USO DO MODELO SWAT NA GESTÃO INTEGRADA DOS RECURSOS HÍDRICOS: UM ESTUDO NA BACIA HIDROGRÁFICA GL-2 EM PERNAMBUCO

Maria da Conceição da Silva [1] ; Paulo Marcelo Cavalcanti de Oliveira Souza [2]; Josiclêda Domiciano Galvíncio[3].

RESUMO – A gestão dos recursos hídricos em bacias hidrográficas urbanizadas constitui um dos principais desafios ao desenvolvimento sustentável, especialmente em áreas sujeitas a inundações recorrentes. Nesse contexto, este estudo avaliou a aplicabilidade do modelo hidrológico Soil and Water Assessment Tool (SWAT) como ferramenta de suporte ao planejamento e à gestão hídrica da Bacia Hidrográfica do Grupo de Pequenos Rios Litorâneos 2 (GL-2), localizada no litoral de Pernambuco. Para a modelagem, foram utilizados dados de relevo, solos, uso e ocupação da terra e séries climatológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A calibração e validação do modelo foram realizadas no software SWAT-CUP, utilizando o algoritmo SUFI-2, com base na comparação entre vazões simuladas e observadas em seis sub-bacias monitoradas pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), no período de 1986 a 2023. Os resultados indicaram desempenho satisfatório do modelo na maior parte da bacia, com coeficientes de Nash-Sutcliffe superiores aos limites recomendados para simulações hidrológicas mensais. O balanço hídrico calibrado evidenciou aumento da infiltração e redução do escoamento superficial. Conclui-se que o modelo SWAT apresentou elevada capacidade de representar os processos hidrológicos da bacia GL-2, demonstrando potencial para subsidiar ações de planejamento territorial e gestão integrada dos recursos hídricos.

ABSTRACT– Urban watershed management remains one of the major challenges to sustainable development, particularly in areas prone to recurrent flooding. In this context, this study evaluated the applicability of the Soil and Water Assessment Tool (SWAT) hydrological model as a decision-support tool for water resources planning and management in the Small Coastal River Basin Group 2 (GL-2), located along the coast of Pernambuco, Brazil. The model was built using topographic data, soil maps, land use and land cover information, and climate time series obtained from the Brazilian National Institute of Meteorology (INMET). Model calibration and validation were performed using the SWAT-CUP software with the SUFI-2 algorithm, based on a comparison between simulated and observed streamflow data from six gauged sub-basins monitored by the National Water and Sanitation Agency (ANA) over the period 1986–2023. The results indicated satisfactory model performance across most of the watershed, with Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) values above commonly accepted thresholds for monthly hydrological simulations. The calibrated water balance showed an increase in infiltration processes and a reduction in surface runoff, reflecting improved representation of hydrological behavior after parameter adjustment. Overall, the SWAT model demonstrated strong capability in reproducing the hydrological processes of the GL-2 basin, highlighting its potential as a robust tool to support territorial planning and integrated water resources management in urbanized catchments.

[1]) Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Av. Prof. Moraes Rego,1235 – Cid. Universitária, Recife - PE., conceicao.silva4@ufpe.br
[2]) Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Av. Prof. Moraes Rego,1235 – Cid. Universitária, Recife - PE., paulo.marcelocavalcanti@ufpe.br
[2]) Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Av. Prof. Moraes Rego,1235 – Cid. Universitária, Recife - PE., josicleda.galvincio@ufpe.br

Palavras-Chave – Modelagem Hidrológica; SWAT, Urbanização.

1. INTRODUÇÃO

A crescente urbanização tem provocado profundas alterações nos processos hidrológicos das bacias hidrográficas, especialmente em regiões metropolitanas. A substituição da cobertura vegetal por superfícies impermeáveis reduz a infiltração da água no solo, aumenta o escoamento superficial e favorece a ocorrência de alagamentos e inundações.

A Bacia Hidrográfica do Grupo de Pequenos Rios Litorâneos 2 (GL-2), localizada no litoral de Pernambuco, insere-se nesse contexto. A bacia apresenta intensa ocupação urbana e recorrentes problemas relacionados ao excesso de escoamento superficial, agravados pela insuficiência da infraestrutura de drenagem e pela ocupação irregular das margens dos cursos d'água.

Nesse cenário, a modelagem hidrológica surge como importante instrumento de apoio à gestão integrada dos recursos hídricos. Entre os modelos disponíveis, destaca-se o Soil and Water Assessment Tool (SWAT), amplamente utilizado para simular processos hidrológicos, avaliar impactos de mudanças no uso da terra e subsidiar a elaboração de cenários de planejamento ambiental.

Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo avaliar a aplicabilidade do modelo SWAT como ferramenta de compreensão e suporte ao planejamento dos recursos hídricos na bacia hidrográfica GL-2.

2. MATERIAIS E METÓDOS

2.1 Área de estudo

O Grupo de Bacias de Pequenos Rios Litorâneos 2 (GL-2), localiza-se no litoral de Pernambuco. Está inserido entre as latitudes 08° 02’ 42” e 08° 25’ 59” sul, e 34° 52’ 27” e 35° 23’ 06” oeste. Apresenta uma área de 1.264,94 km2, estando totalmente inserido no Estado de Pernambuco, o que representa 1,29% do território estadual. O grupo GL-2 abrange 9 municípios, sendo Cabo de Santo Agostinho e Jaboatão dos Guararapes totalmente inseridos, Escada, Ipojuca, Moreno (sede), Pombos, Recife, São Lourenço da Mata e Vitória de Santo Antão parcialmente inseridos (Figura 1).

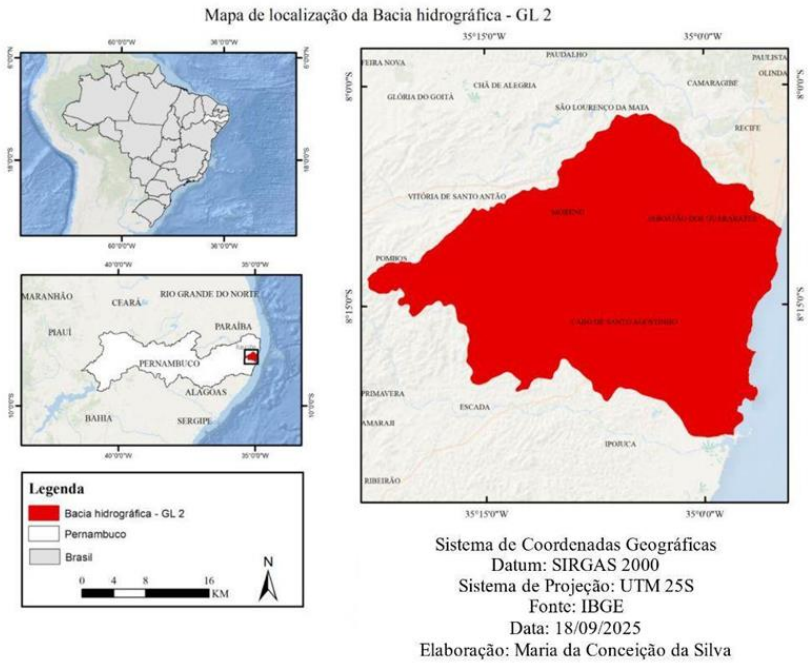


Figura 1 – Localização GL-2

A região apresenta predominância de Argissolos Vermelho-Amarelos e Latossolos Amarelos distróficos, além de relevo caracterizado principalmente por áreas planas e suavemente onduladas. Essas características influenciam diretamente a dinâmica hidrológica, favorecendo a ocorrência de áreas suscetíveis a alagamentos.

2.2 Construção da base de dados

A construção da base de dados constitui uma etapa fundamental para a aplicação do modelo hidrológico SWAT, uma vez que permite representar as características físicas e ambientais da bacia hidrográfica e suas interações com os processos hidrológicos (Oliveira, 2014). O modelo pode ser executado em diferentes plataformas de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), como o ArcGIS, por meio da extensão ArcSWAT, e o QGIS, através do QSWAT, que oferecem interfaces gráficas para a parametrização e execução das simulações.

Para a modelagem da bacia GL-2, foram utilizados dados espaciais de relevo, uso e ocupação da terra e tipos de solo, além de informações climáticas obtidas junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Inicialmente, foi inserido o Modelo Digital de Elevação (DEM), utilizado para a delimitação automática da bacia hidrográfica, definição da rede de drenagem e identificação dos exutórios.

Posteriormente, foram incorporados os mapas de uso e ocupação da terra e de solos. A integração dessas informações com as classes de declividade permitiu a geração das Unidades de Resposta Hidrológica (HRUs), consideradas as menores unidades de análise do modelo. As HRUs representam áreas homogêneas em relação às características de solo, cobertura da terra e relevo, possibilitando a simulação espacialmente distribuída dos processos hidrológicos.

Além dos dados espaciais, foram inseridas séries históricas de precipitação, temperatura máxima e mínima, radiação solar, velocidade do vento e umidade relativa do ar. Após a organização e parametrização da base de dados, o modelo foi executado para simular o comportamento hidrológico da bacia, sendo posteriormente submetido aos processos de calibração e validação. Conforme ilustrado na Figura 2, o fluxograma da configuração do modelo SWAT apresenta de forma sequencial as etapas de entrada de dados, processamento, evidenciando a estrutura metodológica adotada na modelagem da bacia GL-2.

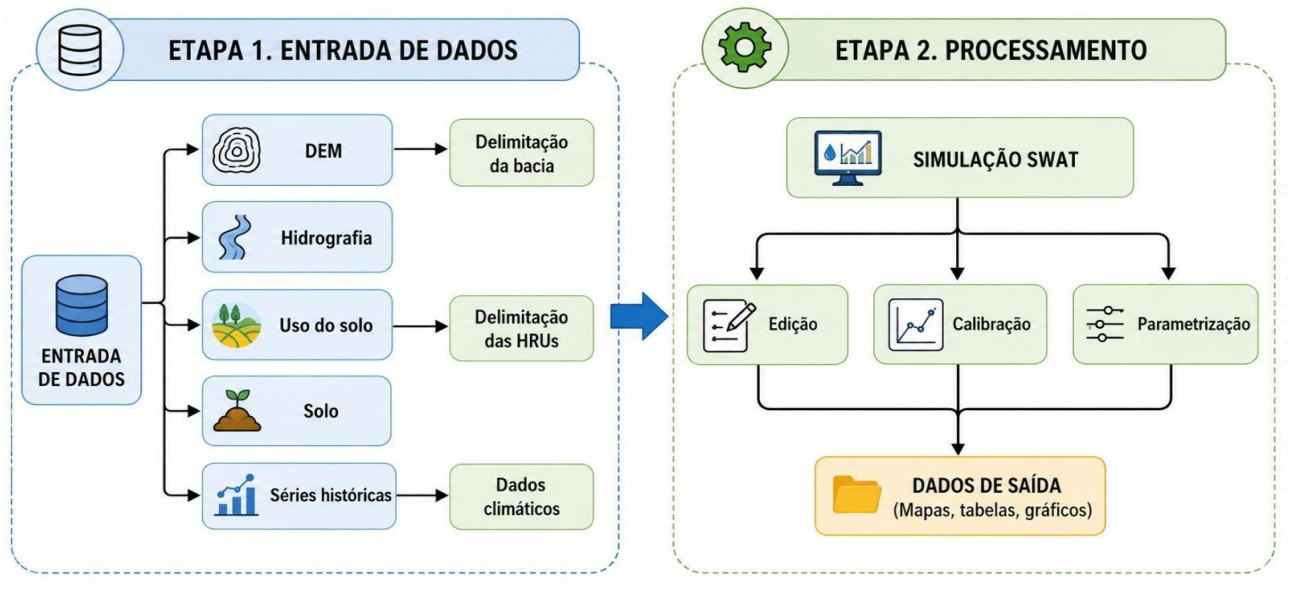


Figura 2 – Fluxograma configuração do modelo SWAT

2.3 Calibração e validação

A modelagem hidrológica no SWAT envolve etapas sequenciais que compreendem o processamento dos dados de entrada, a definição dos parâmetros do modelo e a execução das simulações. Para as etapas de calibração e validação, foram utilizadas séries históricas de vazão obtidas junto à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), abrangendo o período de 1986 a 2023.

O processo de calibração foi realizado por meio do software SWAT-CUP, o qual atua na otimização dos parâmetros do modelo a partir de sucessivas iterações, ajustando os valores dentro de intervalos pré-estabelecidos com o objetivo de melhorar a representação dos dados observados. Para a análise de sensibilidade, utilizou-se o algoritmo SUFI-2 (Sequential Uncertainty Fitting, versão 2) (Abbaspour et al., 2004), que fornece duas estatísticas principais para cada parâmetro: o t-stat, que indica o grau de sensibilidade (quanto maior o valor absoluto, mais sensível é o parâmetro), e o p-value, que avalia a significância estatística dessa sensibilidade, sendo valores próximos de zero indicativos de parâmetros mais relevantes para o modelo.

A correlação entre os dados observados das estações fluviométricas e as respectivas sub-bacias do modelo foi realizada considerando as unidades espaciais delimitadas na bacia de estudo. Neste trabalho, foram utilizadas as sub-bacias 24, 101, 139, 147, 163 e 169, conforme ilustrado na Figura 3.

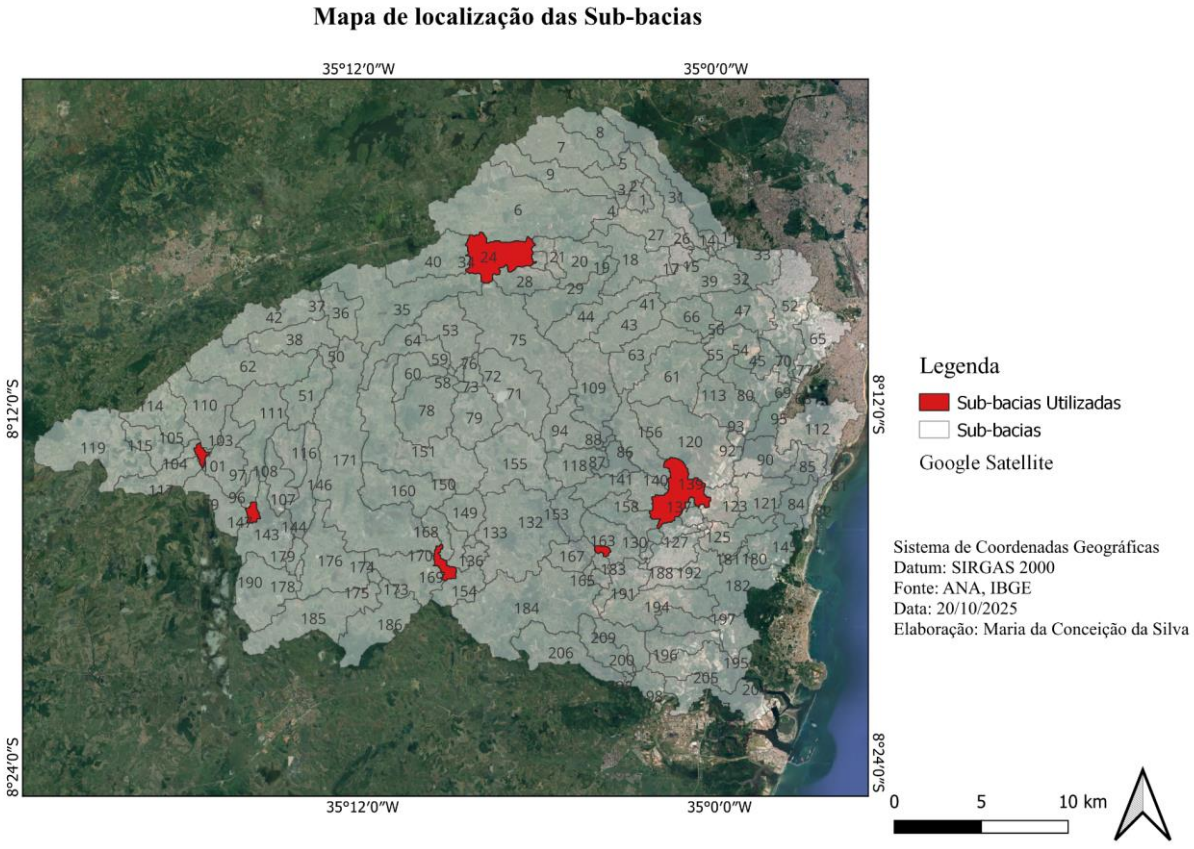


Figura 3 – Localização das Sub-bacias

No SWAT-CUP, foi criado um projeto considerando dados da bacia GL-2 a partir de 1961, com definição das variáveis de vazão, período de observação e um período de aquecimento de cinco

anos, de modo que as simulações passaram a ser consideradas a partir de 1966. Foram selecionados 13 parâmetros sensíveis para calibração, os quais influenciam diretamente os processos de escoamento superficial e subterrâneo. A descrição desses parâmetros, bem como os métodos de ajuste (replace ou relative), os intervalos testados e os valores calibrados finais, são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Classificação do desempenho da calibração

Parâmetro	Descrição	Método	Método de alteração	Min	Máx	Valor Calibrado
GW_DELAY	Tempo de atraso para recarga do aquífero profundo (dias)	Replace	Substituição	41,02	66,44	53,74
GWQMN	Limite de água no aquífero raso para fluxo de retorno (mm)	Replace	Substituição	7,1	21,13	12.088
REVAPMN	Profundidade limite no aquífero raso para ocorrer o fluxo de retorno (mm)	Replace	Substituição	184,26	515,21	253,88
GW_REVAP	Ascensão de água à zona de saturação	Replace	Substituição	0,08	0,21	0,215
ALPHA_BF	Fator de escoamento de base (dias)	Replace	Substituição	0,001	0,002	0,001
SOL_AWC	Capacidade de água disponível no solo	Relative	Multiplicação	-0,02	0,5	0,325
SHALLST	Armazenamento de água no solo (mm)	Replace	Substituição	25	363,28	32,93
ESCO	Fator de compensação da evaporação do solo	Replace	Substituição	0,44	0,69	0,47
CN2	Número inicial para a condição de umidade no solo	Relative	Multiplicação	-0,2	-0,3	-0,29
FCIMP	Fração de área impermeável diretamente conectada em área urbana	Replace	Substituição	0,32	0,6	0,39
FIMP	Fração total de área impermeável, incluindo áreas impermeáveis direta e indiretamente conectadas	Replace	Substituição	0,34	0,77	0,37
POT_FR	Fração da área da HRU que drena para depressões	Replace	Substituição	0,05	0,14	0,13
POT_VOL	Volume inicial de água armazenada em depressões	Replace	Substituição	0,1	0,36	0,34

O processo de calibração envolveu a realização de 100 simulações para cada variável analisada, totalizando 1.300 simulações, com o objetivo de reduzir incertezas e ajustar o modelo às condições observadas na bacia. Após a obtenção dos parâmetros calibrados, estes foram aplicados à etapa de validação, na qual o modelo apresentou um total de 651 simulações consideradas satisfatórias.

A avaliação do desempenho do modelo foi realizada com base em dois indicadores estatísticos principais: o coeficiente de eficiência de Nash-Sutcliffe (NS) e o coeficiente de determinação (R^2). De acordo com Moriasi et al. (2007), valores de NS e R^2 superiores a 0,50 são considerados adequados para simulações hidrológicas em escala de bacia hidrográfica.

Na etapa de validação, o modelo apresentou desempenho consistente, com valores de NS variando entre 0,47 e 0,59 e R^2 entre 0,48 e 0,66. Embora os valores mínimos (0,47 e 0,48) se encontrem ligeiramente abaixo do limiar de referência, os valores máximos obtidos (NS = 0,59 e R^2 = 0,66) indicam que o modelo foi capaz de reproduzir adequadamente a tendência e a magnitude dos hidrogramas observados.

Dessa forma, considera-se que a calibração foi satisfatória para a representação dos processos hidrológicos da bacia estudada, levando em conta a complexidade do sistema e as incertezas associadas aos dados de entrada.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Desempenho do modelo

Os resultados indicaram desempenho satisfatório do modelo para a maior parte das sub-bacias analisadas. Os valores de NSE variaram entre 0,53 e 0,54 nas principais áreas contribuintes, enquanto os coeficientes R^2 atingiram valores entre 0,56 e 0,69.

As sub-bacias 163 e 169 apresentaram os melhores resultados, evidenciando boa representação dos processos hidrológicos e adequada reprodução da variabilidade temporal das vazões observadas. Em contrapartida, as sub-bacias 24 e 101 apresentaram desempenho inferior, possivelmente associado à elevada urbanização e à rápida resposta hidrológica dessas áreas.

Observou-se tendência de superestimativa das vazões simuladas, indicada pelos valores negativos de PBIAS. Contudo, essa tendência permaneceu dentro dos limites considerados aceitáveis para as principais sub-bacias monitoradas. A elevada sensibilidade do parâmetro Curve Number (CN2) demonstrou a forte influência das condições de uso e ocupação do solo na geração do escoamento superficial, resultado compatível com estudos recentes que utilizam o modelo SWAT em ambientes urbanizados.

3.2 Balanço hídrico da bacia GL-2

O balanço hídrico estimado pelo modelo evidenciou precipitação média anual de 2.160,9 mm. Antes da calibração, a evapotranspiração real foi estimada em 810,4 mm e o escoamento superficial em 715,63 mm.

Após a calibração, ocorreu significativa alteração na distribuição dos componentes hidrológicos. A evapotranspiração real aumentou para 1.213,8 mm, enquanto o escoamento superficial foi reduzido para 190,81 mm.

A principal modificação esteve associada à redução do parâmetro Curve Number de 79,69 para 57,4, indicando maior capacidade de infiltração dos solos e melhor representação dos processos físicos da bacia. Como consequência, houve aumento da recarga subterrânea e dos fluxos subsuperficiais, resultando em um balanço hídrico mais coerente com as características ambientais da área de estudo.

3.3 Avaliação e desempenho do modelo

A calibração foi avaliada com base nas métricas estatísticas recomendadas por Moriasi et al. (2007). A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos para seis sub-bacias monitoradas na área de estudo.

Componente do balanço hídrico	Antes da calibração (mm)	Depois da calibração (mm
Precipitação	2160,9	2165,9
Evapotranspiração real	810,4	1213,8
PET	1461,5	2000,3
Escoamento superficial	715,63	190,81
Retorno do fluxo subterrâneo	334,69	373,62
Percolação para aquífero raso	380,09	421,64
Recarga para aquífero profundo	19	21,08
Revap do aquífero raso	26,47	24,81
Curve Number médio (CN)	79,69	57,4

Tabela 2 – Comparação do balanço hídrico antes e após a calibração do modelo SWAT

A análise dos resultados indica que o modelo apresentou desempenho satisfatório para a dinâmica hidrológica da bacia, especialmente nas sub-bacias de maior representatividade hidrológica. Os coeficientes de Nash-Sutcliffe (NSE) nas sub-bacias 139, 147, 163 e 169 variaram entre 0,53 e 0,54, superando o limite mínimo de 0,50 estabelecido pela literatura para simulações em escala mensal.

Esses resultados demonstram que o modelo foi capaz de reproduzir adequadamente a variabilidade temporal das vazões, bem como os padrões de ocorrência de picos de escoamento, ainda que com limitações pontuais em algumas sub-bacias específicas.

3.4 Simulação de cenários para gestão hídrica

Com base no modelo calibrado, foi simulado um cenário de intervenção hidráulica na calha dos cursos d'água utilizando o módulo SWAT Editor. O procedimento consistiu na alteração do arquivo de propagação de vazão (.rte), com modificação do parâmetro CH_D (Average Channel Depth), responsável por representar a profundidade média do canal.

Foi considerado um cenário de aumento de 10% na profundidade da calha principal das sub-bacias da área de estudo (bacia GL-2), representando uma situação hipotética de desassoreamento ou dragagem com o objetivo de melhorar a capacidade de escoamento do sistema fluvial. A Tabela 3 apresenta as variações nas vazões simuladas (FLOW_OUT) após a alteração do parâmetro.

Sub-bacia	CH_D sem calibração	CH_D com calibração	FLOW_OUT sem calibração	FLOW_OUT com calibração	Redução da vazão (%)
24	0,7869	0,8655	2,476	2,190	-11,55
101	0,5890	0,6479	1,201	1,055	-12,16
139	0,9421	1,0363	4,661	3,758	-19,37
147	0,7700	0,8470	2,341	2,055	-12,22
163	1,3720	1,5092	10,180	8,610	-15,42
169	1,1358	1,2494	6,227	5,423	-12,91

Tabela 3 – Alteração do parâmetro CH_D e resposta da vazão simulada (FLOW_OUT)

Os resultados indicam que o aumento da profundidade promoveu redução das vazões simuladas em todas as sub-bacias analisadas, evidenciando alterações na dinâmica do escoamento fluvial. Esse comportamento sugere maior eficiência hidráulica do canal, com redistribuição da energia do fluxo ao longo do sistema.

Do ponto de vista ambiental, essa redução pode contribuir para a diminuição da energia do escoamento, reduzindo a capacidade de transporte de sedimentos e, consequentemente, mitigando processos erosivos no leito e nas margens dos canais. Além disso, a menor mobilização de sedimentos pode reduzir o transporte associado de nutrientes, como fósforo e nitrogênio, favorecendo potenciais melhorias na qualidade da água da bacia.

As limitações observadas em algumas sub-bacias reforçam padrões descritos na literatura. El Harraki e Zemzami (2025) destacam que incertezas em simulações hidrológicas com o SWAT estão frequentemente associadas à qualidade e à resolução dos dados climáticos, especialmente em regiões com baixa densidade de estações meteorológicas. Os autores também apontam que eventos extremos de precipitação representam um dos principais desafios para modelos hidrológicos semi-distribuídos, devido à dificuldade de representação da variabilidade espacial das chuvas intensas.

De forma semelhante, Dubey et al. (2023) indicam que, embora o SWAT apresente bom desempenho na simulação do balanço hídrico em escala de longo prazo, ainda existem limitações na representação de eventos extremos, como enchentes rápidas e períodos de seca, especialmente em áreas urbanizadas sob forte influência antrópica.

4. CONCLUSÃO

O presente estudo confirmou a aplicabilidade do modelo hidrológico SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*) como ferramenta de suporte à gestão dos recursos hídricos na bacia hidrográfica GL-2. Os processos de calibração e validação apresentaram desempenho satisfatório, evidenciando que o uso de múltiplos parâmetros é essencial para a adequada representação dos processos hidrológicos.

Uma das principais dificuldades encontradas esteve relacionada à escassez de literatura técnica específica para a bacia GL-2, o que limitou a caracterização inicial da área de estudo. Apesar disso, os resultados demonstraram que o ajuste dos parâmetros físicos foi determinante para

o aprimoramento das simulações, destacando-se a redução do Curve Number (de 79,69 para 57,4), que contribuiu para a correção da superestimativa do escoamento superficial.

O estudo também evidencia a necessidade de desenvolvimento de bases de dados de solos e uso e ocupação da terra mais adequadas às condições brasileiras, uma vez que a utilização de parâmetros padronizados para outras realidades pode introduzir incertezas nas simulações hidrológicas. Nesse sentido, a construção de bancos de dados nacionais mais detalhados poderia aumentar a precisão e a aplicabilidade dos modelos hidrológicos em escala regional.

Apesar dessas limitações, o desempenho do conjunto SWAT e SWAT-CUP demonstrou-se eficiente na representação do balanço hídrico da bacia, evidenciando seu potencial como ferramenta de apoio à gestão ambiental e ao planejamento dos recursos hídricos, especialmente em contextos de bacias urbanizadas.

Por fim, os resultados obtidos estão em consonância com a literatura recente, que destaca a ampla aplicação do SWAT em estudos de disponibilidade hídrica, mudanças climáticas e planejamento ambiental, bem como sua capacidade de simular cenários hidrológicos em diferentes escalas temporais. Contudo, reforça-se que a qualidade dos dados de entrada permanece como um dos principais fatores limitantes para a confiabilidade das simulações.

AGRADECIMENTOS

Agradece-se à orientação, à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e à Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC), pela disponibilização dos dados hidrometeorológicos essenciais à realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

AL KHOURY, I.; BOITHIAS, L.; LABAT, D. (2023). A review of the application of the Soil and Water Assessment Tool (SWAT) in karst watersheds. *Water*, Basel, v. 15, n. 5, art. 954. DOI: https://doi.org/10.3390/w15050954.

ARNOLD, J. G.; ALLEN, P. M. (1996). Estimating hydrologic budgets for three Illinois watersheds. *Journal of Hydrology*, v. 176, p. 57–77.

ARNOLD, J. G. et al. (1998). Large-area hydrologic modeling and assessment: Part I. Model development. *Journal of the American Water Resources Association*, v. 34, n. 1, p. 73–89.

BRESSIANI, D. A. et al. (2015). Review of Soil and Water Assessment Tool (SWAT) applications in Brazil: challenges and prospects. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, v. 8, n. 3, p. 1–27.

CARVALHO, A. T. F.; GIRÃO, O. S.; CABRAL, J. J. S. P. (2017). Efeitos do revestimento de canal e impermeabilização do solo à dinâmica de inundação do Rio Arrombados – PE. *Revista Geociências*, v. 36, n. 1, p. 76–88.

DEVIA, G. K.; GANASRI, B. P.; DWARAKISH, G. A. (2015). A review on hydrological models. *Aquatic Procedia*, v. 4, p. 1001–1007.

DUBEY, S. K. et al. (2023). Hydroclimatic impact assessment using the SWAT model in India—state of the art review. *Sustainability*, Basel, v. 15, n. 22, art. 15779. DOI: https://doi.org/10.3390/su152215779.

EL HARRAKI, W.; ZEMZAMI, M. (2025). Assessing climate change's impacts on hydrology using the SWAT model: a literature review. *Journal of Water and Climate Change*, v. 16, n. 6, p. 1979–1996. DOI: https://doi.org/10.2166/wcc.2025.665.

GASSMAN, P. W. et al. (2007). The Soil and Water Assessment Tool: historical development, applications, and future research directions. *Transactions of the ASABE*, v. 50, n. 4, p. 1211–1250.

NEITSCH, S. L. et al. (2011). *Soil and Water Assessment Tool: theoretical documentation*. Temple: Agricultural Research Service.

OLIVEIRA, L. T. (2014). Aplicação do modelo SWAT para simular vazões em uma bacia hidrográfica em Aracruz, ES. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo.

ROCHA, A. K. P. et al. (2023). Revisiting the application of the SWAT model in arid and semi-arid regions: a selection from 2009 to 2022. *Theoretical and Applied Climatology*, v. 154, p. 7–27. DOI: https://doi.org/10.1007/s00704-023-04546-6.

SILVA, M. A. R. (2003). Economia dos recursos naturais. In: MAY, P.; LUSTOSA, M. C.; VINHA, V. (org.). *Economia do meio ambiente: teoria e prática*. Rio de Janeiro: Campus.

SILVA, O. G.; CORRÊA, A. C. B. (2015). Progressos nos estudos de geomorfologia fluvial urbana ao final do século XX. *Geo UERJ*, n. 26, p. 245–269.

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. (2005). *Modelos hidrológicos*. 2. ed. Porto Alegre: ABRH/UFRGS.

TUCCI, C. E. M. (2007). *Hidrologia: ciência e aplicação*. 4. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH.

TUCCI, C. E. M. (2008). Águas urbanas. *Estudos Avançados*, v. 22, n. 63, p. 97–112. DOI: https://doi.org/10.1590/S0103-40142008000200007.