XX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS
ÁGUA • DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIOAMBIENTAL
17 – 22 DE NOVEMBRO DE 2013 – BENTO GONÇALVES / RS
ABRH ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RECURSOS HÍDRICOS

ESTIMATIVA DO BALANÇO HÍDRICO DE UMA BACIA HIDROGRÁFICA COM O MODELO SWAT

*Nadia Bernardi Bonumá[1] *; Cláudia Weber Corseuil [2], Masato Kobiyama[3], Paulo Rodrigo Zanin[4], Fabio Corrêa[5]*

Resumo – O objetivo do estudo foi analisar o balanço hídrico da bacia hidrográfica do rio Preto (1000 km²), localizada no norte de Santa Catarina, com o modelo Soil and Water Assessment Tool (SWAT). A análise de sensibilidade dos parâmetros selecionados foi feita com o uso de um algoritmo que combina as técnicas de Latin-Hypercube e One-factor-At-a-Time (LH-OAT). Os parâmetros CN2, Esco e GWQMN mostraram ter grande importância na simulação do escoamento. Para avaliar o desempenho do modelo, dados mensais de vazão simulados foram comparados com os observados no exutório na bacia usando o índice de eficiência Nash-Sutcliffe (NASH) e coeficiente de determinação (R2). Os valores de NASH e R2 para as simulações mensais foram de 0,89 e 0,61, respectivamente. As simulações evidenciaram que o escoamento de base, que é um componente importante da produção total de água da bacia representa 54% do escoamento total medido e simulado. Os resultados sugerem que o modelo SWAT é uma ferramenta promissora para avaliar o balanço hídrico em bacias hidrográficas brasileiras.
Palavras-Chave – modelagem hidrológica, balanço hídrico, análise de sensibilidade.

ESTIMATIVE OF WATERSHED WATER BALANCE USING SWAT MODEL

Abstract - The objective of this study was to evaluate the water balance for the Rio Preto watershed (1000 km²), located in Santa Catarina state, using the Soil and Water Assessment Tool (SWAT) model. A Latin Hypercube (LH) and One-factor-At-a-Time (OAT) sensitivity analysis of selected parameters was performed. Time series plots of simulated and measured discharge at the watershed outlet and standard statistical measures were used to verify model predictions. The most sensitive parameters were curve number (CN2), soil evaporation compensation factor (ESCO), and threshold depth of water in the shallow aquifer for baseflow (GWQMN). The predicted monthly streamflow matched the observed values with a Nash-Sutcliffe coefficient of 0.89 and a coefficient of determination of 0.61. The simulations evidenced that baseflow is an important component of the total water yield within the study area and accounts for greater flow (54%) than the surface runoff component. The results suggest that the SWAT model is a promising tool to evaluate water balance in Brazilian watersheds.
Keywords – hydrological modeling, water balance, sensitivity analysis

1. INTRODUÇÃO

Estudos hidrológicos em bacias hidrográficas visam analisar o balanço hídrico, os processos que controlam o movimento da água e seus prováveis impactos sobre a quantidade e a qualidade da mesma. A compreensão do balanço hídrico numa bacia é importante porque permite analisar os efeitos das ações antrópicas sobre o ambiente, verificar a disponibilidade hídrica e avaliar a sustentabilidade ambiental. A bacia hidrográfica é uma área ideal para avaliar o balanço hídrico, uma vez que tem definido o espaço de entrada e o local de saída da água (seção de rio que a define). O fluxo de matérias, como solo, água, nutrientes e poluentes, é coordenado dentro dos limites da

[1] Professora Adjunta do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis/SC, e-mail: nadia.bonuma@ufsc.br
[2] Professora Adjunta do curso de Engenharia de Energia da UFSC, Campus Jardim das Avenidas, Araranguá/SC, e-mail: cwcorseuil@hotmail.com
[3] Bolsista do CNPq, Professor do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. E-mail: kobiyama@ens.ufsc.br
[4] Geógrafo, Mestrando do PPGEA, UFSC, paulorzgeo@gmail.com
[5] Acadêmico do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Pelotas, Pelotas/RS, e-mail fabiocorrea_@hotmail.com

bacia, em uma dinâmica estabelecida pelo comportamento da água na mesma. Portanto esta é a unidade ótima para o gerenciamento integrado dos recursos naturais (Kobiyama *et al*. 2008).
Os componentes do ciclo hidrológico denominam-se processos hidrológicos. Entre eles, a precipitação, interceptação, infiltração, detenção, percolação, escoamentos superficiais e sub-superficiais, escoamento subterrâneo, escoamento fluvial e evapotranspiração são os de maior relevância. O objetivo da hidrologia é quantificar os volumes de água armazenados nos componentes terrestres e as quantidades transportadas entre eles (Kobiyama et al., 2008).
Vários estudos têm sido feitos utilizando modelos matemáticos para analisar os impactos das alterações do uso do solo sobre o escoamento, produção de sedimentos e qualidade da água (Bonumá *et al*., 2013).
O Soil and Water Assesment Tool (SWAT) é um modelo hidrológico que permite simular diferentes processos físicos na bacia como, a evapotranspiração, infiltração, escoamento de água, entre outros, com o objetivo de analisar os impactos das alterações no uso do solo sobre o escoamento (superficial e subterrâneo), produção de sedimentos e qualidade de água em bacias hidrográficas não instrumentadas. Com esse modelo é possível simular cenários de uso do solo, permitindo, desta forma, analisar o escoamento de água e a produção de sedimentos de forma distribuída na bacia (Neitsch *et al*., 2005).

Assim, o presente trabalho tem por objetivo analisar o balanço hídrico e a vazão da bacia hidrográfica do rio Preto com o modelo SWAT. Adicionalmente, avaliar quais os parâmetros do SWAT são mais sensíveis na simulação do escoamento superficial.

2 - MATERIAL E MÉTODOS

2.1- Área de estudo

No presente trabalho o SWAT foi aplicado à bacia do rio Preto (1.000 km^2), afluente do rio Negro, localizada no Planalto Norte Catarinense, entre as longitudes 46°10’ W e 46°34’ W e latitudes 26°10’ S e 26°38’ S (Figura 1). A bacia abrange três municípios no estado de Santa Catarina: Mafra, Rio Negrinho e Itaiópolis. O solo predominante na bacia é Cambissolo Háplico aluminico (85,83% da área total), no restante da área são encontrados os Nitossolo Bruno aluminico (12,02%), Latossolo Bruno aluminico (1,66%) e Neossolo Litólico distrofico (0,04%), segundo EMBRAPA (2004). O relevo da bacia é predominantemente forte ondulado e escarpado e altitude média é de 910 m.

Segundo a classificação de Köppen a bacia possui um clima Cfb, mesotérmico úmido, com temperatura média do mais quente < 22,0°C e do mês mais frio fica entre 10°C e 15°C, com verão fresco e sem estação seca definida (EPAGRI/CIRAM, 2008). A temperatura média anual varia entre 15,5 a 17,0°C. A temperatura média das máximas varia de 24,0 a 26,6 a °C, e das mínimas de 10,8 a 11,8°C. A precipitação pluviométrica total anual pode variar de 1.360 a 1.670 mm, com o total anual de dias de chuva entre 138 e 164. A umidade relativa do ar pode variar de 80,0 a 86,2% (EPAGRI/CIRAM, 2008).

Originalmente na bacia a vegetação predominante era de Floresta Ombrófila Mista (FOM), com áreas de campos de altitude. A região onde está inserida a bacia do rio Preto possui uma vegetação predominantemente de Mata Atlântica, composta por FOM (Floresta de Araucária) e por campos com capões, florestas ciliares e bosques de pinheiros e por campos de inundações dos rios Negro e Iguaçu. A FOM é comumente encontrada em áreas de altitudes superiores a 500 m, com característica climática de boa distribuição de chuvas ao longo do ano, sem períodos de seca e com temperatura média anual amena, com quatro a 6 meses de frio (temperatura média de 15ºC) e com no máximo 6 meses quentes (temperatura média de 20ºC) (RODERJAN *et al.*, 2002; SANTA CATARINA, 2002). Atualmente, a paisagem da região está bastante modificada, restando pequenos

fragmentos de FOM, alguns conectados a corredores ciliares remanescentes e outros ocorrendo de forma isolada. Essa modificação vem ocorrendo devido à substituição da floresta nativa por áreas de pastagem plantada, cultivos anuais e plantios de florestas exóticas (pinus e eucaliptos).

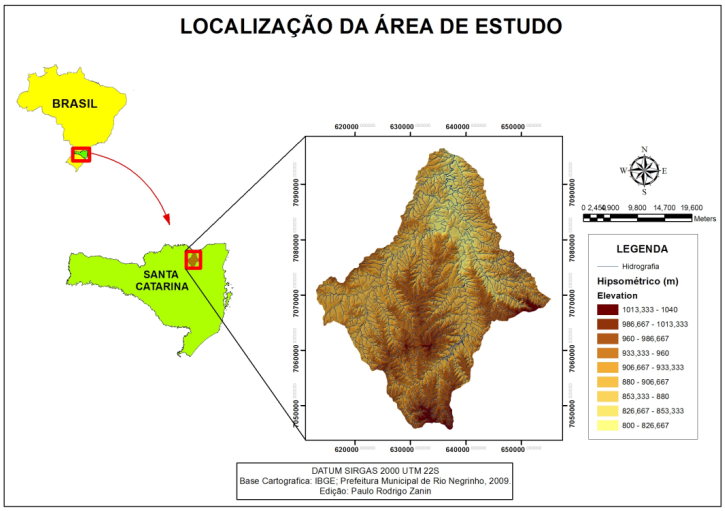

Figura 1- Localização da bacia do rio Preto no estado de Santa Catarina no Brasil.

2.2 Modelo SWAT

Para verificar o balanço hídrico e a vazão da bacia do rio Preto foi utilizado o modelo SWAT integrado a um sistema de informação geográfica (SIG). O SWAT é um modelo conceitual, semi-distribuído que foi desenvolvido para ser aplicado em escala de bacias hidrográficas e sua utilização requer a entrada de dados na forma espacializada. Cada sub-bacia pode ser parametrizada aplicando uma série de unidades de respostas hidrológicas (*Hydrologic Response Units – HRU's*), que são áreas homogêneas conforme o relevo, tipo de solo e uso do solo.

O ciclo hidrológico utilizado para as simulações no modelo fundamenta-se na equação do balanço hídrico (Neitsch *et al.,* 2005). Os processos hidrológicos simulados pelo modelo consistem em: interceptação; infiltração; redistribuição de água no solo; evapotranspiração; escoamentos sub-superficial e superficial; armazenamento de água no solo; fluxo de base e escoamento em canais e tributários. O escoamento superficial pode ser estimado pelo método de infiltração de Green & Ampt ou do *Soil Conservation Service* (SCS) (NEITSCH et al., 2005). Para o estudo aplicou-se o método SCS com dados diários de precipitação. Assim, o escoamento superficial foi calculado pelo método da Curva Número (CN) do SCS (USDA, 1986). Os valores de CN são definidos em função do grupo hidrológico do solo, classificados como A, B, C, ou D e dependem das características do solo, condições de uso e cobertura do solo; umidade antecedente do solo e declividade. Para os solos da bacia do rio Preto o grupo hidrológico encontrado pertence à classe C.

Os componentes do escoamento são calculados pelo modelo por meio da equação do balanço hídrico e dos modelos de fluxos adaptados às condições de escoamento superficial, sub-superficial e subterrâneo. Os volumes de água, calculados com base nesses parâmetros são conduzidos até a rede de drenagem e, ao longo desta, até o ponto mais a jusante da bacia, no qual é contabilizado o valor total de produção de água (Bonumá *et al.* 2013).

Para o cálculo da evapotranspiração potencial o modelo disponibiliza três métodos: i) Penman-Monteith (Monteith, 1965; Allen, 1986; Allen et al., 1989); ii) Priestley & Taylor (Priestley-Taylor, 1972) e ii) Hargreaves & Samani (Hargreaves et al., 1985). Sendo que para este estudo utilizou-se o Penman-Monteith, o qual requer dados diários de radiação solar, temperatura do ar, umidade relativa e velocidade do vento. Este método combina componentes que avaliam a energia necessária para sustentar a evaporação, o estreito mecanismo requerido para remover o

vapor de água e os termos aerodinâmicos e de resistência superficial.

2.3 Simulações no SWAT

Como dados de entrada no modelo são utilizadas informações espacializadas de topografia, tipos de solos e uso e cobertura do solo. Além desses, o modelo necessita de valores climáticos diários de precipitação, temperatura máxima e mínima do ar, radiação solar, velocidade do vento e umidade relativa. Para entrada dos dados topográficos, na forma espacial, utilizou-se o modelo numérico do terreno (MNT), o qual foi gerado com base nas curvas de nível e pontos cotados obtidos de cartas topográfica em escala 1:50.000, por meio do método de interpolação de rede triangular irregular (TIN - *Triangular Irregular Network*) disponível no ArcGIS 9.3. Posteriormente procedeu-se a conversão destes dados para uma matriz numérica com resolução de células de 30 m, contendo valores de altimetria em metros. A partir do MNT foram delineadas, pelo SWAT, a bacia do rio Preto e suas sub-bacias, bem como gerado o mapa de declividade.

Para a elaboração do mapa de uso e cobertura do solo foram utilizadas imagens do satélite Landsat (30 m de resolução) com data de outubro de 2010. O processamento dessas imagens foi realizado no software SPRING 5.1.6 (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas), utilizando os métodos de segmentação por crescimento de regiões e de classificação supervisionada (INPE, 2009). No processo de classificação foram definidas as seguintes classes de uso e cobertura do solo: i) reflorestamento (de pinus); ii) mata nativa (Floresta Ombrófila Mista, em diferentes estágios de desenvolvimento e de regeneração); iii) pastagem (natural e plantada); iv) solo exposto (ausência de cobertura e estradas não pavimentadas); v) agricultura; vi) água e vii) áreas urbanizadas (construídas). Para a conferência do mapa de uso e cobertura do solo foram levantados vários pontos em campo com receptor de navegação do *Global Position System* (GPS), referentes a cada uso e cobertura do solo.

Para simular os processos físicos na bacia do rio Preto, visando avaliar o balanço hídrico e a produção de água (vazão) na bacia foram utilizados parâmetros dos solos relacionados ao tipo de solo (nome do solo, número de camadas, grupo hidrológico do solo, profundidade total) e às camadas do solo (profundidade de cada camada, densidade do solo, capacidade de água disponível, porcentagem de carbono orgânico, condutividade hidráulica, albedo, fator de erodibilidade, porcentagens de argila, silte, areia e esqueleto da terra).

A granulometria (argila, silte e areia) dos solos da bacia foi determinada pelo método do densímetro, a densidade pelo método do anel volumétrico e a condutividade hidráulica pelo permeâmetro de carga variável. Esses parâmetros foram medidos a partir de 13 amostras deformadas e indeformadas, coletadas na bacia do rio Preto, seguindo a metodologia da EMBRAPA (1997). A capacidade de água disponível no solo foi estimada com base em Assad et al. (2001) e o valor do albedo do solo em Pereira et al. (2002). O restante dos parâmetros de solo foi obtido do levantamento de solos (escala 1:250000) elaborado pela EMBRAPA (2004). Os perfis utilizados para os respectivos tipos de solos foram: i) CXa - E239; ii) NBa - E199; iii) LBA - E121; e v) RLd - E120 (EMBRAPA, 2004).

O SWAT possibilita utilizar dados climáticos medidos ou gerados pelo próprio modelo durante as simulações. Os dados climáticos utilizados pelo modelo consistiram em valores diários de: i) precipitação (mm); ii) temperatura mínima e máxima do ar (°C); iii) umidade relativa do ar (%); iv) velocidade do vento ($m.s^{-1}$), e v) radiação solar ($cal.cm^{-2}.dia^{-1}$). Esses dados foram obtidos da estação meteorológica da EPAGRI, localizada na latitude de 26°14’52”S e 49°34’48”W, com altitude de 862 m. A série de dados climáticos utilizada é referente ao período de 01 de junho de 1990 a 31 de julho de 2009.

Para a simulação da vazão o modelo requer dados medidos em campo. Estes foram coletados na estação fluviométrica Avencal (código 65094500), localizada no exutório da bacia do

rio Preto, na latitude 26°16'S e longitude 49°37'W, obtidos do Sistema HIDROWEB (ANA, 2012). A partir desses dados o modelo calcula parâmetros estatísticos para realizar as simulações, por meio do gerador climático. Os dados de vazão (mm) medidos correspondem ao período de 01 de janeiro de 1994 a 30 de outubro de 2004.

Foi feita uma análise de sensibilidade para identificar quais parâmetros cuja variação tem maior influência no escoamento superficial. Na análise de sensibilidade foi utilizado um algoritmo que combina dois métodos de análise de sensibilidade: Latin-Hypercube (LH) e One-factor-At-a-Time (OAT) (Van Griensven et al., 2005).

O LH é baseado no método estatístico de simulação estocástica Monte Carlo, que utiliza a redução de variância como a amostragem estratificada para melhorar a eficiência computacional. Este subdivide a distribuição de cada parâmetro em N escalas, cada um com a probabilidade de ocorrência igual a 1/N. São gerados valores radômicos dos parâmetros, de maneira que, cada variação é amostrada somente uma vez. O modelo roda N vezes com a combinação randômica dos parâmetros. Já o OAT é um método de integração de sensibilidade do local para o global, no qual, em cada simulação, somente um fator é mudado por vez. Desta forma, com as mudanças no resultado em cada *loop*, o modelo pode encontrar a solução para as ambiguidades que são atribuídas ao parâmetro de contribuição que foi alterado. O método combinado LH-OAT opera por *loops*, em cada *loop* é calculado o efeito parcial da variação do parâmetro, e o efeito final é a média desses efeitos parciais (Bonumá *et al*., 2013).

Para avaliar o desempenho do modelo SWAT os dados de vazão simulados foram comparados com os medidos no exutório da bacia. Para tanto, os dados foram analisados por meio de hidrograma e de dois métodos estatísticos o coeficiente de Nash e Sutcliffe (NASH) e o coeficiente de correlação (R2). Os valores de NASH variam entre -∞ a 1,0, sendo 1 indicativo de um ajuste perfeito dos dados simulados, em relação aos observados. Valores de NASH entre 0,0 e 1,0 são geralmente vistos como níveis aceitáveis de desempenho (MORIASI *et al*., 2007).

3- RESULTADOS

3.1 Análise do desempenho do modelo SWAT

Para este estudo foram realizadas simulações sem calibração, que foram comparadas com os dados medidos na estação no exutório da bacia.

A Figura 2 mostra o gráfico de dispersão dos dados mensais de vazão simulados e medidos, onde se observa uma coerência entre os mesmos. Observa-se também uma boa correlação entre as curvas de permanência observada e simulada pela SWAT (Figura 3). Entretanto na maior parte do período analisado a vazão simulada foi superestimada em relação aos dados medidos.

Além disso, observou-se que o modelo apresentou um ajuste aceitável para dados mensais, evidenciado por um NASH de 0,88 e um R^2 de 0,61. Esses valores corroboram com os estudos de Green & Van Griensven (2008) que, visando avaliar o desempenho do modelo, adotaram como padrão valores de NASH > 0.4 e R^2 > 0.5. Adicionalmente, Moriasi *et al.* (2007) avaliaram diversos métodos estatísticos para verificar o desempenho dos modelos de simulação para bacias hidrográficas. De acordo com estes autores, em geral, a simulação do modelo pode ser avaliada como satisfatória se o NASH > 0,50 e R^2 < 0,70.

3.2 Balanço hídrico

As simulações no modelo SWAT foram realizadas para o período 01 de junho de 1990 a 31 de julho de 2009. A Tabela 1 lista as médias anuais simuladas dos principais componentes do balanço hídrico da bacia do rio Preto para o período simulado.

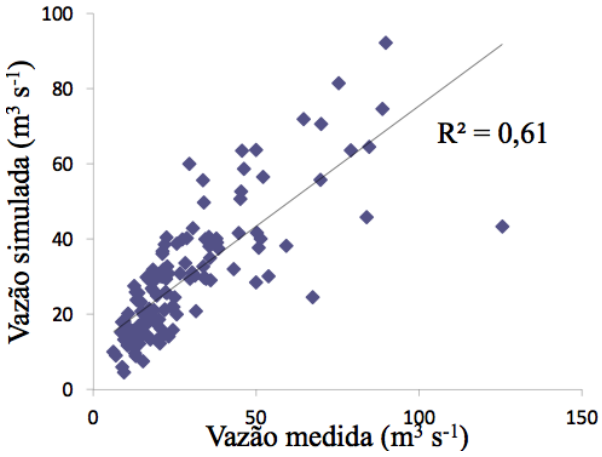

Figura 2 - Valores mensais de vazão simulada e observada na bacia do rio Preto.

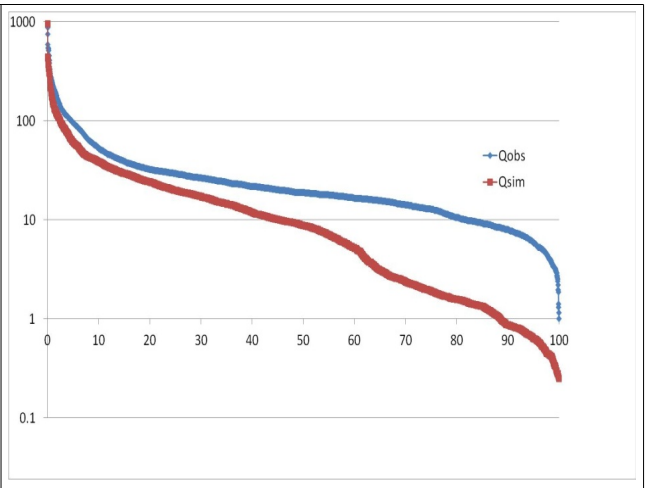

Figura 3 – Curvas de permanência das vazões medidas e simuladas na bacia do rio Preto.

Os principais componentes do balanço hídrico computados pelo modelo SWAT são: a quantidade total de chuva que precipita sobre a área da bacia durante o tempo de simulação (PREC); a evapotranspiração real da bacia (ET), e o volume de água que é propagado pelos canais da rede de drenagem até o exutório da bacia (produção de água ou *water yield*) (WY). A produção de água inclui as contribuições do escoamento superficial (SURQ), do escoamento sub-superficial (água que flui lateralmente pelo perfil de solo e entra no canal) (LAQT) e do escoamento subterrâneo (água que retorna do aqüífero raso e entra no canal) (GWQ) menos as perdas: água armazenada no solo nas HRU's (SW) ou percolada (PERCO) no solo e que se torna recarga do aqüífero.

A evapotranspiração potencial (PET) foi estimada usando a equação de Penman–Monteith (Monteith 1965). Conforme a Tabela 1 pode-se perceber que a evapotranspiração mensal foi maior nos períodos mais quentes do ano (outubro, novembro, dezembro, janeiro, fevereiro, março). Os resultados simulados indicam que em media 46% da precipitação anual é perdida por evapotranspiração na bacia, havendo variação de ano para ano no período analisado.

Tabela 1 – Principais componentes do balanço hídrico simulados no SWAT para o período de 1998 a 2009.

Mês	RAIN (mm)	SURF Q (mm)	LAT Q (mm)	WY (mm)	ET (mm)	PET (mm)
Jan	196,00	55,42	0,63	83,76	82,89	165,37
Fev	154,65	37,53	0,63	67,66	78,39	179,22
Mar	118,17	26,13	0,67	62,16	67,95	136,98
Abr	88,55	22,50	0,61	55,48	47,23	98,69
Mai	114,98	40,88	0,58	69,09	35,14	78,97
Jun	121,25	36,93	0,55	62,27	31,45	79,38
Julh	138,01	43,93	0,62	76,26	44,37	107,13
Ago	100,96	30,00	0,61	66,91	57,89	143,99
Set	159,34	46,12	0,58	76,58	61,97	145,27
out	185,19	55,87	0,67	89,49	86,96	175,56
Nov	150,16	43,21	0,64	78,74	82,45	161,26
Dez	148,13	36,78	0,62	69,27	92,73	178,84
Média	**139,62**	**39,61**	**0,62**	**71,47**	**64,12**	137,56

O escoamento de base foi separado escoamento superficial usando a técnica do filtro digital automático (Arnold & Allen, 1999). Esta técnica estimou que 54% do escoamento total anual medido é escoamento de base. Em comparação, o escoamento de base também representou cerca de 54% do escoamento total simulado (Figura 4).

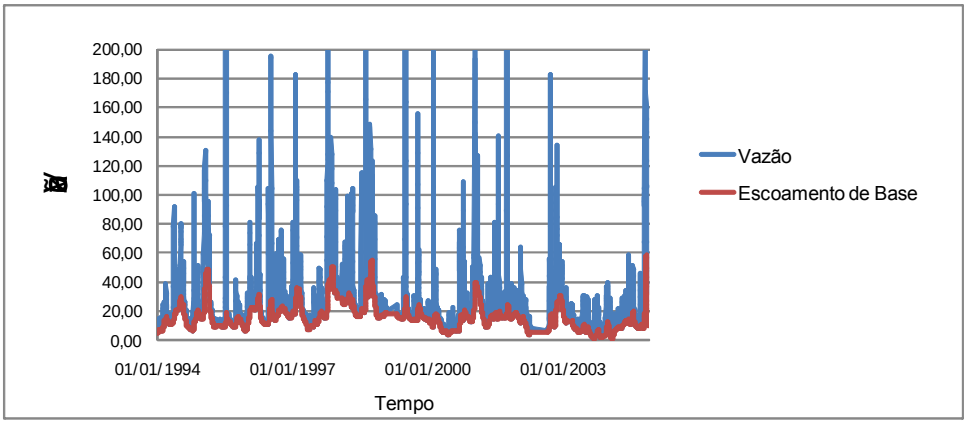

Figura 4 – Separação do escoamento.

3.3 Análise de sensibilidade

No estudo foi feita uma análise de sensibilidade de 19 parâmetros do modelo. Os parâmetros foram hierarquizados de acordo com os efeitos finais de cada um, sendo que o de maior sensibilidade obteve o rank 1. A função objetivo utilizada para a hierarquização dos parâmetros foi a soma dos quadrados dos resíduos entre valores de vazão simulados e medidos (SQR).

O parâmetro cuja variação apresentou maior sensibilidade foi o *Valor da curva número do método SCS* (CN2). O CN2 é um parâmetro chave do método SCS, aumento nos valores de CN2 implicam em aumento no escoamento superficial. O segundo parâmetro com maior sensibilidade foi o *Fator de compensação da evaporação do solo* (ESCO), observou-se que pequenas variações no ESCO implicam em alterações no balanço hídrico da bacia. O terceiro parâmetro de maior sensibilidade foi a Profundidade de água no aquífero raso para ocorrer fluxo de retorno (Gwqmn) cuja variação afeta o escoamento de base.

4- CONCLUSÃO

O modelo apresentou um ajuste aceitável para dados mensais, evidenciado por um NASH de 0,88 e um R^2 de 0,61. Em relacao ao balanco hídrico as simulações evidenciaram que o escoamento de base, que é um componente importante da produção total de água da bacia representa 54% do escoamento total medido e simulado. Embora os valores encontrados para o NASH e R^2 foram considerados aceitáveis, espera-se que após a calibração dos parametros do modelo que apresentaram maior sensibilidade ocorra um melhor ajuste da vazão simulada em relação a vazão medida.

REFERÊNCIAS

ASSAD, M.L.L.; SANS, L.M.A.; ASSAD, E.D.; ZULLO Jr, J. Relação entre água retida e conteúdo de areia total em solos brasileiros. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Passo Fundo, v.9, n.3, p.588-596, 2001

ANA. Disponível em < http://hidroweb.ana.gov.br/>Acesso em outubro de 2012.

BONUMÁ, N. B., ROSSI, C.G., ARNOLD, J. G., REICHERT, J.M., PAIVA, E. M. C. D. 2013. Hydrology evaluation of the Soil and Water Assessment Tool considering measurement uncertainty for a small watershed in Southern Brazil. *Applied Engineering in Agriculture*, v. 29, p. 189-200.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). *Manual de métodos de análise de solo*. 2 ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p

EMBRAPA (2004). Solos do estado de Santa Catarina. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 745p.

EPARI/ CIRAM. Zoneamento Agroecológico. Disponível em: <http://ciram.epagri.rct-sc.br/portal/website/ index.jsp>. Acesso em: junho de 2009

GREEN, C.H.; VAN GRIENSVEN, A., (2008). Autocalibration in hydrologic modeling: Using SWAT2005 in small-scale watersheds. *Environmental Modelling & Software*. 23, Issue 4, 422- 434.

INPE. Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas. Manuais. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/manuais.html>. Acesso em: outubro de 2009.

LINO, J.F.L. Análise da dinâmica hidrossedimentológica da bacia hidrográfica do Rio Preto (SC) com o modelo SWAT. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis 2009.

KOBIYAMA, M.; MOTTA, A.A.; CORSEUIL, C.W. (2008) *Recursos hídricos e saneamento*. Curitiba-pr: Ed. Organic Trading, 2008. 160p

MORIASI, D.N., ARNOLD, J.G., VAN LIEW, M.W., BINGNER, R.L., HARMEL, R.D., VEITH, T.L. 2007. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. *Transactions of the ASABE*. 50(3), pp. 885-900.

NEITSCH, S.L.; ARNOLD, J.G.; KINIRY, J.R.; WILLIAMS, J.R. 2005. *Soil and Water Assessment Tool - Theoretical Documentation*: Version 2005. Temple, Blackland Research Center, Texas Agricultural Experiment Station, 494p.

PEREIRA, R.; ANELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. *Agrometeorologia: Fundamentos e aplicações práticas*. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478p.

RODERJAN, C.V.; GALVAO, F.; KUNIYOSHI, Y.S.; HATSCHBACH, G.G. (2002). As unidades fitogeográficas do Estado do Paraná. *Ciência & Ambiente*. UFSM. v. 24, p. 75-92.

SANTA CATARINA (2002). Secretaria de Estado do Desenvolvimento Rural e da Agricultura. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. Centro Integrado de Informações de Recursos Ambientais. *Dados e Informações Biofísicas da Unidade de Planejamento Regional do Planalto Norte Catarinense*. Florianópolis, 2002.

USDA (1986). *National engineering handboo"*. Washington: USDA. (Section 4).

GREEN, C.H.; VAN GRIENSVEN, A., 2008. Autocalibration in hydrologic modeling: Using SWAT2005 in small-scale watersheds. *Environmental Modelling & Software*. 23, Issue 4, 422-434.

VAN GRIENSVEN, A.; MEIXNER, T.; GRUNWALD, S.; BISHOP, T.; DILUZIO, M.; SRINIVASAN, R. 2005. A global sensitivity analysis tool for the parameters of multi-variable catchment models. *Journal of Hydrology*. 1-14