentes (Zhang e Chiew, 2009). Esses modelos permitem representar o comportamento hidrológico das bacias por meio da simulação de processos como escoamento superficial e subterrâneo, infiltração em diferentes escalas espaciais e temporais (Spruill et al. 2000).

Ao simular integralmente os processos hidrológicos com base em dados climáticos, características do solo, topografia e uso da terra, esses modelos superam algumas das principais restrições da regionalização, como a necessidade de similaridade entre bacias e a dependência de longas séries históricas (Visessri e McIntyre, 2016). Avanços recentes em sensoriamento remoto, inteligência artificial e maior disponibilidade de dados geoespaciais têm ampliado ainda mais a aplicabilidade dessas ferramentas.

Alguns modelos têm sido amplamente utilizados na literatura, como o SWAT (Soil and Water Assessment Tool), amplamente empregado na modelagem hidrológica de bacias hidrográficas. Este modelo se destaca na simulação de cenários de uso e ocupação do solo, contribuindo para a tomada de decisões por parte de gestores na gestão de recursos hídricos (PASSOS, SILVA e SILVA, 2021). O SMAP (Soil Moisture Accounting Procedure) também é amplamente reconhecido e tem sido aplicado com sucesso em diversas bacias hidrográficas no Brasil, sendo utilizado por instituições como o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) (PEREIRA FILHO et al., 2020). Já o MGB (Modelo de Grandes Bacias) foi desenvolvido com o objetivo de simular os processos hidrológicos em bacias de grande escala — com áreas superiores a alguns milhares de quilômetros quadrados —, com foco principal nas bacias da América do Sul (MARTINS, 2017).

O MGB destaca-se, em comparação com outros modelos existentes, por sua capacidade de lidar com grandes volumes de dados e descrever de forma abrangente os principais processos hidrológicos dinâmicos de uma bacia. Desenvolvido no Brasil, o modelo permite a obtenção automática de dados de solo e vegetação a partir de imagens de satélite (Ma et al., 2016; Brito Neto et al., 2021). De acordo com Paiva et al. (2024), o MGB-IPH é capaz de simular o processo de transformação de precipitação em vazão, sendo especialmente útil para aplicações em grandes bacias hidrográficas, considerando as limitações de monitoramento ambiental e a curta duração dos registros hidrológicos disponíveis.

Dessa forma, a incorporação de modelos hidrológicos no estudo de bacias não monitoradas representa um avanço metodológico significativo, contribuindo para uma gestão mais eficiente dos recursos hídricos, especialmente em regiões onde a escassez de dados compromete a tomada de

decisões. Com base nessas considerações o presente trabalho teve por objetivo ajustar o modelo hidrológico MGB-IPH à bacia do Alto Paranapanema, visando gerar estimativas, não somente de vazões de referência, mas de séries temporais de vazões.

METODOLOGIA

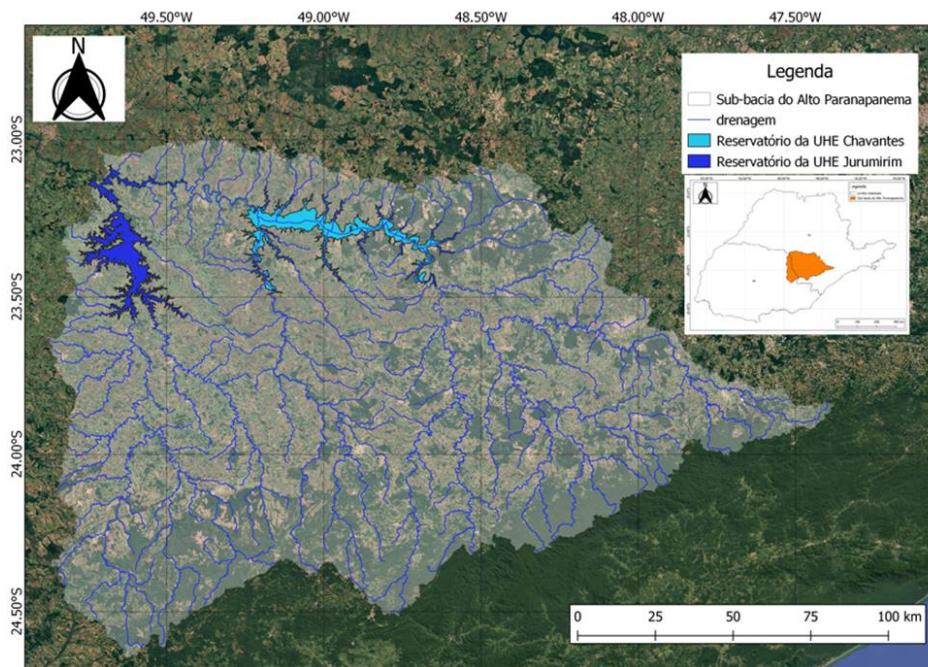
Área de estudo

A bacia hidrográfica do Alto Paranapanema (UGRHI-14) está situada na região sudoeste do estado de São Paulo e integra uma das seis unidades de gestão de recursos hídricos da bacia do rio Paranapanema (Figura 1). Ela compreende 34 municípios paulistas com sede em seu território, além de abranger parcialmente áreas de outros municípios, como Sarapuí, Avaré, Cerqueira César, Itatinga, Pardinho, Bofete, Piedade, Tapiraí, Apiaí e Chavantes. Com uma área de 22.689 km², é a maior bacia hidrográfica do estado de São Paulo. Sua população é estimada em cerca de 751 mil habitantes, apresentando baixa densidade demográfica (33,09 hab/km²), uma taxa anual de crescimento populacional de 0,53% e um índice de urbanização de 84,3% (CBH-ALPA, 2023).

A altitude na região varia entre 457 e 1.348 metros, com áreas mais elevadas ao sul, nas cabeceiras dos rios, e altitudes menores ao norte. A hidrografia da bacia é composta por diversos afluentes do rio Paranapanema, com destaque para os rios Santo Inácio, Jacu, Guareí, Itapetininga e Turvo (margem direita), e Itararé, Taquari, Apiaí-Guaçu e Verde (margem esquerda). O Rio Itararé faz divisa com o Estado do Paraná e a bacia possui dois grandes reservatórios de geração de energia, das usinas hidrelétricas de Xavantes e Jurumirim, além de centenas de pequenos reservatórios destinados a captação de água para fins de irrigação.

A bacia apresenta uma economia maioritariamente agrícola, com indústrias de papel e celulose, mineração de calcário e plantio e processamento de madeiras de reflorestamento. Possui também grande potencial turístico, principalmente nas áreas das Represas de Jurumirim e Chavantes (CBH-ALPA, 2023). O Alto Paranapanema possui grande parte de sua ocupação com agricultura com destaque para cana-de-açúcar, lavoura perene, soja e outras lavouras temporárias, principalmente na região central. Outra classe com destaque é a de pastagem ao leste e a oeste do Alto Paranapanema, na região ao sul do mapa destaca-se a formação florestal e a silvicultura.

Figura 1 – Localização geográfica da bacia do Alto Paranapanema.



Modelo hidrológico de grandes bacias (MBG)

O modelo hidrológico MGB-IPH, desenvolvido por Collischonn (2001) no Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS, baseia-se na estrutura do modelo LARSIM com adaptações do VIC-2L. Desenvolvido em linguagem de programação Fortran, possui 78 sub-rotinas que simulam os processos de transformação da chuva em vazão.

Classificado como um modelo conceitual, determinístico e distribuído, o MGB-IPH utiliza equações que descrevem os processos físicos e produzem respostas idênticas para o mesmo conjunto de entradas, mesmo quando uma variável de entrada tem caráter aleatório e distribuído, reconhecendo desta forma, a distribuição espacial das variáveis e dos parâmetros considerados. Ele requer dados como precipitação diária, médias mensais de temperatura, umidade, vento, insolação e pressão, além de mapas de uso e tipo de solo, como o mapa de Unidade de Resposta Hidrológica – URH, e séries de vazões observadas para calibração e validação (COLLISCHONN 2001).

No modelo MGB-IPH, a bacia é estruturada em três níveis hierárquicos: sub-bacias, vinculadas a pontos de medição de vazão ou usinas hidrelétricas; minibacias, delimitadas com base nas confluências da rede de drenagem, sendo seu número diretamente relacionado à densidade dessa rede; e URHs (Unidades de Resposta Hidrológica), que representam áreas com características hidrológicas semelhantes.

Preparação de dados e ajuste do modelo

Para a definição das sub-bacias, foram selecionadas as estações fluviométricas localizadas dentro da área delimitada e com séries de vazão disponíveis entre 1980 e 2024. No total, foram escolhidas 16 estações, conforme mostrado na Tabela 1. Além disso, foram incluídos mais 5 pontos de interesse, correspondentes aos exutórios das sub-bacias dos rios Taquari, Carrapato, Boi Branco, das Posses e Guareí, visando à estimativa de vazões para fins de análise de outorgas e aplicação da metodologia OGP. O ponto de saída (exutório) da bacia foi definido como a barragem da UHE Jurumirim.

Tabela 1 – Informações das 16 estações fluviométricas selecionadas para determinação das sub-bacias

Código	Nome	Dados vazão
64005000	Ferreira das Almas	01/1969 - 11/1997
64015000	Turvo	10/1987 - 07/2023
64035000	Bairro Cerrado	08/1960 - 10/1981
64040000	Cerradinho	10/1938 - 07/2023
64065000	Porto Velho	11/1947 - 07/2023
64075000	Angatuba	05/1935 - 07/2010
64082000	Campina do Monte Alegre	01/1969 - 01/1980
64095000	Taquarivai	11/1946 - 11/1998
64113000	Ponte Marcolino Nunes	09/1969 - 12/2000
64120100	Buri	10/1933 - 03/1980
64135000	Ponte dos Teodoros	10/1987 - 07/2023
64190000	Itapeva	10/1951 - 04/1980
64185000	Itapeva	10/1987 - 07/2023
64191000	Palmeiras do Ricardo	10/1987 - 07/2023
64198000	UHE Jurumirim Fazenda Agrolin	01/2012 - 12/2012
64215080	UHE Jurumirim barramento	01/1931 - 06/2015

O modelo MGB-IPH requer uma etapa inicial de pré-processamento, que começa com a obtenção de um Modelo Digital de Elevação (MDE). Neste estudo, foi utilizado o MDE SRTM-CGIAR, com resolução espacial de 90 metros. A partir dele, são realizadas etapas como correção de falhas, definição das direções de fluxo, extração da rede de drenagem e delimitação das sub-bacias e minibacias. Foram obtidas 1107 minibacias distribuídas ao longo da área de estudo. Vale ressaltar que é nesse nível em que os processos são realizados, ou seja, os processos hidrológicos, os cálculos do balanço hídrico são realizados para cada minibacia, sendo propagado para a minibacia de jusante pelo trecho de drenagem que determinou aquela minibacia, e, assim, sucessivamente até o exultório da bacia.

As URH são definidas pela combinação de tipos de solos com o uso e ocupação dos solos. Nesse trabalho foi utilizado um recorte para a região de um mapa de URH da América do Sul desenvolvido por Fan et al. (2015). Na área analisada, observou-se o predomínio de agricultura em solos profundos, áreas de campo em solos rasos e profundos, e a presença de florestas nas regiões intermediária e inferior da bacia, próximas ao reservatório de Jurumirim. Já nas áreas mais elevadas, predominam florestas, agricultura e campos sobre solos rasos.

Para o ajuste do modelo são necessários alguns dados de entrada do modelo MGB. Os parâmetros de clima utilizados são as normais climatológicas de estações do INMET na região de estudo. Para este trabalho foram selecionadas 34 estações climáticas próximas a área de estudo. Para as vazões observadas, são necessárias séries de vazões diárias no horizonte de estudo, que será de 1980 a 2024 dos 16 postos fluviométricos e dos 5 exutórios referentes as sub-bacias avaliadas (Ribeirão Boi Branco, Carrapatos, Guareí, das Posses e Rio Taquari).

Outro dado importante é a chuva diária observada, nesse estudo foi utilizada a chuva de estações pluviométricas da ANA. Foram selecionadas 312. Por se tratar de um modelo distribuído, as informações de chuva são interpoladas para o centroide de cada uma das minibacias obtidas no pré-processamento. Os dados de chuva são para o período de 01/01/1980 a 31/08/2024, que é a data final dos dados disponibilizados pela ANA.

Para otimizar a calibração do modelo, é utilizada a técnica de algoritmos genéticos, com aplicação de funções objetivo como o coeficiente de Nash-Sutcliffe (NS), o coeficiente de Nash-Sutcliffe aplicado ao logaritmo das vazões (NSlog) e o erro de volume dos hidrogramas (EV). Segundo Moriasi et al. (2007), quando os valores de NS e NSlog estão entre 0,75 e 1,0, o desempenho do modelo calibrado é considerado muito bom, indicando que as vazões simuladas estão bem próximas das observadas. Valores entre 0,65 e 0,75 indicam um desempenho bom, enquanto valores entre 0,50 e 0,65 são considerados satisfatórios. Já valores inferiores a 0,50 indicam que o modelo apresenta um desempenho inadequado.

RESULTADOS

No processo de calibração verificou-se que dentre os 16 postos, a série de vazão observada não contemplava todo o período avaliado, e que alguns destes postos selecionados possuíam série curta de vazão, com isso não foi possível realizar a calibração adequada nesses casos, além disso, os 5 exutórios de sub-bacias avaliadas não possuíam postos de vazão próximos que pudessem ser utilizados.

Com isso não foram calibrados os parâmetros das sub-bacia 7 (64082000), sub-bacia 10 (64120100) e a sub-bacia 13 (64190000) por possuírem séries curtas de vazão e da sub-bacia 12 (exutório ribeirão Guareí), sub-bacia 17 (exutório rio Taquari), sub-bacia 18 (exutório ribeirão Carrapatos), sub-bacia 19 (exutório ribeirão Boi Branco) e sub-bacia 20 (ribeirão das Posses). Embora não tenham sido inicialmente calibrados, os parâmetros de outras sub-bacias serão utilizados, de preferência de sub-bacias que estejam no mesmo curso d'água, ou que contribuam com aquela sub-bacia.

A Tabela 2 apresenta os resultados das estatísticas de eficiência do ajuste obtidas após o processo de calibração das sub-bacias que possuíam séries de vazão que fossem suficientes. Na Figura 2 verifica-se que o ajuste em alguns casos não estão dentro que é considerado ideal, porém, nos hidrogramas da Figura 3 verifica-se que no geral as vazões estão sendo bem representadas pelo modelo MGB, embora existam algumas deficiências na representação das vazões máximas, algo relacionado com o tamanho reduzido das sub-bacias e a qualidade dos dados de vazões observadas (ou a falta dos dados).

Embora não tenha sido realizada a calibração de todas as sub-bacias, ao se atribuir os valores de parâmetros de outras sub-bacias que tenham passado pelo processo de calibração que estejam no mesmo curso d'água, admite-se que as vazões simuladas pelo modelo sejam representativas, com isso, obtém-se as séries de vazões de todas as 21 sub-bacias apresentadas anteriormente, o que inclui o exutório das 5 sub-bacias avaliadas no projeto que não possuíam série de vazão observada. Sendo essa uma das funções de modelos hidrológicos, ou seja, obter séries de vazões sintéticas em locais onde não há a observação de vazão.

A partir dos valores de Q95% das 5 sub-bacias avaliadas foi feita uma calibração manual dos parâmetros do MGB-IPH. Onde se buscou minimizar as diferenças entre a vazões simuladas nos exutórios da 5 sub-bacias e os valores calculados pelo software SIGRH do SP Águas, que possui regionalização de vazões para o estado de São Paulo.

Tabela 2 – Valores dos coeficientes de ajuste do modelo MGB para a área de estudo.

Sub-bacia	NS	Nslog	ΔV	Observação
1	0,669	0,672	-6,098	Calibração 1980 a 1997
2	0,601	0,602	0,788	Início dos dados em 2015
3	0,763	0,817	4,695	Calibração 1980 a 1981
4	0,488	0,67	-17,893	Calibração 1980 a 2023
5	0,617	0,703	-0,294	Calibração 1980 a 2010
6	0,869	0,866	0,254	Calibração 1980 a 2010
7	-0,686	-0,466	6,347	19 dias de dados
8	0,807	0,759	1,736	Calibração 1980 a 1998
9	0,773	0,744	1,708	Calibração 1980 a 2000
10	-0,302	0,089	38,9	2 meses e 19 dias de dados
11	0,551	0,578	-10,09	Calibração 2011 a 2023
12	---	---	---	Exutório do Ribeirão Guareí
13	0,403	0,527	-14,429	3 meses e 13 dias de dados
14	0,262	0,467	1,175	Calibração 2012 a 2023
15	0,424	0,534	-4,037	Calibração 2012 a 2023
16	0,378	0,459	9,951	Calibração 2012
17	---	---	---	Exutório do Rio Taquari
18	---	---	---	Exutório do Ribeirão Carrapatos
19	---	---	---	Exutório do Ribeirão Boi Branco
20	---	---	---	Exutório do Ribeirão Posses
21	0,77	0,751	-7,223	Vazões afluentes da UHE Jurumirim

Figura 2 – Valores da estatística de calibração NSLog

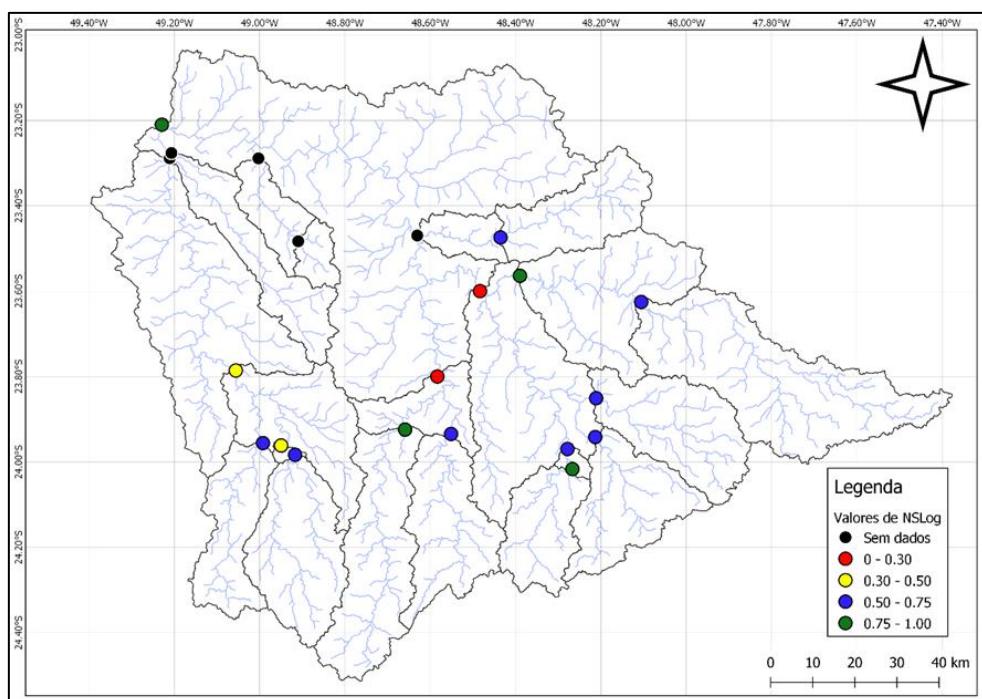
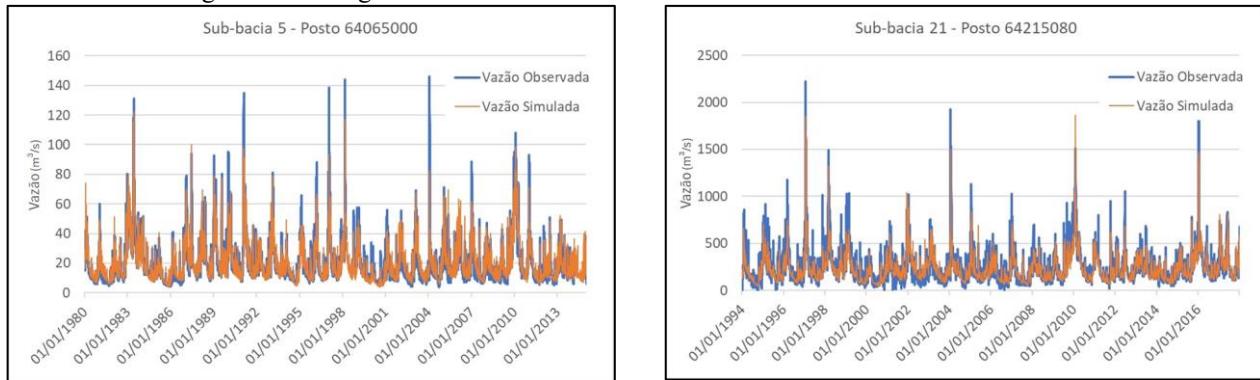


Figura 3 – Hidrograma de vazões observadas e vazões simuladas da sub-bacia 5 e 21



A Q95 é uma estatística hidrológica que representa a vazão que é igualada ou excedida em 95% do tempo, sendo um parâmetro essencial para a definição da disponibilidade hídrica mínima em uma bacia hidrográfica. Neste estudo, a Q95 foi calculada por meio da regionalização do software SIGRH, conforme as diretrizes do SP Águas, que é baseado em dados históricos dos postos fluviométricos e pluviométricos do estado de São Paulo.

Com o software SIGRH, é obtida a vazão Q95 inserindo as coordenadas dos postos (em graus, minutos e segundos) e a sua respectiva área de drenagem (km^2). Para o cálculo o software necessita, além das coordenadas e área de drenagem, da precipitação média anual (mm), porém ele já fornece esse valor através de um cálculo médio da região do ponto em questão. Então, através da Regionalização de vazões, o software fornece como resultado a vazão Q95 para os pontos inseridos onde não temos informações de vazão (exutórios).

A regionalização no SIGH se dá pela divisão do estado de São Paulo em diferentes unidades hidrográficas, por exemplo as letras grandes e amarelas (como R, Q, S, U, F, etc) indicam regiões hidrológicas dentro do Estado de São Paulo.

A partir disso, foram identificadas estas vazões para 5 exutórios da bacia do alto Paranapanema. Com uma área de drenagem de 794,69 km^2 , obteve-se a vazão Q95 de 2,430 m^3/s para o exutório do Ribeirão Guareí. Com uma área de drenagem de 3932,17 km^2 , obteve-se a vazão Q95 de 13,458 m^3/s para o exutório do Rio Taquari. Com uma área de drenagem de 584,26 km^2 , obteve-se a vazão Q95 de 2,061 m^3/s para o exutório Ribeirão Carrapatos. Com uma área de drenagem de 134,40 km^2 , obteve-se a vazão Q95 de 0,309 m^3/s para o exutório Ribeirão Boi Branco. Com uma área de drenagem de 405,22 km^2 , obteve-se a vazão Q95 de 1,154 m^3/s para o exutório Ribeirão das Posses.

Após a calibração manual dos parâmetros do MGB, foram obtidos os valores de Q95% apresentados na Tabela 3, sendo essa a vazão de interesse para outorgas. Buscou-se na calibração ajustar os valores obtidos no software do SP Águas, alterando os valores dos parâmetros obtidos na calibração das sub-bacias que tinham dados de vazões observadas e atribuídos a cada um dos exutórios. Verifica-se que os valores obtidos pelo MGB-IPH apresentam pequena diferença em relação aos valores da regionalização de vazões, indicando que o modelo pode ser um substituto ou complemento para os métodos tradicionais de obtenção da vazão de referência. Além disso, tem-se a vantagem de gerar uma série temporal de vazões de 1980 a 2024, que possibilita realizar análises mais completas da disponibilidade hídrica nas bacias.

Tabela 3 – Valores de Q95% calculados por regionalização e pelo modelo MGB-IPH

Sub-bacia	Guareí	Taquari	Carrapato	Boi Branco	Posses
MGB - Q95% (m ³ /s)	2,39	14,33	2,25	0,32	1,25
SP Águas - Q95% (m ³ /s)	2,43	13,46	2,06	0,31	1,15
Diferença (%)	1,55%	-6,09%	-8,22%	-3,44%	-7,95%

CONCLUSÃO

O presente trabalho apresentou o ajuste do modelo hidrológico MGB-IPH às sub-bacias do Alto Paranapanema, para o período de 1980 a 2024. O modelo foi ajustado com base em dados de estações fluviométricas da bacia e postos pluviométricos da ANA, sendo os resultados de calibração expandidos para as bacias sem dados. Os resultados obtidos mostram que foi possível obter ajustes considerados bons ou muito bons na maioria das sub-bacias calibradas e que o modelo é capaz de representar adequadamente a vazão de referência Q95. Alguns resultados não foram considerados bons devido, provavelmente, ao grande número de pequenos reservatórios existentes em algumas áreas da bacia.

Dessa forma, o modelo MGB-IPH pode ser considerado como uma ferramenta de auxílio à gestão de recursos hídricos na bacia do Alto Paranapanema. Além das estimativas da vazão de referência, o modelo fornece séries temporais de vazões diárias que possibilitam avaliar a influência de reservatórios e cálculos de garantias de atendimento para diferentes níveis de risco. Ainda como vantagem, o modelo pode ser recalibrado e atualizado com facilidade. Novos dados podem ser inseridos e resultados com maior nível de detalhamento também podem ser gerados, conforme evoluem as necessidades de gestão nas diferentes partes da bacia.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Associação do Sudoeste Paulista de Irrigação e Plantio na Palha (ASPIPP) pelo financiamento dos estudos e à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) pela disponibilização dos dados hidrológicos.

REFERÊNCIAS

- BRITO NETO, R. L.; TAGLIAFERRE, C.; LEMOS, O. L.; ROCHA, F. A.; PAULA, A. de (2021). “Aplicação do modelo MGB-IPH na bacia hidrográfica do Rio Pardo em diferentes cenários de uso e ocupação do solo”. Ciência Florestal, [S. l.], v. 31, n. 1, pp. 191–213.
- COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO PARANAPANEMA – CBH-ALPA (2023). “Relatório de Situação dos Recursos Hídricos da UGRHI-14 – Alto Paranapanema” – 2023 – Ano Base 2022.
- COLLISCHONN, W (2001). “Simulação Hidrológica de Grandes Bacias”. Porto Alegre: UFRGS. Tese, Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 194p.

- Fan F. M., Buarque D. C., Pontes, P.R.M., Collischonn W (2015). “*Um mapa de unidades de resposta hidrológica para a América do Sul*”. in Anais do XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos de Brasília, Distrito Federal, Nov. 2015, 1, pp 1 - 8.
- MA, L.; HE, C.; BIAN, H.; SHENG, L (2016). “*MIKE SHE modeling of ecohydrological processes: Merits, applications, and challenges*”. Ecological Engineering. v.96, pp. 137 – 149.
- MARTINS, Cinthia Mara Santos (2017). “*Previsão de cheias por conjunto para bacia hidrográfica do rio Sapucaí*”. Itajubá, MG, 2017. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Itajubá, 101p.
- MORIASI, D. N.; ARNOLD, J. G.; LIEW, M. W. van; BINGER, R. L.; HARMEL, R. D.; VEITH, T. L. “*Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations*”. Transactions of the ASABE. v.50, p.885-900, 2007.
- OBREGON, E.; TUCCI, C. E. M; GOLDENFUM, J. A (1999). “*Regionalização de vazões com base em séries estendidas: bacias afluentes à lagoa Mirim, RS*”. Revista Brasileira de Recursos Hídricos-RBRH, v.4, n.1, p. 57- 75.
- PAIVA, M. H. R.; SANTIAGO, A. F.; DIAS, L. C. P.; GOMES, P. C. S (2024). “*Validation of the MGB-IPH hydrological model for flows simulation in paired watershed in Minas Gerais, Brazil*”. Ecological Modelling, v.491.
- PASSOS, F. O.; SILVA, B. C.; SILVA, F. G. B (2021). “*Avaliação de Impactos de Mudanças no Uso e Manejo do Solo Sobre as Vazões da Bacia Hidrográfica do Ribeirão José Pereira, utilizando o Modelo SWAT*”. Revista Brasileira de Geografia Física, v.14, n.2, p. 618 – 634.
- PEREIRA F.; PINTO, A. J. M.; Costa, A. R.R.; MANFREDINI, L.; LIMA, F. A. de; PINTO, A. C. e C.; MORIBE, Carlos H.; VEMADO, F.; SILVA JÚNIOR, I. W. da (2020). “*Sistema Integrado de Estimativa e Previsão de Precipitação para Bacias Hidrográficas da CESP*”. Revista Brasileira de Meteorologia, [S.L.], v. 35, n. 4, p. 529-552.
- SPRUILL, C. A.; WORKMAN, S. R.; TARABA, J. L (2000). “*Simulation of daily and Monthly stream discharge from small watersheds using the SWAT model*”. Transactions of the ASAE, v. 43, p.1431-1439.
- TUCCI, C. E. M. *Regionalização de vazões*. 1. ed. Porto Alegre: ABRH, 2017.
- VISESSRIA, S.; MCINTYREB, N (2016). “*Regionalisation of hydrological responses under land-use change and variable data quality*”. Hydrological Sciences Journal – Journal Des Sciences Hydrologiques, v.61, n.2, p. 302 – 320.
- ZHANG, Y.; CHIEW, F. H. S (2009). “*Relative merits of different methods for runoff predictions in ungauged catchments*”. Water Resources Research. v.45, n.12, p. 1- 13.