

DESENVOLVIMENTO DE EXTENSÕES NO ARCGIS PARA OBTENÇÃO AUTOMÁTICA DE ESTATÍSTICAS A MONTANTE DE PONTOS

Weriskiney Araújo Almeida^{1} & Michel Castro Moreira²*

Resumo – Importantes tarefas no gerenciamento dos recursos hídricos podem ser otimizadas com a utilização de ferramentas computacionais em ambiente de Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Assim, objetivou-se no presente trabalho desenvolver duas extensões para o programa computacional ESRI ArcGIS que calculem automaticamente estatísticas de dados a montante de pontos de uma bacia hidrográfica. No desenvolvimento das extensões foi utilizado o aplicativo Model Builder do ArcGIS. Foram desenvolvidas as extensões "Estatísticas de montante (raster)" e "Estatísticas de montante (pontos)", que diferem entre si em relação ao tipo do arquivo com valores de entrada (raster ou shape de pontos). Para teste e validação das ferramentas realizaram-se cálculos manuais em arquivos teste, comparando-se os valores obtidos manualmente com os automáticos. As extensões desenvolvidas permitem calcular as estatísticas dos dados a montante de um ponto definido pelo usuário. A utilização das ferramentas computacionais desenvolvidas permite otimizar a obtenção e extração de dados referentes a uma bacia hidrográfica, atendendo os requisitos de rapidez e acurácia na obtenção de dados para o gerenciamento adequado dos recursos hídricos.

Palavras-Chave – Model Builder, ferramentas computacionais, geoprocessamento.

DEVELOPMENT OF ARCGIS EXTENSIONS TO CALCULATE AUTOMATICALLY STATISTICS UPSTREAM OF POINTS

Abstract – Important tasks performed in water resources management context can be optimized by using computational tools in Geographic Information System (GIS) platform. Thus, the aim of this paper is to develop two extensions to ESRI ArcGIS software which can calculate automatically statistics of data upstream some points in a river basin. To develop these extensions it was used the ArcGIS's Model Builder app. Two extensions were developed: the "Upstream Statistics (raster)" and the "Upstream Statistics (points)". These models differ in respect to the type of the file with input values (raster or shape of points). For testing and validating the tools, manual calculations were performed on test files, comparing the values obtained manually to the automatic ones. The developed extensions permit to calculate statistics of data upstream a point defined by the user. The use of the created computational tools allows to optimize the collection and extraction of data related to a river basin, meeting the requirements of speed and accuracy in data collection for the proper management of water resources.

Keywords – Model Builder, computational tools, geoprocessing.

¹ Eng^o. Sanitarista e Ambiental. Mestrando em Eng. Hidráulica e Saneamento, USP/EESC, São Carlos-SP, weriskiney@gmail.com. Bolsista CAPES.

² D.Sc. em Engenharia Agrícola, UFBA/ICADS, Barreiras-BA, michelcm@ufba.br.

* Autor correspondente.

1. INTRODUÇÃO

O uso de tecnologias associadas aos sistemas de informação geográfica (SIG) constitui importante ferramenta para a produção de dados visando à tomada de decisão dos gestores de recursos hídricos. As ferramentas permitem a visualização e a análise de dados para aplicação em tarefas, tais como estimativas de disponibilidade hídrica, análise da qualidade da água, planejamento de prevenção de enchentes, entendimento do ambiente natural e gerenciamento dos recursos hídricos. Nas últimas décadas, a automação dessas tarefas através de processamento computacional tem se tornado um importante campo de pesquisa científica (Maidment, 2002; Xu *et al.*, 2001).

Atualmente, existem muitos *softwares* direcionados para aplicação em SIG, dos quais o ESRI ArcGIS® (ArcGIS) se destaca como um dos mais populares. Apesar de não ser um *software* livre, o ArcGIS tem sido utilizado em trabalhos importantes na literatura sobre recursos hídricos, inclusive com o desenvolvimento de modelos internos que automatizam fluxos de operações (Chaaban *et al.*, 2012; Laudien *et al.*, 2006; Olivera *et al.*, 2006; Pérez-Peña *et al.*, 2009). Uma discussão a respeito dos aspectos comparativos entre os principais *softwares* pagos e gratuitos em SIG pode ser vista no trabalho de Sillero e Tarroso (2010).

O uso dessas ferramentas computacionais traz vantagens comparativas em relação às operações manuais, como a redução do tempo de processamento e o aumento da acurácia do resultado, fato que se torna mais evidente à medida que o número de operações a serem realizadas aumenta.

Tendo em vista esses aspectos, objetivou-se nesse trabalho desenvolver duas extensões para o ArcGIS que calculem automaticamente estatísticas de dados a montante de pontos de uma bacia hidrográfica, visando automatizar a obtenção e extração de dados referentes a uma bacia hidrográfica de modo a agilizar e aumentar a confiabilidade dos dados utilizados no processo de tomada de decisão no gerenciamento dos recursos hídricos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O problema que esse trabalho se propõe a resolver é o cálculo automático de estatísticas a montante de pontos de referência dentro de uma bacia hidrográfica, uma vez que a quantidade desses pontos pode ser elevada de modo que tais operações manuais sejam morosas e não confiáveis. As estatísticas utilizadas no desenvolvimento das ferramentas foram a soma (*sum*), a média (*mean*), os valores majoritário e minoritário (*majority*, *minority*), os valores máximo e mínimo (*maximum*, *minimum*), a mediana (*median*), a diferença entre os valores máximo e mínimo (*range*), o desvio padrão (*std*) e o número de valores únicos (*variety*).

O desenvolvimento das extensões foi realizado considerando dois casos: o primeiro é o cálculo da estatística utilizando-se os valores dos *pixels* de um arquivo *raster* (Figura 1a); enquanto o outro, por sua vez, é semelhante ao primeiro, mas os valores são obtidos a partir de pontos em arquivos vetoriais (*shapefiles*) (Figura 1b).

As extensões foram desenvolvidas no aplicativo Model Builder do ArcGIS (Figura 2). Esse aplicativo pode ser entendido como uma linguagem visual de programação para construção, edição e gerenciamento de modelos. No ArcGIS, um modelo é uma sequência de tarefas automatizadas que contêm um conjunto de ferramentas (nativas ou não) ou uma sequência de trabalho, as quais podem ser executadas múltiplas vezes, e podem ser utilizados como ferramentas comuns. As vantagens desse aplicativo são: facilidade de uso, criação de ferramentas customizadas pelo usuário e a possibilidade do uso dos *scripts* em Python (ESRI, 2013).

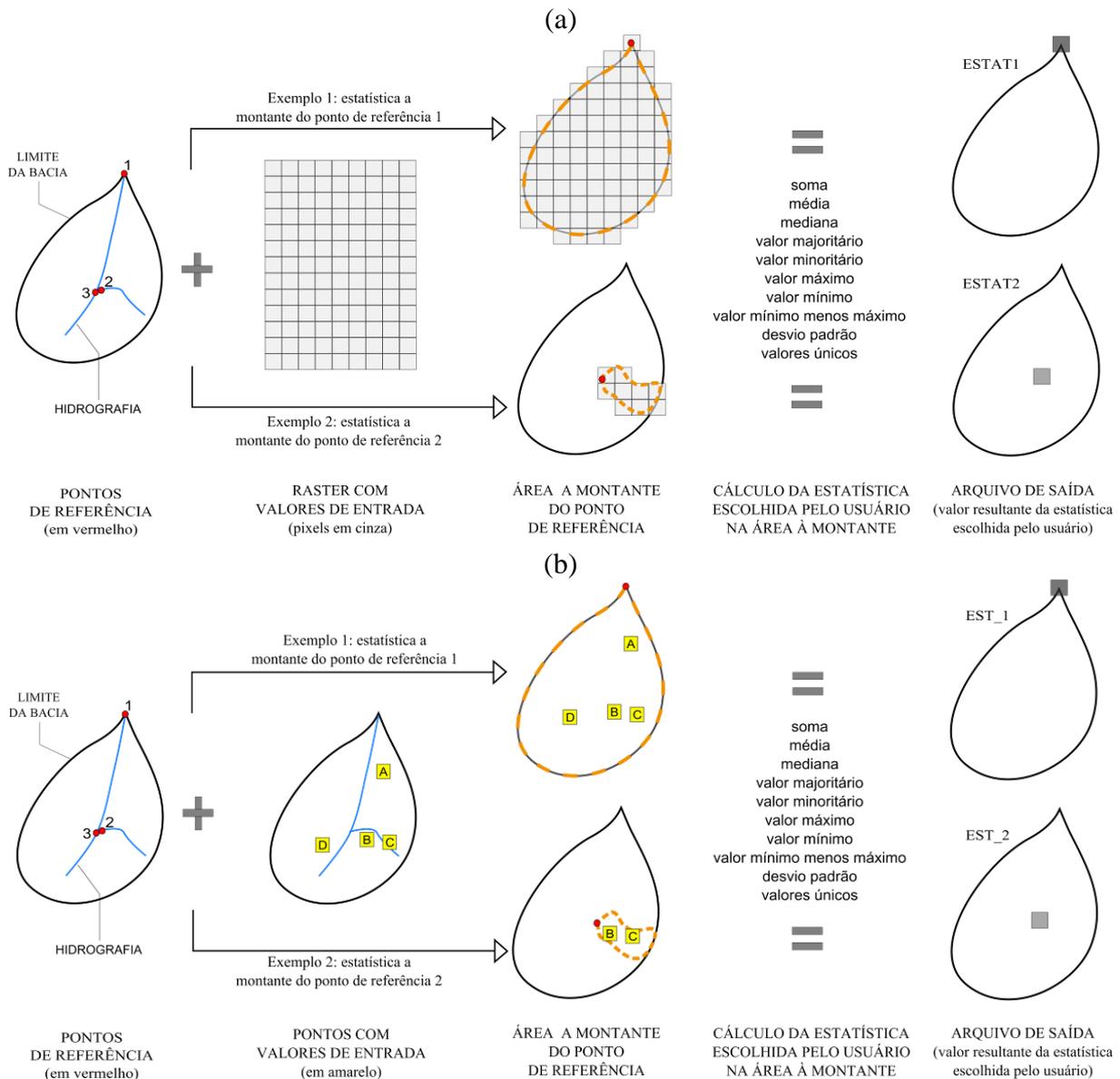


Figura 1 – Esquema de obtenção da estatística desejada na área a montante do ponto de referência escolhido pelo usuário: (a) valores de entrada em um arquivo *raster* e arquivo de saída ESTATn; e (b) valores de entrada em um arquivo *shapefile* de pontos e arquivo de saída EST_n.

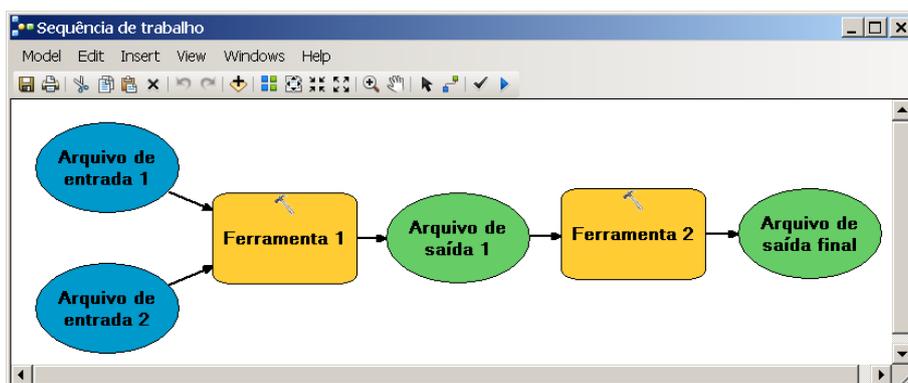


Figura 2 – Interface do aplicativo Model Builder, em que se apresenta uma sequência de trabalho com a combinação de duas ferramentas para a geração de um arquivo de saída final.

Na Figura 3, é apresentado o fluxograma de funcionamento das ferramentas. É importante notar que as ferramentas seguem sequências de comandos aplicadas a um ponto de referência por vez (iteração), até que seja atingido o número total de pontos. O tempo total de processamento, portanto, será função do número de pontos de referência no arquivo de entrada.

Para teste e validação das ferramentas desenvolvidas, realizaram-se cálculos manuais em arquivos teste, comparando-se os valores obtidos manualmente com os automáticos. A fim de exemplificar o funcionamento das extensões foi realizado estudo de caso para uma bacia hidrográfica.

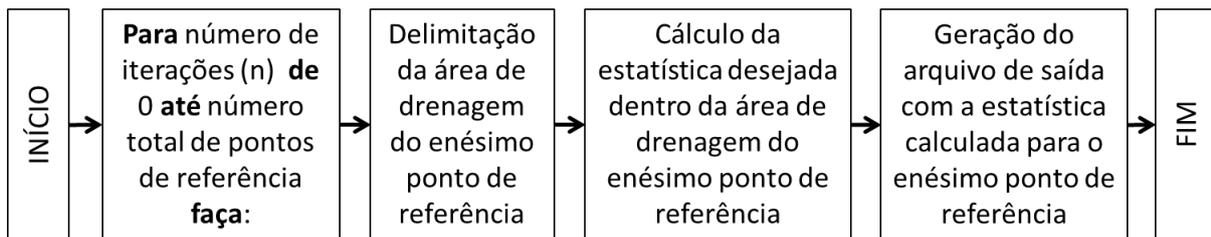


Figura 3 – Fluxograma de funcionamento das ferramentas “Estatísticas de montante (*raster*)” e “Estatísticas de montante (pontos)”.

3. RESULTADOS

As extensões do ArcGIS desenvolvidas no presente trabalho foram denominadas “Estatísticas de montante (*raster*)” e “Estatísticas de montante (pontos)”, as quais permitem calcular automaticamente estatísticas de dados a montante de pontos de referência definidos pelo usuário (Figura 4). As duas ferramentas diferem entre si em relação ao tipo do arquivo de entrada (*raster* ou pontos), o qual contém os dados para o cálculo da estatística.

As ferramentas desenvolvidas podem ser obtidas gratuitamente através de cópia eletrônica no endereço <http://www.dea.ufv.br/crrh>, onde também é possível obter instruções para instalação e uso das extensões.

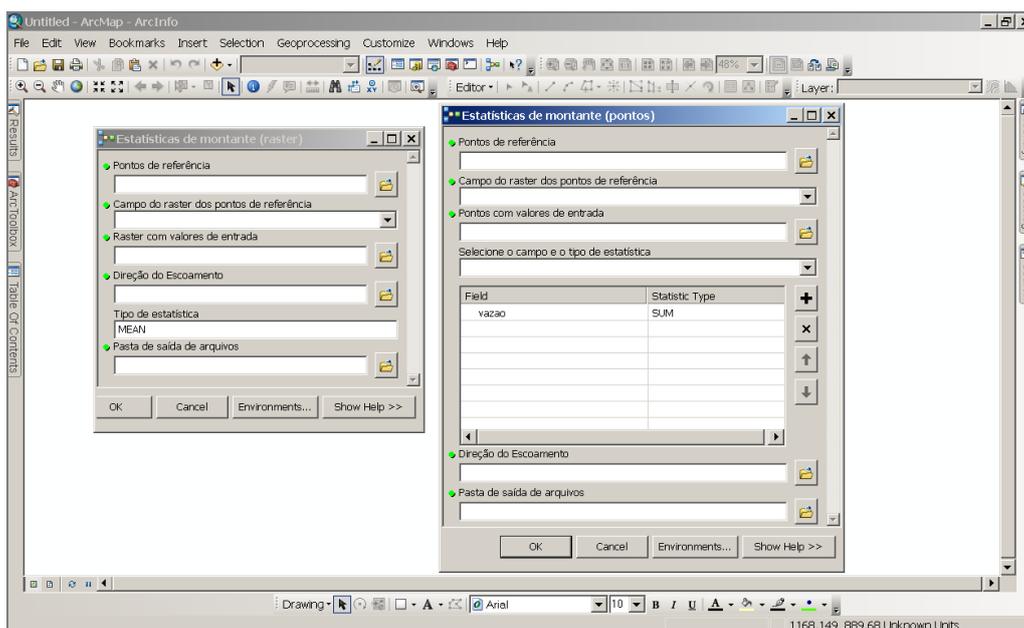


Figura 4 – Software ESRI ArcGIS com as ferramentas “Estatísticas de montante (*raster*)” e “Estatísticas de montante (pontos)” disponíveis.

Na extensão “Estatísticas de montante (*raster*)” (Figura 5) os dados de entrada são:

- “Pontos de referência”: arquivo no formato *raster* dos pontos, em cujas áreas a montante as estatísticas definidas pelo usuário serão calculadas. É necessário que, na tabela de atributos do arquivo, cada ponto de referência esteja relacionado a um número inteiro único, gerando uma sequência (0, 1, 2, 3..., n). Essa informação será usada para determinar a quantidade de iterações;
- “Campo do *raster* dos pontos de referência”: campo com valores inteiros e únicos de zero ao número de linhas, para que cada ponto de referência esteja relacionado a um número e para que seja estabelecido o número de iterações necessárias;
- “Raster com valores de entrada”: arquivo no formato *raster*, que será a fonte dos dados utilizados para o cálculo da estatística desejada;
- “Direção de escoamento”: arquivo no formato *raster*, obtido a partir do modelo digital de elevação, por meio da ferramenta *Flow Direction* do ArcGIS;
- “Tipo de estatística”: estatísticas disponíveis na ferramenta, sendo elas a soma, média, mediana, valor majoritário, valor minoritário, valor máximo, valor mínimo, valor mínimo menos máximo, desvio padrão e valores únicos; e
- “Pasta de saída de arquivos”: pasta escolhida pelo usuário para saída dos arquivos gerados em cada iteração.



Figura 5 – Interface da ferramenta “Estatísticas de Montante (*raster*)”, que permite o cálculo de estatísticas de dados a montante de pontos de referência, com base em um arquivo *raster* com dados em estudo.

Na extensão “Estatísticas de montante (pontos)” (Figura 6) os dados de entrada são:

- “Pontos de referência”, “Campo do *raster* dos pontos de referência”, “Direção de escoamento”, “Tipo de estatística” e “Pasta de saída de arquivos”, conforme descritos anteriormente.
- “Pontos com valores de entrada”: arquivo de pontos no formato *shapefile*, que será a fonte dos dados utilizados para o cálculo da estatística desejada; e
- “Selecione o campo e o tipo de estatística”: o campo da tabela de atributos do *shapefile* de pontos, que contenha os dados a serem utilizados no cálculo da estatística escolhida pelo usuário e o tipo de estatística a ser aplicada.

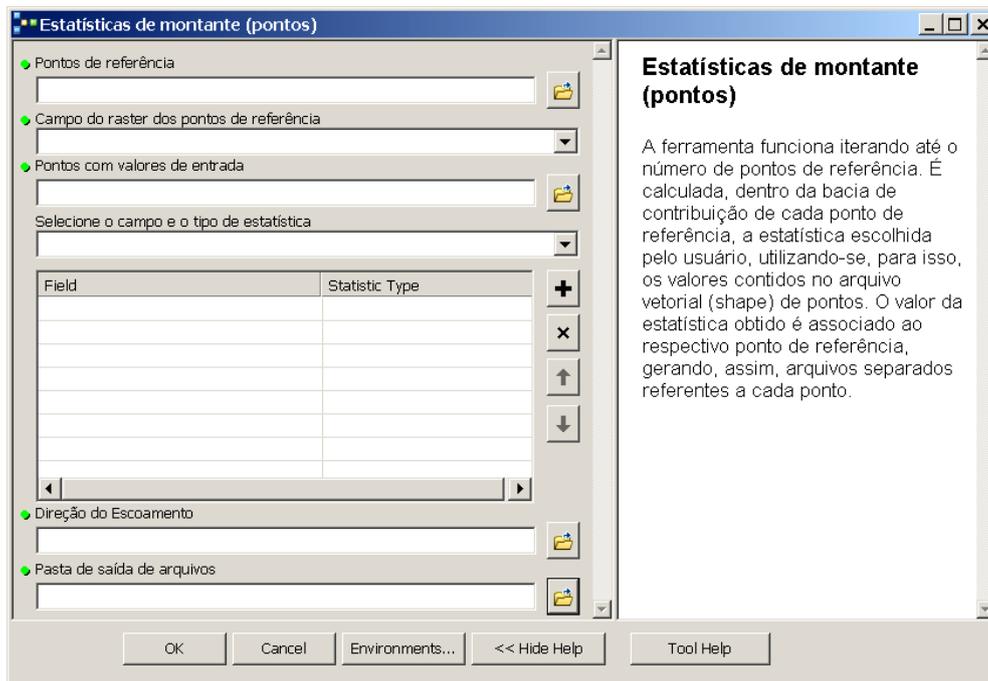


Figura 6 – Interface da ferramenta “Estatísticas de Montante (pontos)”, que permite o cálculo de estatísticas de dados a montante de um ponto de referência, com base em um arquivo de pontos com dados em estudo.

No estudo de caso realizado para exemplificar o funcionamento das extensões, teve-se como objetivo calcular, dentro da área de drenagem a montante de cada ponto de referência: (1) o valor da precipitação média anual da área de drenagem (P_{ma}); e (2) a soma da vazão outorgada (Q_{out}) a montante do ponto de referência. Os pontos de referência, para esse caso, correspondem ao conjunto composto pela foz de cada trecho de rio da bacia.

Para calcular a média da P_{ma} no interior das áreas a montante de cada foz utilizou-se a extensão “Estatísticas de montante (*raster*)” com os seguintes arquivos de entrada (Figura 7a): *raster* de precipitação média anual (valores de entrada); *raster* contendo a foz de cada trecho de rio (pontos de referência); direção de escoamento, obtido do modelo digital de elevação da área de estudo; e escolhida a estatística média (*mean*). As médias da P_{ma} (mm) na área a montante de cada ponto de referência podem ser vistas na Figura 7b.

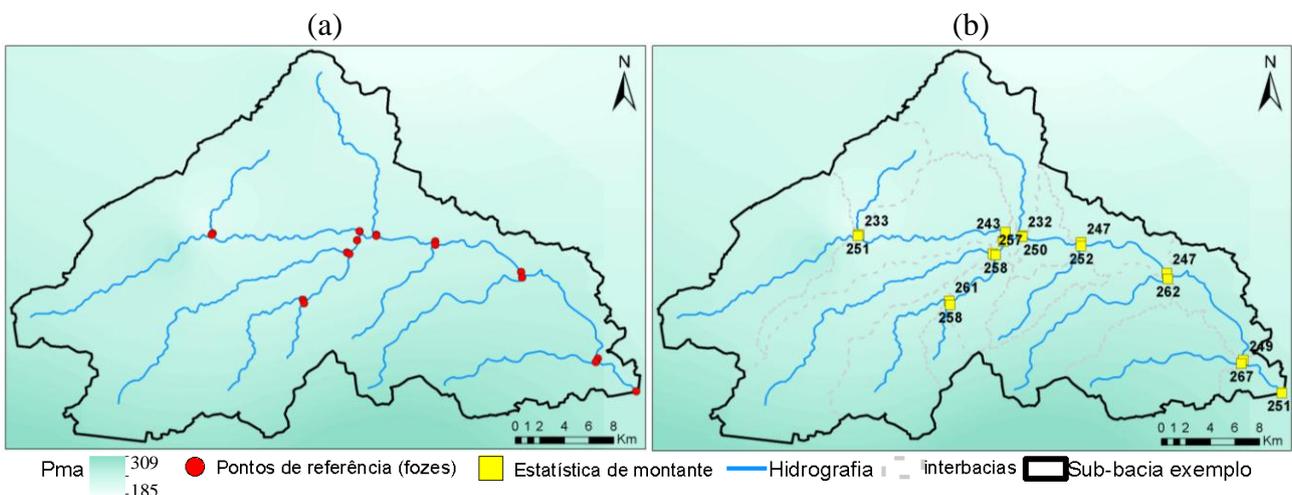


Figura 7 – Estudo de caso exemplificando o funcionamento das extensões: (a) arquivos de entrada (o *raster* “Direção de escoamento” foi omitido por estar sobreposto ao *raster* da P_{ma}); (b) resultado da aplicação da ferramenta “Estatísticas de montante (*raster*)”.

Para o cálculo da Q_{out} a montante do ponto de referência utilizou-se a extensão “Estatísticas de montante (pontos)”, e os seguintes arquivos de entrada (Figura 8a): *shapefile* contendo as localizações e vazões das outorgas dentro da bacia (valores de entrada); *raster* contendo a foz de cada trecho de rio (pontos de referência); direção de escoamento, obtido do modelo digital de elevação da área de estudo; e escolhida a estatística soma (*sum*). As somas das vazões outorgadas (m^3/s) na área a montante de cada ponto de referência podem ser vistas na Figura 8b.

Uma das limitações das extensões criadas é a quantidade de estatísticas disponíveis para uso no ArcGIS. Isso se deve ao fato de que a ferramenta *Zonal Statistics* do ArcGIS, que realiza esses cálculos em ambos os modelos, dispõe apenas de dez estatísticas. Além disso, o modelo apresenta restrição quanto a sua utilização, uma vez que o ArcGIS necessita de licença para sua utilização, uma vez que não é gratuito.

Pode-se citar como vantagens no uso das ferramentas a possibilidade de se solucionar uma grande quantidade de problemas, já que são inúmeras as combinações de pontos de referência, arquivos de valores e as estatísticas disponíveis; redução na velocidade de obtenção dos resultados e aumento da acurácia em comparação às operações manuais, pois é possível rodar até mesmo centenas de pontos de referência numa mesma operação; e a simplicidade na implementação dos modelos, uma vez que não é necessário conhecimento de *sintaxes* de programação.

Para utilização das ferramentas é necessário configurar os seus ambientes de trabalho (*environment*), como os parâmetros de tamanho da célula do *raster* (*cell size*), dimensões máximas da área de trabalho (*extent*) e sobreposição aos arquivos de entrada (*snap to raster*). Essas observações podem evitar erros de cálculo, como a geração de arquivos com células de tamanho diferente das do *raster* de entrada, a não utilização de dados que estejam além das dimensões máximas de trabalho e a obtenção de *rasters* com as células ligeiramente deslocadas dos dados iniciais.

Um caso em que é possível verificar a aplicação das extensões desenvolvidas pode ser encontrado no trabalho de Moreira *et al.* (2012), em que foi necessário o cálculo da média pluviométrica e a soma de outorgas de uso da água a montante da foz de cada trecho de rio da bacia hidrográfica do rio Grande.

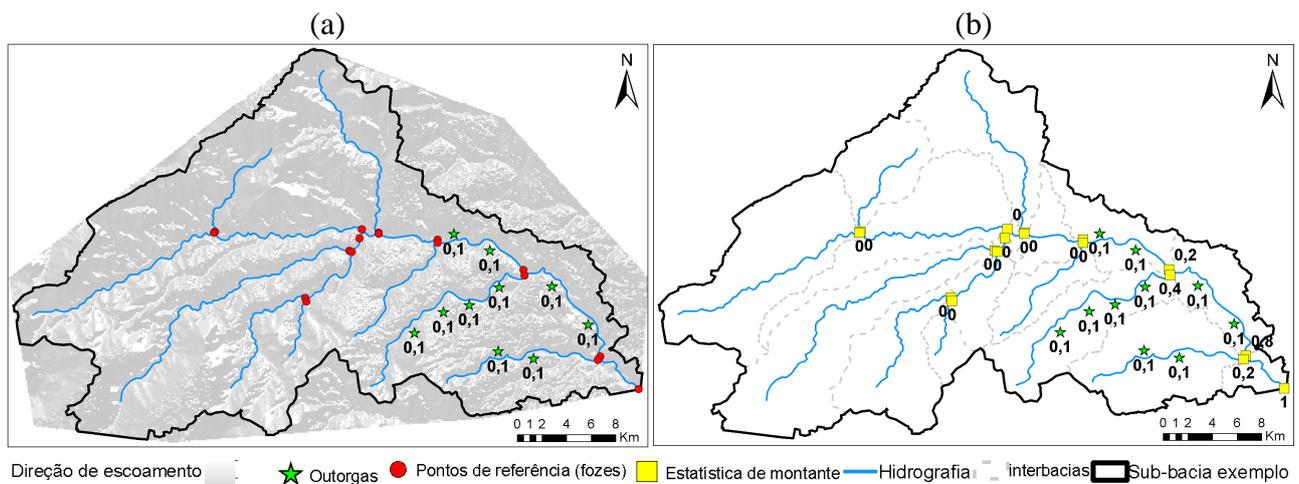


Figura 8 – Estudo de caso exemplificando o funcionamento das extensões: (a) arquivos de entrada; (b) resultado da aplicação da ferramenta “Estatísticas de montante (pontos)”.

4. CONCLUSÃO

A partir da análise dos resultados, pode-se concluir que as ferramentas computacionais desenvolvidas permitem obter automaticamente estatísticas a montante de pontos de referência em uma bacia hidrográfica e atendem aos requisitos de rapidez e acurácia na obtenção de dados para o gerenciamento adequado dos recursos hídricos.

5. AGRADECIMENTOS: Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- CHAABAN, F. *et al.* (2012). Using ArcGIS® Modelbuilder and Aerial Photographs to Measure Coastline Retreat and Advance: North of France. *Journal of Coastal Research*, v. 285, n. 6, p. 1567-1579.
- ESRI (Org.) (2013). *ArcGIS Help 10.1*. Disponível em: <<http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.1/index.html#/002w0000001000000>>. Acesso em: 30 abr. 2013.
- LAUDIEN, R. *et al.* (2006). Customizing ArcGIS for spatial decision support - Case study: Locating potential small water reservoir in Benin. *SPIE*, v. 6421, p. 64210Y-64210Y-9.
- MAIDMENT, D. R. (2002). *Archydro: Gis for Water Resources*. [s.l.] ESRI, Incorporated.
- MOREIRA, M. C. *et al.* (2012). Índices para Identificação de Conflitos pelo Uso da Água: Proposição Metodológica e Estudo de Caso. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 17, n. 3, p. 7-15.
- OLIVERA, F. *et al.* (2006). ArGIS-SWAT: A Geodata Model and GIS Interface for SWAT. *Journal of The American Water Resources Association*, v. 42, n. 2, p. 295-309.
- PÉREZ-PEÑA, J. V.; AZAÑÓN, J. M.; AZOR, A. (2009). CalHypso: An ArcGIS extension to calculate hypsometric curves and their statistical moments. Applications to drainage basin analysis in SE Spain. *Computers & Geosciences*, v.35, n. 6, p. 1214-1223.
- SILLERO, N.; TARROSO, P. (2010). Free GIS for herpetologists : free data sources on Internet and comparison analysis of proprietary and free / open source software. *Acta Herpetologica*, v. 5, n. 1, p. 63-85.
- XU, Z. *et al.* (2001). Integrated Hydrologic Modeling and GIS in Water Resources Management. *Journal of Computing in Civil Engineering*, v. 15, n. 3, p. 217-223.