

ESTIMATIVA DO REGIME HIDROLÓGICO DA BACIA DO RIO PARAIBUNA UTILIZANDO O MODELO SWAT

Benedito, Yago Vinícius Motta^{1*}
Ribeiro, Celso Bandeira de Melo²

¹ Estudante de Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária, UFJF

² Professor orientador, Engenharia Ambiental e Sanitária, UFJF

* yago.motta@engenharia.ufjf.br

RESUMO

A Utilização da modelagem computacional aliada à gestão dos recursos hídricos e ao gerenciamento de bacias vem ganhando cada vez mais espaço no decorrer das evoluções das tecnologias dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Através destes instrumentos, torna-se possível prever situações futuras com a inclusão de forçantes, assim como o monitoramento da situação atual de corpos d'água, reservatórios e áreas de interesse, com o objetivo de sanar questões ambientais provenientes do uso e manipulação dos recursos naturais. A própria Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) alerta para o cuidado dos usos múltiplos da água para evitar a degradação e as disputas pela distribuição do bem, dotado de valor econômico. Neste sentido, o presente estudo realizou através da ferramenta de modelagem Soil and Water Assessment Tool (SWAT) uma análise hidrológica da bacia do rio Paraibuna no intuito de comparar os valores observados de vazões nas estações selecionadas com os valores estimados pelo modelo. Como resultado preliminar, obteve-se uma calibração com valores de coeficientes estatísticos inferiores aos desejados, sendo eles o coeficiente de Nash-Sutcliffe (NS=0,36), o coeficiente de Determinação ($R^2=0,60$) e o coeficiente de Tendência Média (PBIAS= 28,0).

Palavras Chave: Análise Hidrológica, calibração, SWAT-CUP.

INTRODUÇÃO

Amplamente utilizada nos estudos mais recentes na modelagem hidrológica, o *software* SWAT consolidou-se como uma ferramenta útil na geração de modelos consistentes, não se restringindo na análise hidrossedimentológica, mas expandido para outros usos e análises em bacias hidrográficas. Elaborado no Texas, EUA com o suporte da United State Department of Agriculture (USDA), o SWAT possibilitou a integração dos estudos, outrora baseados em observações puras de dados, com sistemas de referência geográficos com interfaces no *ArcGIS* (NEITSCH et al, 2005). Além disso, tornou-se possível a integração do funcionamento das bacias e seu regime hidrológico com os impactos no solo, qualidade da água, plantio e o próprio transporte de sedimentos, sem contar a oportunidade de geração de cenários futuros.

Em sua primeira etapa, o SWAT realiza uma sobreposição de tipo de solo, uso e ocupação e declividade do terreno a fim de gerar Unidades de Resposta Hidrológica (HRU), as quais respondem na geração do modelo no próprio *ArcSWAT*. O número de HRUs varia de acordo com as distribuições de cada camada, assim como o tamanho da bacia modelada, o que pode comportar em maior tempo de formulação do modelo. Através deste insumo, recorre-se à segunda etapa no SWAT CUP para calibração e validação. Todavia, apresenta-se como uma complicação do modelo a grande quantidade de parâmetros e variáveis que interagem entre si, o que pode proporcionar erros na execução assim como uma quantidade considerável de informações a disponibilizar (ROSA, 2016).

Com a sua ampla utilização, o SWAT vem sendo empregado em alguns cenários de estudos em bacias de tamanhos diversos, desde dimensões menores, como é o caso deste trabalho, até áreas continentais, como aquele realizado em bacias europeias por ABBASPOUR (2015) e RIBEIRO et al. (2015), no Brasil. De maneira similar ao realizado na Bacia do Paraibuna, muitos outros projetos vêm ganhando espaço diante dos alarmes produzidos quanto às mudanças climáticas constantes e aos eventos extremos que a cada vez mais são noticiados, o que preocupa a comunidade acadêmica e a sociedade de modo geral. Isto pode ser justificado com o aumento de artigos, teses e dissertações desenvolvidas com o SWAT nesta temática, desde a Bacia do Rio Krishna, na Índia (KULKARNI, 2014), até a Bacia do Rio Elba, na Itália (NAPOLI, 2017), por exemplo. Contudo, esta temática ainda não possui grandes avanços no Brasil.

Além disso, muitos estudos envolvendo SWAT e mudanças climáticas vêm sendo desenvolvidos, principalmente em áreas críticas do globo terrestre, fato que pode ser comprovado pelo extenso número de artigos e publicações de países que enfrentam crises hídricas “crônicas” devido à má distribuição de água no território como Jordânia (HAMMOURI, 2016) e Mongólia (SUKHBAATAR, 2017), a fim de auxiliar no bom gerenciamento destas bacias. Nestes projetos, o papel da calibração torna-se essencial na identificação dos parâmetros mais influenciáveis no regime hidrológico, uma vez que não só a quantidade de água sofre estes impactos, mas também a sua qualidade e todos os componentes que envolvem a bacia como a vegetação e alguns nutrientes (PINIEWSKI, 2017).

OBJETIVO

O objetivo deste estudo é obter um modelo que represente o regime hidrológico da bacia do rio Paraibuna, incluindo-se os rios Preto, do Peixe e Cágado a fim de contribuir para a tomada de decisões do gerenciamento dos recursos hídricos desta unidade.

MATERIAIS E MÉTODOS

Neste estudo, utilizou-se do Software ArcSWAT, uma extensão do ArcGIS, sendo este na versão 10.1 (*ArcMap*). Nesta primeira etapa, realizou-se a correlação das cartas de Declividade, Tipo de Solo e Uso e Ocupação do Solo, previamente elaborados para a criação das unidades de resposta hidrológica (HRU). Também foram necessárias as informações contidas no sistema *HidroWeb*, da Agência Nacional de Águas (ANA), de onde foram obtidas informações relativas às vazões observadas a partir de 1985 nas seguintes estações Fluviométricas: Estevão Pinto – 58610000 (Rio Cágado), Juiz de Fora Jusante - 58480500 (Rio Paraibuna), Manuel Duarte - 58585000 (Rio Preto) e Fazenda Santo Antônio – 58516500 (Rio do Peixe). Algumas estações não possuíam dados completos, restringindo o estudo até o ano de 2005. Para o aquecimento do modelo, foram utilizados os dois primeiros anos da série.

Após a geração do modelo pelo SWAT, recorreu-se ao SWAT CUP 2012 para obter a sua calibração. Para tal, foram utilizados alguns parâmetros considerados sensíveis através da análise de sensibilidade pelo próprio software, o que permitiu alcançar uma adequação maior dos dados observados aos dados estimados (quadro 1). Foram realizadas cerca de 20 iterações, sendo as 10 primeiras para encontrar os parâmetros sensíveis, as quais obtiveram poucas simulações. As demais contaram com 200 simulações cada, valor mínimo preconizado pelos estudos, e em alguns casos em que se considerou pertinente, foram feitas 250 e até 500 simulações por iteração. Ao longo das iterações da calibragem, alguns coeficientes estatísticos foram utilizados (quadro 2) para se basear na obtenção de um resultado adequado e representativo. Para a análise de sensibilidade, foram utilizadas as ferramentas do próprio SWAT na aba *Global Sensitivity* através dos coeficientes p-value e t-stat.

Quadro 1: Parâmetros calibrados e suas características no SWAT CUP (BUENO, 2017)

PARÂMETRO	DESCRIÇÃO	FAIXA OPERADOR
v_SOL_AWC	Capacidade de armazenamento de água no solo	-0,189 a -0,154
v_CH_K2	Condutividade hidráulica efetiva do canal	243,92 a 269,81
v_ALPHA_BF	Coefficiente de recessão do escoamento de base	0,0204 a 0,0259
v_OV_N	Coefficiente de Manning	15,23 a 30,00
v_SURLAG	Coefficiente de retardamento do escoamento superficial	18,89 a 19,14
v_RCHRG_DP	Fração percolada para o aquífero subterrâneo	0,9568 a 1,0290
v_REVAPMN	Limite de água no solo para ocorrência da ascensão capilar	674,94 a 700,79
v_CN2	Curva Número inicial para umidade antecedente II	87,71 a 134,47
v_HRU_SLP	Declividade das HRUs	0,1242 a 0,1746
v_SLSUBBSN	Declividade média	98,271 a 150,00
v_CANMX	Quantidade de água máxima interceptada pela vegetação	-9,11 a -3,95

Quadro 2: Coeficientes Estatísticos e suas faixas (BUENO, 2017)

COEFICIENTES*	MUITO BOM	BOM	SATISFATÓRIO	INADEQUADO
Nash Sutcliffe (NS)	0,75<NS<1,00	0,65<NS<0,75	0,5<NS<0,65	0,5>NS
Tendência média (PBIAS)	10,0> PBIAS	10,0< PBIAS <15,0	15,0< PBIAS <25,0	25,0< PBIAS

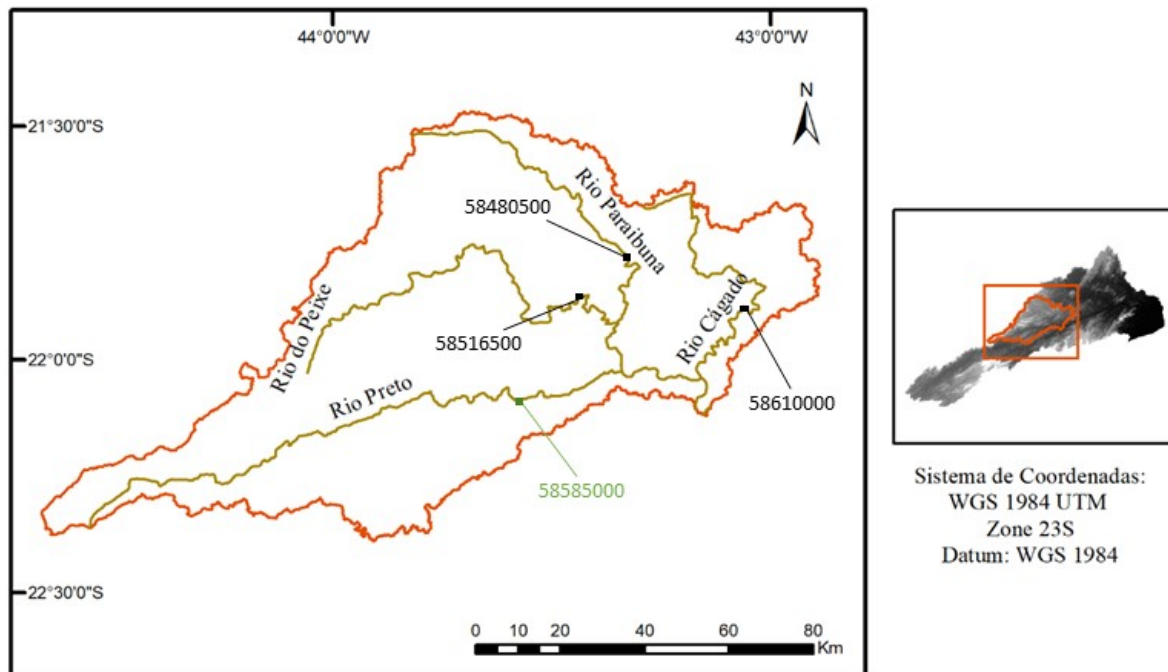
*O coeficiente de Determinação (R^2) também foi observado e sua faixa acima de 0,6 é considerada aceitável e varia entre 0 e 1 (DIAS, 2017).

O coeficiente de Nash Sutcliffe pode variar entre $-\infty$ e 1, sendo que quanto mais tendencioso para 1 for o valor encontrado, mais representativo está o modelo. O mesmo é válido para o coeficiente R^2 , que varia entre 0 e 1. Já o coeficiente PBIAS que também varia entre 0 e 1 deve apresentar valores menores para indicar um ajuste perfeito com os dados observados (CORREA, 2017).

Área de estudo

A área tomada como base para o estudo é considerada toda a bacia do rio Paraibuna, uma sub-bacia do rio Paraíba do Sul. Contida em sua maior parte no estado de Minas Gerais, possui três afluentes consideráveis, o rio Preto, o rio do Peixe e o rio Cágado (figura 1). O exutório desta unidade encontra-se próximo à cidade de Três Rios, RJ, onde encontra com o principal rio Paraíba do Sul e o rio Piabanha, na margem oposta. As cidades de Antônio Carlos, Juiz de Fora e Matias Barbosa, ambas em Minas Gerais, são exemplos de cidades banhadas pelo rio Paraibuna. Já quanto ao rio Preto, são contempladas Visconde de Mauá (RJ), Rio Preto (MG) e Simão Pereira (MG), sendo este rio o divisor dos dois estados. O rio do Peixe compreende as cidades mineiras de Lima Duarte e Olaria, enquanto o rio Cágado as cidades de Pequeri, Mar de Espanha e Guarará, ambas em Minas Gerais (EDUARDO et al, 2017).

Figura 1: Mapa da Bacia do rio Paraibuna. Em destaque, estação utilizada para modelagem.



A região possui relevo acidentado e tabuliforme, típico da região abordada e declividade acentuada. Quanto à caracterização climatológica, tem-se o clima de Tropical de Altitude, com duas estações bem definidas, sendo julho o mês mais frio e fevereiro o mês mais quente. Os sistemas atmosféricos que atuam na região da bacia são a Massa Tropical Atlântica, a Massa Polar Atlântica e a Zona de Convergência do Atlântico Sul, sendo esta com

menor impacto na região (GIAROLA et al, 2017). Considerado o rio principal da bacia, o rio Paraibuna passou por intervenções quanto ao seu represamento e sinuosidade natural no século XX. Em sua porção que corta o núcleo urbano de Juiz de Fora, seu curso d'água foi alterado a fim de reduzir o número de ocorrência de enchentes. Da mesma forma, para suportar o novo regime hidrológico que seria implementado no curso d'água, foi construída uma represa para regular a vazão do rio na localidade de Chapéu D'Uvas, a 38 km de distância de Juiz de Fora, a qual contribuiu também para evitar o acúmulo de sedimentos ao longo do percurso (LEAL, 2017). Além disso, pôde-se observar um número elevado de usinas hidrelétricas (UHE) e usinas de pequeno porte (PCH) dispostas não só no curso do rio Paraibuna, mas também nos outros rios da bacia do estudo, dado obtido na manipulação do modelo no ArcGIS através do Shapefile extraído da ANA.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a realização das primeiras iterações mencionadas na metodologia deste artigo, não se conseguiu encontrar um valor satisfatório de todos os coeficientes estatísticos (quadro 3), o que caracteriza um modelo ainda inadequado para utilizações futuras. Foi necessário, portanto, retornar ao SWAT com novos valores obtidos em iterações consideradas de sucesso para remodelar a bacia e conseguir refinar os valores e coeficientes encontrados. É de fundamental importância a utilização de coeficientes estatísticos na modelagem, uma vez que permitem a comparação e análise de eficiência do modelo ao retratar a realidade de acordo com os dados observados. Espera-se que um modelo bem calibrado e validado possua valores estatísticos dentro das faixas correspondentes para que possa ser utilizado com representatividade. No entanto, as características das bacias e de outros componentes que nela interferem como os parâmetros podem interferir nestes resultados, como pode ser visto claramente neste caso.

As primeiras iterações realizadas no SWAT CUP não se apresentaram satisfatórias, com valores de coeficientes estatísticos muito aquém do desejado. Obteve-se $R^2=0,15$, $NS=-0,08$ e $PBIAS=24,8$ na melhor simulação da melhor iteração. O coeficiente NS negativo, conforme encontrado, indica que os dados observados são mais confiáveis do que os dados modelados, ou seja, os dados gerados pelo SWAT são inferiores à realidade. Acredita-se que este resultado se deva às alterações realizadas na bacia, como por exemplo a alteração do curso d'água do rio Paraibuna (principal rio da bacia) e seu represamento em Chapéu D'Uvas. Além disso, o próprio gerenciamento da bacia quanto ao seu uso pode influenciar na modelagem computacional no SWAT CUP (ABBASPOUR, 2015).

Não encontrando melhores resultados, retornou-se ao SWAT com os valores dos parâmetros desta iteração e substituiu-se no próprio modelo a ser rodado sem alterar a configuração das HRUs já geradas inicialmente. Dessa maneira, foi necessário criar um novo projeto no SWAT CUP e iniciar novas iterações. A partir desta mudança, notou-se uma nítida melhora dos coeficientes estatísticos, mesmo que esta mudança tenha sido manifestada de forma gradual e lenta. Depois de cerca de 30 iterações, os valores desejados começaram a ser encontrados, tornando mais satisfatórios os resultados e melhorando a própria relação de dados observados e estimados pelo modelo.

Prova de que os coeficientes ainda necessitam serem melhorados é a subestimação das vazões, uma vez que os valores observados ainda se encontram mais altos e haja um leve descompasso de fase e amplitude no gráfico se comparados os dois perfis (observado e estimado). Desta forma, recorreu-se à literatura e em busca de parâmetros que pudessem melhorar quesitos, encontrando elementos que poderiam ser incluídos relacionados à recarga do aquífero subterrâneo e às características físicas da bacia (ARNOLD, 2012). Com isto, obteve-se um resultado mais satisfatório em algumas das iterações, sendo a melhor apresentando os valores de R^2 igual a 0,6, NS igual a 0,35 e PBIAS em 29,1.

Vendo ainda a possibilidade de otimizar os resultados, recorreu-se pela segunda vez ao SWAT com as alterações dos valores dos parâmetros e obteve-se um resultado em que não se conseguiu melhoras, estabilizando-se mesmo com as alterações de outros valores. Os resultados dos coeficientes estatísticos da melhor iteração (quadro 3), apresentou NS com valor positivo e um aumento do R^2 , significativamente melhores do que antes do primeiro retorno ao SWAT, os quais encontravam-se inadequados e inaceitáveis em todos os casos e muito distantes do limite que separava os outros níveis de satisfatório, bom e muito bom. Apenas o PBIAS apresentou piora no seu valor, sendo esta mudança muito pequena se comparada a seu resultado em outras iterações.

Quadro 3: Valores obtidos dos coeficientes na melhor iteração de calibração do SWAT CUP

COEFICIENTE	Nash Sutcliffe (NS)	Tendência média (PBIAS)	Coefficiente de Determinação (R^2)
VALOR OBTIDO	0,36 (Inadequado)	28,0 (Inadequado)	0,60 (Satisfatório)

A partir de então, foi possível uma melhor interpretação do modelo, com um ajuste mais adequado à realidade, mesmo que ainda não seja possível concluir que os resultados obtidos sejam de um todo satisfatórios. Os três coeficientes estatísticos observados ainda não se encontram totalmente dentro da margem esperada e acredita-se que este resultado se deva ao tipo de gerenciamento da bacia, principalmente pelas alterações já realizadas como a retificação do Paraibuna e seu represamento. Além disso, o exemplo tomado neste estudo, assim como outros consultados, mostra que nem todas as bacias modeladas são de fácil manipulação, uma vez que alguns parâmetros são muito variáveis de uma bacia para outra e o sistema de modelagem muito amplo para aplicação generalizada, apesar de mostrar-se muito satisfatório nos estudos utilizados. Quanto à análise dos dados observados e estimados pelo modelo, as figuras 2 e 3 mostram a evolução da melhor iteração antes e depois do retorno ao SWAT para reescrever os valores dos parâmetros considerados como adequados e sensíveis. Através de suas análises, pode-se observar

Figura 2: Relação entre dados observados e estimados na estação Manuel Duarte, no início do processo de calibração, antes do retorno ao SWAT dos melhores valores indicados na calibração.

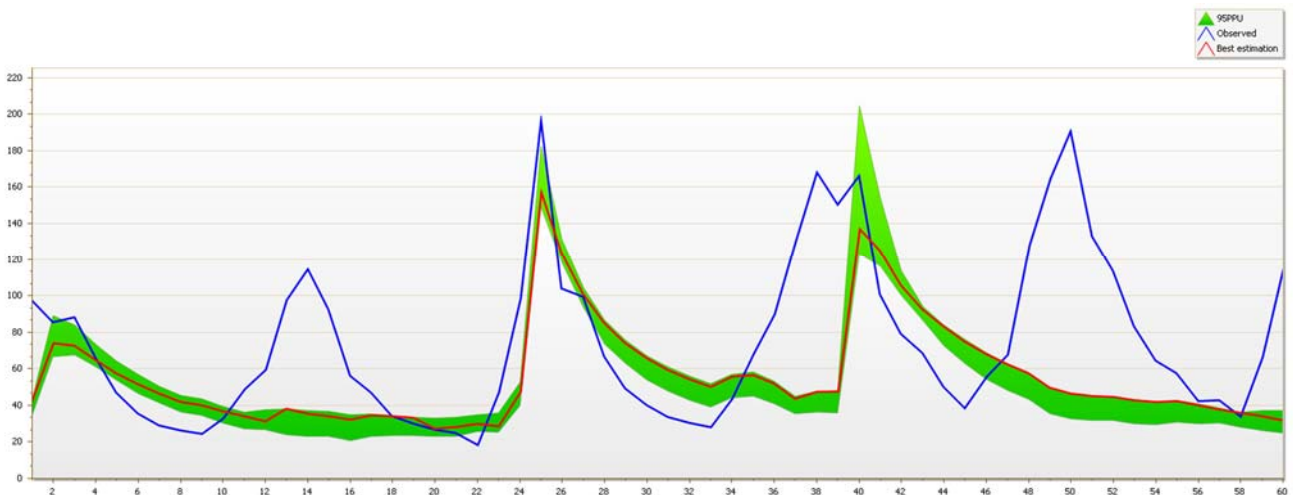
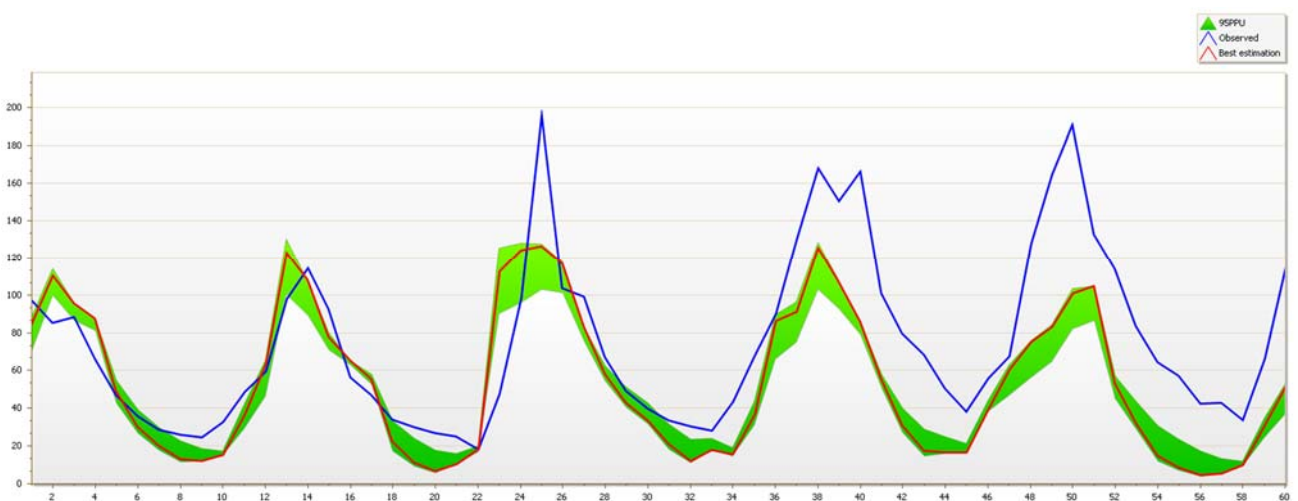


Figura 3: Relação entre dados observados e estimados na estação Manuel Duarte, na calibração após o retorno ao SWAT dos melhores valores dos parâmetros, indicados na calibração.



Análise de sensibilidade

Durante as diversas iterações realizadas, foram realizadas manipulações na faixa de operação dos parâmetros, além da exclusão daqueles que não se manifestassem nas variações do modelo quanto à vazão. Para isto, recorreu-se à comparação dos valores de *t-stat* e *p-value*, os quais deveriam apresentar os maiores valores possíveis para *t-stat* e menores para *p-value*, gerando uma diferença numérica absoluta entre eles suficiente para concluir a sensibilidade do parâmetro (ABBASPOUR, 2015). Através do quadro 4, é possível encontrar os valores de cada um dos coeficientes em ordem de sensibilidade, do mais sensível para o menos sensível. Os demais parâmetros utilizados em outras iterações foram desconsiderados uma vez que se mostraram não sensíveis durante a análise. Outro ponto observado foi que a retirada de todos os parâmetros menos sensíveis de uma iteração não resultava numa melhora significativa da calibração. Nos casos em que isto era feito, na iteração seguinte surgiam outros parâmetros não sensíveis, entrando num ciclo vicioso em que não se encontrava uma conclusão clara dos melhores parâmetros a serem utilizados. Desta forma, eliminou-se aqueles que menos se ajustavam e que forçavam o surgimento de outros itens sensíveis, principalmente ao aumentar os valores de *t-stat* e diminuir o *p-value* destes. Na iteração com melhores resultados, foram mantidos dois não sensíveis.

As figuras 4 e 5 apresentam, também em ordem de sensibilidade, a distribuição gráfica dos coeficientes que indicam a influência de cada parâmetro nos resultados da calibração. É importante ressaltar que as escalas dos gráficos em cada imagem não são as mesmas.

Quadro 4: Análise de Sensibilidade dos parâmetros.

PARÂMETRO	P-VALUE	T-STAT
v_OV_N	0,00	13,61
v_SLSUBBSN	0,00	7,37
v_CN2	0,00	6,57
v_HRU_SLP	0,00	-4,55
v_ALPHA_BF	0,00	-2,80
v_SURLAG	0,13	-1,53
v_CH_K2	0,40	-0,85
v_RCHRG_DP	0,47	0,73
v_CANMX	0,49	0,69
v_REVAPMN	0,91	-0,11
v_SOL_AWC	0,98	0,03

Figura 4: Valores do coeficiente P-Value para os parâmetros da melhor iteração da calibração considerada.

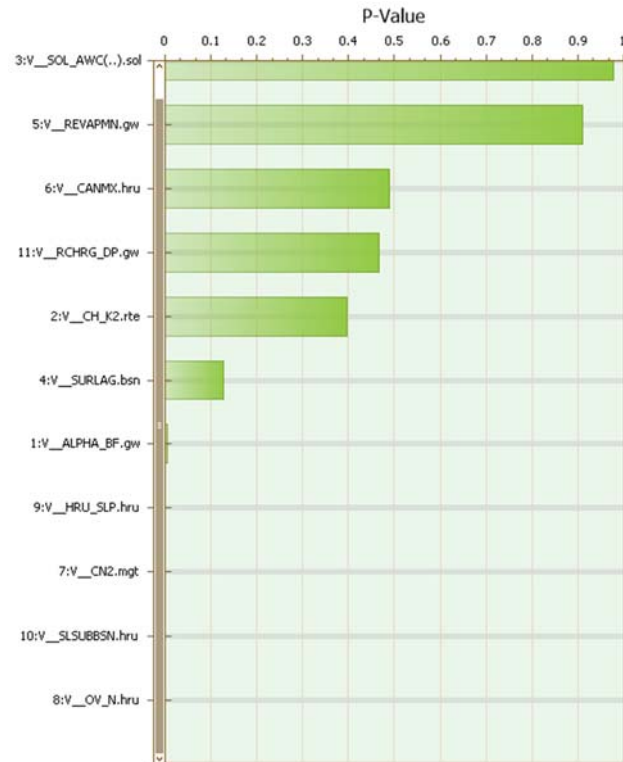
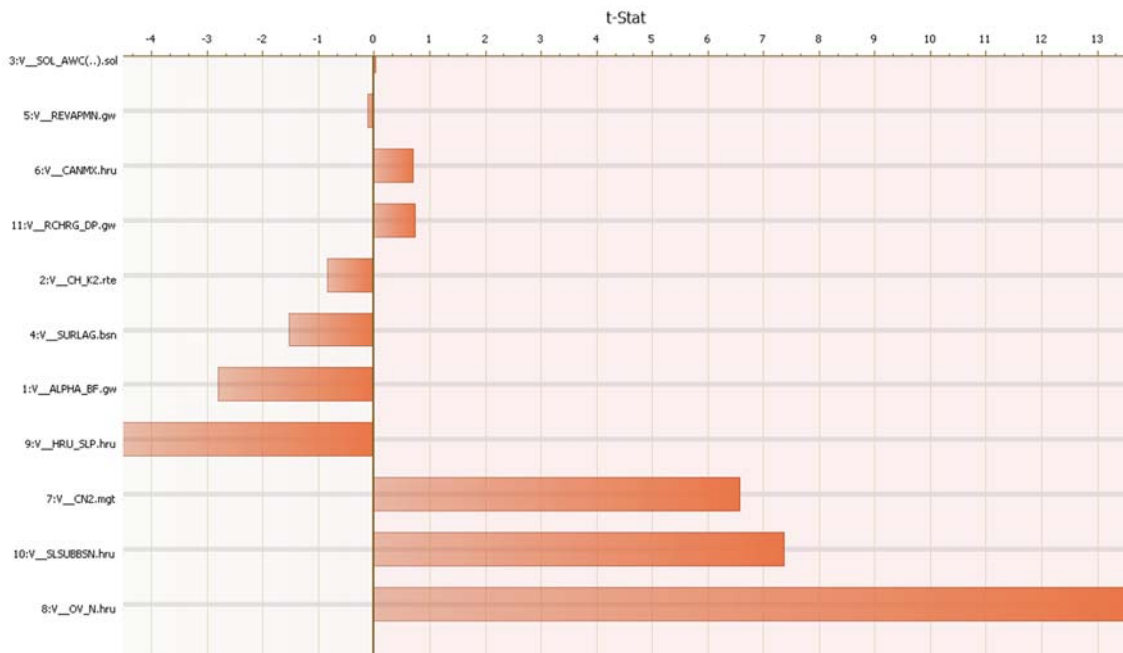


Figura 5: Valores do coeficiente T-Stat para os parâmetros da melhor iteração da calibração considerada.



CONCLUSÕES

Com os resultados obtidos pelos coeficientes estatísticos (satisfatório para R^2 , mas insatisfatórios para NS e PBIAS), conclui-se que o modelo representou razoavelmente o comportamento da bacia. Os 11 parâmetros utilizados mostraram-se coerentes com as características da bacia e responderam em conjunto para alcançar o resultado obtido, apesar de ainda não se ter conseguido um resultado excelente na calibração. Com isso, faz-se necessário compreender a dinâmica da bacia e entender o funcionamento de cada parâmetro a fim de conseguir uma correta manipulação de seus valores e criar uma combinação adequada entre si que gere resultados importantes e satisfatórios para o estudo hidrológico. O SWAT mostrou grande potencial para ser utilizado como um modelo de gerenciamento dos recursos hídricos em nível de bacia hidrográfica, uma vez calibrado, podendo auxiliar aos tomadores de decisão no planejamento dos recursos hídricos da bacia.

AGRADECIMENTO

Agradecemos à Faculdade de Engenharia da UFJF através de seus órgãos de pesquisa, por proporcionar a bolsa de Iniciação Científica que originou o estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBASPOUR, K.C.; ROUHOLAHNEJAD, E.; SRINIVASAN S. V. R.; YANG H.; KLØVE. *A Continental-Scale Hydrology and Water Quality Model for Europe: Calibration and uncertainty of a high-resolution large-scale SWAT model*. Journal of Hydrology, 2015.
- ABBASPOUR, K.C.; *SWAT-CUP: SWAT Calibration and Uncertainty Programs – A User Manual*, 2015. Disponível em: https://swat.tamu.edu/media/114860/usermanual_swatcup.pdf. Acesso em 28 mar 2018.
- ABBASPOUR, K. C.; YANG, J.; MAXIMOV, I.; SIBER, R.; BOGNER, K.; MIELEITNER, J.; ZOBRIST, J.; SRINIVASAN, R. *Modelling hydrology and water quality in the prealpine/alpine thur watershed using swat*. Journal of Hydrology, v. 333, p. 413-430, 2007.
- ARNOLD, J.G.; MORIASI, D.N.; GASSMAN, P.W.; ABBASPOUR, K.C.; WHITE, M.J.; SRINIVASAN, R.; SANTHI, C.; HARMEL, D.; VAN GRIENSVEN, A.; VAN LIEW, M.W.; KANNAN, N.; AND JHA, M.K., "SWAT: Model use, calibration, and validation". *Biological Systems Engineering: Papers and Publications*. 2012. pg?
- BRASIL. Lei Federal n. 9.433, de 08 de janeiro de 1997. *Institui a Política e Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos*. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm. Acesso dia 02 jan. 2018.
- BUENO, E.O.; OLIVEIRA, V.A.; VIOLA, M.R.; MELLO, C.R; Desempenho do modelo SWAT para diferentes critérios de geração de Unidades de Resposta Hidrológica. *Revista Scientia Agraria*, vol 18, n° 2, abr/jun 2017, p.114-125. Curitiba, PR.
- COLLISCHONN, B.; PAIVA, R.C.D.; COLISCHONN, W.; MEIRELLES, F.S.C.; SCHETTINI, E.B; FAN, F.M.; Modelagem Hidrológica de Uma Bacia com Uso Intensivo de Água: Caso do Rio Quaraí-RS. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. *RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos* Volume 16 n.4 - out/dez 2011, 119-133.
- CORREA, Edinelson Saldanha; MAGRATH, David Gibbs; RIBEIRO, Celso Bandeira de Melo. Influência Da Variação Dos Parâmetros Climáticos Na Modelagem De Swta: Estudo De Caso Bacia Hidrográfica Do Rio Tapajós. *Revista Agroecossistemas*, [S.l.], v. 9, n. 1, p. 84-98, out. 2017. ISSN 2318-0188
- DIAS, V. S. *Simulação de vazão aplicada ao reservatório da UHE Furnas utilizando modelo SWAT*. 2017. 72 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação STRICTO SENSU em Engenharia de Produção e Sistemas) - Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia - GO.
- EDUARDO, C. C.; MARQUES N. R.; SILVA, F. P. Mapeamento geomorfológico da bacia hidrográfica do rio Cágado (MG). *Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento*, [S.l.], v. 1, p. 6076-6088, nov. 2017.



FAPRI (Food and Agricultural Policy Research Institute), University of Missouri. *Missouri Watershed Water Quality Initiative*. Final Report for EPA Grant, dez 2006. Disponível em: http://swat.tamu.edu/media/1332/FAPRI_UMC_Report_22_06.pdf. Acesso em 8 jan 2018.

GIAROLA, I.; ALMEIDA NETO, J.; PAULA, R.. AS ENCHENTES E A URBANIZAÇÃO DO RIO PARAIBUNA – MG. *Workshop Arte & Ciência*, Brasil, ago. 2017. Disponível em: <<https://conferencias.ufjf.br/index.php/wac/wap2017/paper/view/1670>>. Data de acesso: 04 jan. 2018.

HAMMOURI, N., ADAMOWSKI, J., FREIWAN, M. et al. Climate change impacts on surface water resources in arid and semi-arid regions: a case study in northern Jordan. *Acta Geod Geophys* (2017) 52: 141.

IGAM. *Instituto Mineiro de Gestão de Águas*. Mapa das Bacias dos rios Preto e Paraibuna UPGRH PN1. Disponível em: http://www.igam.mg.gov.br/index.php?option=com_content&task=view&id=89&. Acesso em 9 mar 2018.

KULKARNI B.D.; DESHPANDE N.R.; PATWARDHAN S.K.; BANSOD S.D.; Assessing Hydrological Response to Changing Climate in the Krishna Basin of India. *J Earth Sci Clim Change* 2014, 5:7, 2014.

LEAL, F. C. T.; *Notas de Aula da disciplina Drenagem Urbana*. Universidade Federal de Juiz de Fora, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Arquivo pessoal. 2017.

NAPOLI, M.; MASSETTI, L.; ORLANDINI, S.; Hydrological response to land use and climate changes in a rural hilly basin in Italy. *Catena Journal*, vol 157, p 1-11, 2017.

NEITSCH, S.L.; ARNOLD, J.G.; KINIRY, J.R.; WILLIAMS, J.R. *Soil and water assessment tool: Theoretical documentation*, version 2005. Agricultural Research Service and Texas AgriLife Research. Texas, 2005. Disponível em: <<http://swat.tamu.edu/media/1292/swat2005theory.pdf>>. Acesso em: 3 jan 2018.

OLIVEIRA, J. B.; *Pedologia aplicada*, 4ª edição, Piracicaba, SP, Editora FEALQ, 2011 p. 522-529,537-541.

PINIEWSKI, M., MERESA, H.K., ROMANOWICZ, R. et al. What can we learn from the projections of changes of flow patterns? Results from Polish case studies. *Acta Geophys*, vol 65, pg 809-827.

RIBEIRO, C.B.M; BRESSIANI, D. A.; ROTUNNO FILHO, O. Modelagem de vazões na bacia amazônica utilizando o modelo SWAT. In: *XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos - SBRH*, Brasília, DF, Brasil. Nov. 2015.

ROSA, D. R. Q. *Modelagem hidrossedimentológica na bacia hidrográfica do rio pomba utilizando o SWAT*. 2016. 111 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2016.

SILVA, T. C.; SILVA, M.T.; SILVA, D. T. A.; Avaliação de desempenho do modelo SWAT para estimativa da evapotranspiração potencial para a região de Petrolina, Estado de Pernambuco. *XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR*, João Pessoa, PB, Brasil. Abr 2015.

SUKHBAATAR, C.; SAJJAD, R. U.; LUNTEN, J.; YU, S.; LEE, C.; Climate Change Impact on the Tuul River Flow in a Semiarid Region in Mongolia. *Water Environment Research*, vol 89, n. 6, 1 jun 2017, pp. 527-538(12).