

MODELAÇÃO DE ESCOAMENTOS NA BACIA DO RIO TORNO UTILIZANDO O ARCSWAT

Fernando A.L. Pacheco

Departamento de Geologia e Centro de Química, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 5000 Vila Real

Palavras-Chave: ArcSWAT, ArcGIS, escoamento, Rio Torno, sub-bacias

INTRODUÇÃO

O ArcSWAT (Winchell *et al.*, 2008) é um *software* de modelação de bacias hidrográficas que funciona em plataforma SIG, nomeadamente em ambiente ArcGIS (ESRI, 2007). A modelação que realiza é determinista uma vez que descreve os processos físicos relacionados com as variáveis hidrológicas através de equações conceptuais (p.e. equações de fluxo), porém incorpora algumas características de modelação estocástica, em particular no que respeita ao processamento dos dados climáticos de base (p.e. séries de precipitação diária), uma vez que, na ausência dos mesmos para o local em estudo, o modelo gera-os automaticamente a partir de relações empíricas ou estatísticas relativas a registos de locais vizinhos. Uma das funcionalidades do ArcSWAT consiste na modelação hidrológica da bacia em simultâneo com a de sub-bacias e até de sectores de dimensão inferior designados Unidades de Resposta Hidrológica (URH). Esta funcionalidade tem aplicações interessantes: a) a estimativa calibrada de escoamentos nas sub-bacias e UHR, nos casos em que seja possível ajustar o modelo a dados hidrométricos reais disponíveis à escala da bacia; b) a visualização da distribuição espacial das componentes do escoamento – superficial e subterrâneo, a partir da qual se poderão estabelecer hipóteses relativamente à tipologia dos circuitos hidrogeológicos instalados. A presente comunicação apresenta resultados destas aplicações à bacia hidrográfica do Rio Torno, localizada no concelho de Vila Pouca de Aguiar.

ÁREA EM ESTUDO

A bacia hidrográfica do Rio Torno, que abrange cerca de 36,7 km² (Figura 1a), localiza-se no Norte de Portugal, concretamente no concelho de Vila Pouca de Aguiar, tendo como principais afluentes os ribeiros do Cabouço e de Valadas, na margem esquerda, e os ribeiros do Bóco e de Além na margem direita. Desenvolve-se entre as cotas 780 e 1185 metros, apresentando uma configuração irregular de onde se destacam os seguintes caracteres: no sector mais a montante as margens estendem-se de forma significativa para um e outro lado do leito do rio, desenvolvendo as bacias dos ribeiros do Bóco (10,3 km²) e do Cabouço (8,0 km²). No sector mais a jusante as margens são mais estreitas desenvolvendo a bacia do ribeiro de Além (3,35 km²). A topografia da bacia hidrográfica do Rio Torno e seus afluentes apresenta-se na Figura 1b. A bacia do ribeiro do Bóco é a que apresenta menores declives, enquanto que os maiores declives se distribuem em grande parte pelas bacias da margem esquerda. A bacia hidrográfica do Rio Torno é coberta na sua maior parte por litossolos, sendo as zonas mais próximas dos cursos de água, onde se pratica a agricultura, cobertas por cambissolos. Os usos e ocupações do solo ilustram-se na Figura 1c, destacando-se a ocupação das zonas de cota mais elevada por matos e por manchas mais ou menos extensas e dispersas de pinhais e eucaliptais, e a ocupação dos lameiros por culturas anuais (batata, milho, etc.) e pastagens (naturais e produzidas).

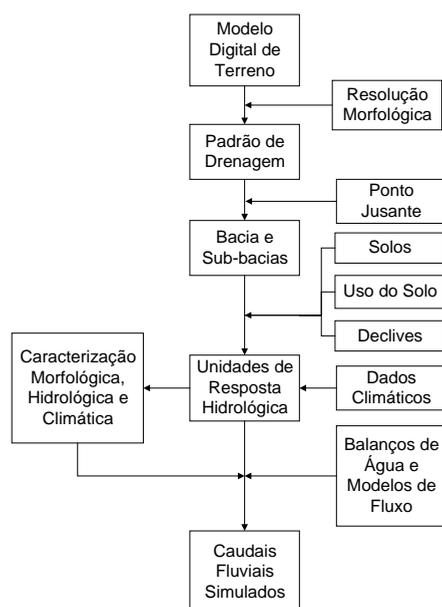


Figura 2 – Fluxograma geral de execução do modelo ArcSWAT. Adaptado de Caetano e Pacheco (2008).

DADOS E CONDIÇÕES DE APLICAÇÃO

A cartografia com o modelo digital do terreno e com o uso e ocupação do solo, necessária à implementação do ArcSWAT, é a que se representou nas Figuras 1b e 1c. Com base nesses dados, o modelo produziu o padrão de drenagem e a compartimentação da bacia do Rio Torno nas sub-bacias e UHR apresentadas na Figura 1a.

No interior da bacia hidrográfica do Rio Torno existem a funcionar estações de monitorização da precipitação e do caudal fluvial, com registos diários para estes parâmetros. As estações que apresentam registos mais longos e com fragmentação de dados reduzida são as estações da rede nacional 04K/02G (precipitação) e 05K/01H (caudal), cuja localização se apresenta na Figura 1a. Os dados de precipitação e caudal (valores diários) destas estações, para os períodos 1938/39 – 2009/2010 (estação 04K/02G – precipitação) e 1955/56 – 2005/2006 (estação 05K/01H – caudal), encontram-se disponíveis no sítio da Internet do Sistema de Informação de Recursos Hídricos (<http://snirh.pt/>) do Instituto da Água. Além dos dados de precipitação e caudal, existem outros dados meteorológicos (temperatura, humidade relativa, velocidade do vento, etc.) em estações climatológicas da vizinhança da bacia do Rio Torno. A estação mais próxima localiza-se em Minas de Jales (05L/02C) a cerca de 7,7 km do limite Este da bacia do Rio Torno.

No presente estudo, a modelação abrangeu um período de dois anos consecutivos, tendo-se para tal escolhido um par de anos que englobasse precipitações elevadas (ano “húmido”) e precipitações reduzidas (ano “seco”). Os registos correspondentes a mais de 70 anos de medições da na estação 04K/02G demonstram que a precipitação na vizinhança na bacia do Rio Torno rondou os 1800 ± 520 mm/ano, com um mínimo de cerca de 980 mm/ano e um máximo de 3675 mm/ano. Trata-se portanto de uma região com precipitações elevadas. Os anos hidrológicos de 2000/2001 e 2001/2002 registaram precipitações anuais de 3675 mm/ano e 1300 mm/ano, respectivamente, representando por isso situações relativamente extremas no cenário global do clima da região. Por esse motivo, esses anos foram seleccionados na modelação hidrogeológica.

RESULTADOS

A modelação dos caudais fluviais na bacia do Rio Torno para os anos hidrológicos 2000/2001 e 2001/2002 ilustra-se na Figura 3, à escala mensal, sendo os mesmos comparados com os caudais médios mensais registados no mesmo período na estação hidrométrica 05K/01H (ver localização na Figura 1a). Não obstante observarem-se algumas discrepâncias nos meses de maior débito, a semelhança entre os dois hidrogramas é notável. Uma vez que os caudais simulados à escala da bacia resultam da integração dos escoamentos previstos ao nível das UHR e sub-bacias, assume-se que a aproximação das simulações aos dados reais à escala da bacia também se reflectirá ao nível dos seus compartimentos (UHR e sub-bacias).

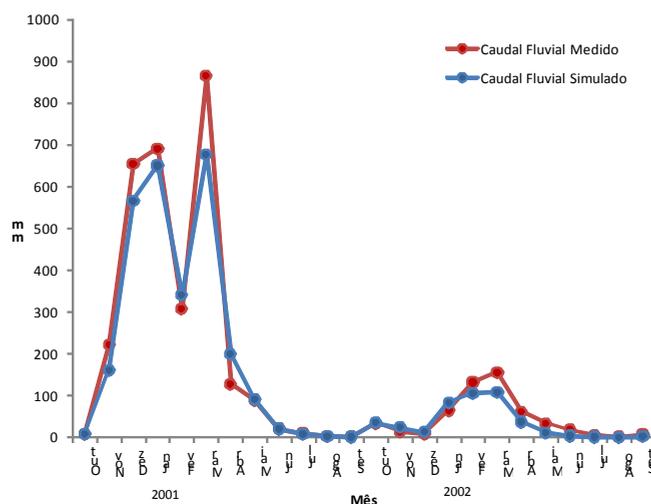


Figura 3 – Resultados da modelação hidrológica implementada à escala da baça do Rio Torno, utilizando o ArcSWAT.

Os resultados da modelação de escoamentos totais, superficiais e subterrâneos nas diversas sub-bacias do Rio Torno apresentam-se nas Figura 4a–c (ano hidrológico de 2000/2001) e Figura 5a–c (ano hidrológico de 2000/2001).

No ano de 2000/2001 (ano húmido), o escoamento total (Q_t) variou entre 1885 mm/ano e 2160 mm/ano, representando cerca de 51 a 59% da precipitação (P), observando-se ainda que a variação espacial nos valores de Q_t é reduzida (Figura 4a). O escoamento superficial (Q_s) variou entre 650 (18% de P) e 1320 (36% de P) mm/ano, distribuindo-se preferencialmente pelas sub-bacias mais centrais e próximas dos cursos de água principais (Figura 4b). Finalmente, o escoamento subterrâneo variou entre 575 (18% de P) e 1295 mm/ano (18% de P), apresentando distribuição oposta à do Q_s (Figura 4c).

Os resultados obtidos relativamente ao ano hidrológico de 2000/2001 suscitam os seguintes comentários:

- A associação de valores elevados do Q_s a sub-bacias mais próximas dos leitos dos rios principais é uma consequência natural do fenómeno de concertação das águas no sentido jusante das bacias;
- A associação de valores elevados do Q_g a sub-bacias relativamente marginais é sugestiva da predominância na região de circuitos hidrogeológicos locais.

No ano hidrológico de 2001/2002 (ano mais seco), os escoamentos totais descem cerca de 27 a 36%, para valores entre 690 e 1000 mm/ano (53% e 77% de P), porém observa-se uma maior diversidade de valores quando consideramos a distribuição espacial dos mesmos (Figura 5a). A predominância de valores elevados do escoamento superficial nas sub-bacias centrais da bacia do Torno mantém-se, embora neste ano o Q_s desça para valores entre 280 e 780 mm/ano (21% e 60% de P). Finalmente, o escoamento subterrâneo também mantém valores elevados em sectores mais marginais da bacia e baixos em sectores relativamente centrais, mas os quantitativos simulados descem para valores da ordem dos 140 e 470 mm/ano (11% e 36% de P). Estes últimos resultados ilustram-se nas Figuras 5b,c.

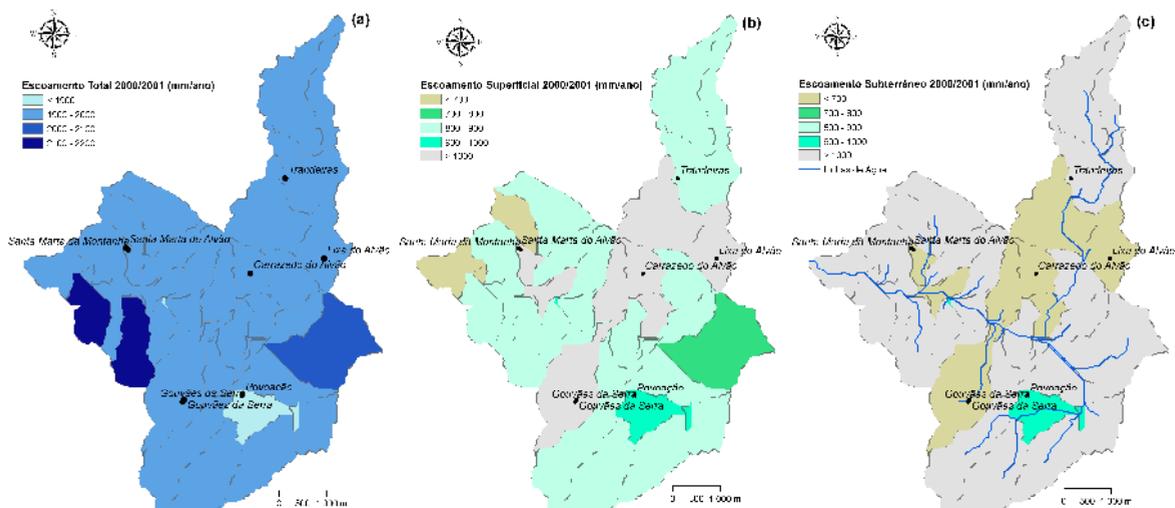


Figura 4 – Distribuição dos escoamentos pelas sub-bacias da bacia hidrográfica do Rio Torno, no ano hidrológico 2000/2001 (ano húmido; precipitação: 3675 mm/ano): (a) escoamento total; (b) escoamento superficial; (c) escoamento subterrâneo.

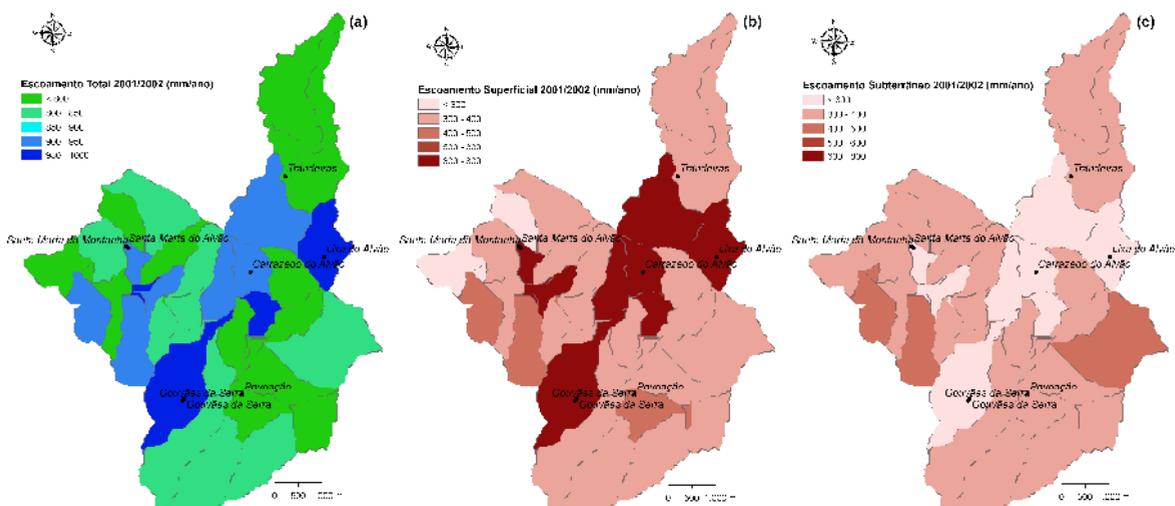


Figura 5 – Distribuição dos escoamentos pelas sub-bacias da bacia hidrográfica do Rio Torno, no ano hidrológico 2001/2002 (ano húmido; precipitação: 1300 mm/ano): (a) escoamento total; (b) escoamento superficial; (c) escoamento subterrâneo.

REFERÊNCIAS

- CAETANO, C.A.R., PACHECO, F.A.L. (2008). *Modelação de escoamentos fluviais na região de Trás-os-Montes e Alto Douro utilizando o modelo SWAT*. In: V Seminário Recursos Geológicos, Ambiente e Ordenamento do Território, UTAD, Vila Real, 16-18 Outubro de 2008. Actas do Seminário (CD), p. 44-53.
- ESRI (2007). *ArcMap* (version 9.3). New York St., Redlands, USA, 131p.
- WINCHELL, M., SRINIVASAN, R., DI LUZIO, M., ARNOLD, J. (2008). *Arcswat 2.0 Interface for SWAT 2005 - User's Guide*. Blackland Research Center, Texas Agricultural Experiment Station, Texas. Grassland, Soil and Water Research Laboratory, USDA Agricultural Research Service, Texas. 448p.