

## Uso de ferramentas do software ArcGIS na delimitação da bacia hidrográfica do Rio Curu – CE

### *Use of ArcGIS software tools in the delineation of the watershed of the Curu River in Ceará*

### *Utilización de herramientas del software ArcGIS en la delimitación de la cuenca hidrográfica del Río Curu – CE*

#### Resumo



A delimitação adequada de uma bacia hidrográfica é fundamental para o melhor gerenciamento dos recursos hídricos e implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos. Com o acelerado desenvolvimento de *software* de geoprocessamento, tornou-se possível realizar esse processo por meio de Sistemas de Informações Geográficas, com a utilização de modelos digitais. O objetivo desse trabalho foi utilizar o *software* ArcGis para delimitar a bacia hidrográfica do Rio Curu, Ceará, Brasil e uma sub-bacia, por meio de Modelo Digital de Elevação. O estudo foi realizado tomando-se por base todo o limite da bacia do Vale do Curu. O processo de delimitação foi desenvolvido no *software* ArcGIS, juntamente com as ferramentas disponíveis Hydrology do aplicativo ArcToolBox Spatial Analyst Tools, sendo dividida em várias etapas: *Fill* (preenchimentos), *Flow Direction* (Direção do fluxo); *Flow Accumulation* (Fluxo acumulado); *Con*; *Stream to Feature*; *Basin* (Bacia) e *Watershed* (delimitação da bacia). Os resultados mostraram que as imagens importadas do TOPODATA contêm falhas e imperfeições devido aos corpos hídricos e ao relevo acidentado, sendo necessárias, primeiramente, correções por meio da função *Fill sinks*. Observou-se que a metodologia aplicada é adequada e de fácil utilização, podendo ser empregada em estudos de outras localidades. Fatores como a facilidade na obtenção, gratuidade, precisão e acurácia das imagens obtidas proporcionam facilidade, economia de tempo e de recursos para a realização de pesquisas e diagnósticos ambientais.

**Palavras chave:** Sistemas de Informações Geográficas. Recursos Hídricos. Hidrologia.

#### Abstract

*Proper delimitation of a watershed is essential for better management of water resources and implementation of the National Water Resources Policy. With the accelerated development of geoprocessing software, it became possible to carry out this process through Geographic Information Systems with digital models. This work aimed to use the ArcGIS software to delimit the hydrographic basin of the Curu River, Ceará, Brazil, and a sub-basin, through a Digital Elevation Model. The study was carried out based on the entire boundary of the Vale do Curu basin. The delimitation process was developed in the ArcGIS software, together with the Hydrology tools available from the ArcToolBox Spatial Analyst Tools, being divided into several steps: Fill, Flow Direction; Flow Accumulation; Con; Stream to Feature; Basin, and Watershed (basin delimitation). The results showed that the images imported from TOPODATA contain flaws and imperfections due to water bodies and rugged relief, being required, firstly, corrections through the Fill sinks function. We observed that the applied methodology is adequate, easy to use, and can be used in studies in other locations. Factors such as ease of obtaining, free of charge, precision, and accuracy of the images obtained provide ease, time, and resource savings for carrying out research and environmental diagnoses.*

**Keywords:** Geographic Information Systems. Water resources. Hydrology.

Vanessa Ohana Gomes    
Moreira  
Universidade Federal do  
Ceará – UFC  
van\_ohana1@hotmail.com

## Resumen

*La delimitación adecuada de una cuenca hidrográfica es fundamental para una mejor gestión de recursos hídricos e implementación de la Política Nacional de Recursos Hídricos. Con el acelerado desarrollo de software de geoprocésamiento, ya es posible realizar este proceso por medio de Sistemas de Informaciones Geográficas, con la utilización de modelos digitales. El objetivo de este trabajo fue utilizar el software ArcGis para delimitar la cuenca hidrográfica del Río Curu, Ceará, Brasil y una subcuenca, por medio de Modelo Digital de Elevación. El estudio fue realizado tomando por base todo el límite de la cuenca del Valle del Curu. El proceso de delimitación fue desarrollado en el software ArcGIS, juntamente con las herramientas disponibles Hydrology de la aplicación ArcToolBox Spatial Tools, dividida en varias partes: Fill (rellenos), Flow Direction (Dirección del flujo); Flow Accumulation (Flujo acumulado); Con; Stream to Feature; Basin (Cuenca) y Watershed (delimitación de la cuenca). Los resultados enseñaron que las imágenes importadas del TOPODATA contienen fallos e imperfecciones debido a los cuerpos hídricos y al relieve accidentado, siendo necesarias, primeramente, correcciones por medio de la función Fill Sinks. Se observó que la metodología aplicada es adecuada y de fácil utilización, pudiendo ser empleada en estudios de otros locales. Factores como la facilidad en la obtención, gratuidad, precisión y precisión de las imágenes obtenidas proporcionan facilidad, economía de tiempo y de recursos para la realización de investigación y diagnósticos ambientales.*

**Palabras clave:** *Sistemas de Informaciones Geográficas. Recursos Hídricos. Hidrología.*

## 1 Introdução

Diversas definições de bacia hidrográfica foram formuladas ao longo do tempo, sendo encontrados na literatura conceitos desde os mais simples até os mais complexos.

De forma simples, bacia hidrográfica é definida com uma área de captação natural da água das chuvas, que concentra o escoamento para uma única direção, e que ao longo do seu território, ocorrem atividades agrícolas, industriais e urbanas necessárias a uma determinada região (PORTO, M; PORTO, R., 2008).

De forma completa, pode-se defini-la como um conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, formada nas regiões mais altas do relevo por divisores de água, onde as águas das chuvas, ou escoam superficialmente formando os riachos e rios ou infiltram no solo para formação de nascentes e do lençol freático. As águas superficiais escoam para as partes mais baixas do terreno, formando riachos e rios, sendo que as cabeceiras são formadas por riachos que brotam em terrenos íngremes das serras e montanhas (BARRELLA *et al.*, 2001).

A Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e define bacia hidrográfica como a unidade territorial para implementação da Política Nacional dos Recursos Hídricos (BRASIL, 1997). Já as bacias hidrográficas podem ser desmembradas em diferentes números de sub-bacias, dependendo do ponto de saída considerado. Cada bacia hidrográfica interliga-se com outra de ordem hierárquica superior, constituindo, em relação à última, uma sub-bacia (SANTANA, 2003).

Para a região Nordeste do país, onde há secas periódicas, as bacias hidrográficas possuem grande importância política, econômica e social, pois é fonte de um dos recursos naturais indispensáveis aos seres vivos: a água (IBGE, [1992]). Os recursos hídricos têm grande importância no desenvolvimento de diversas atividades econômicas. Na produção agrícola, por exemplo, a água representa até 90% da composição das plantas, sendo essencial para seu desenvolvimento. Por tanto, a irrigação tem se tornado um importante fator de segurança na agricultura e na produção de alimentos, principalmente em regiões de clima semiárido (GARJULLI, 2003)

O território cearense, segundo o Plano Nacional de Recursos Hídricos, apresenta-se dividido em 12 bacias hidrográficas. A bacia hidrográfica do Rio Curu, por sua vez, caracteriza-se por um alto nível de açudagem, possuindo um total de 818 reservatórios; destes, 229 apresentam área superior a cinco hectares (COGERH, [2017]), sendo uma das regiões agrícolas mais importantes do Estado do Ceará, possuindo sérios problemas ambientais relacionados aos efeitos da utilização inadequada dos recursos naturais.

A delimitação das bacias hidrográficas é fundamental para a avaliação de inúmeros aspectos em estudos sobre águas subterrâneas, risco de contaminação dos aquíferos, remediação de aquíferos, estimativa de reservas hídricas, determinação de padrões de fluxo e definição da propriedade das águas subterrâneas (ARRAES, CAMPOS, 2007). Ou seja, esse processo tem como objetivo a determinação do *status* da bacia hidrográfica para o planejamento e gerenciamento de recursos hídricos, buscando a melhoria ou manutenção de uma determinada condição existente.

Através da utilização das ferramentas de geotecnologias (cartografia, sensoriamento remoto, GPS e Sistemas de Informação Geográfica – SIG), permite-se delimitar e avaliar os divisores de bacias hidrográficas obtidas a partir de dados de elevação, dentre os mais utilizados, os do projeto *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) resultantes de um projeto desenvolvido em conjunto por agências norte-americana, italiana e alemã (RABUS *et al.*, 2003).

Diante disso, esse trabalho tem como objetivo analisar e descrever a utilização de ferramentas do *software* ARCGIS, proveniente do banco de dados Geométricos do Brasil – TOPODATA –, partir do uso de Modelo Digital de Elevação (MDE), proveniente de dados SRTM, no processo de delimitação automática da bacia hidrográfica do Rio Curu e de uma sub-bacia.

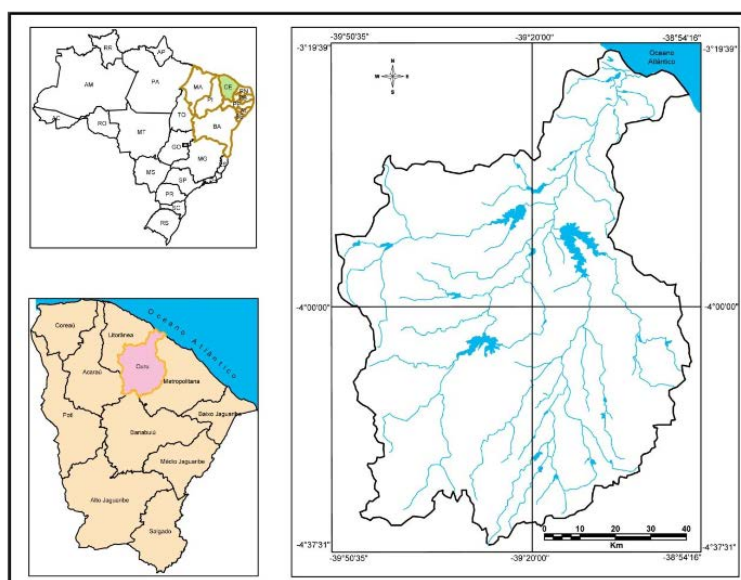
Com isso, pretende-se auxiliar, na forma de tutorial, a delimitação de bacias hidrográficas pela comunidade de usuários do *software*, possibilitando maior aprendizado acerca dos processos desse tipo de análise espacial, facilitando o planejamento e gerenciamento das unidades hidrográficas.

## 2 Metodologia

### 2.1 Descrição da área de estudo

O estudo foi realizado tomando-se por base todo o limite da bacia do Vale do Curu – CE. A área está localizada na porção Noroeste do estado do Ceará, limitando-se ao Norte com o Oceano Atlântico, a Leste com a Bacia Metropolitana, a Oeste com a Bacia do Litoral, e ao Sul com as bacias do Coreaú e Banabuiú entre as coordenadas 3°20' e 4°36' de latitude Sul e 38°55' e 39°50' de longitude. A localização espacial da bacia hidrográfica está representada na Figura 1.

**Figura 1** – Mapa de localização geográfica da bacia hidrográfica do Vale do Curu no Estado do Ceará.



**Fonte:** Souza, Santos e Oliveira (2012)

A bacia do Rio Curu ocupa quase que totalmente o território do semiárido cearense, possuindo uma área aproximada de 8.600 km<sup>2</sup>, onde há predominância de terrenos cristalinos (SOUZA; SANTOS; OLIVEIRA, 2012). Ainda, o rio Curu, principal rio da bacia, nasce nas regiões montanhosas localizadas no Centro-Norte do estado do Ceará, com 195 km de extensão, desde a nascente até a sua foz (GORAYEB *et al.*, 2005).

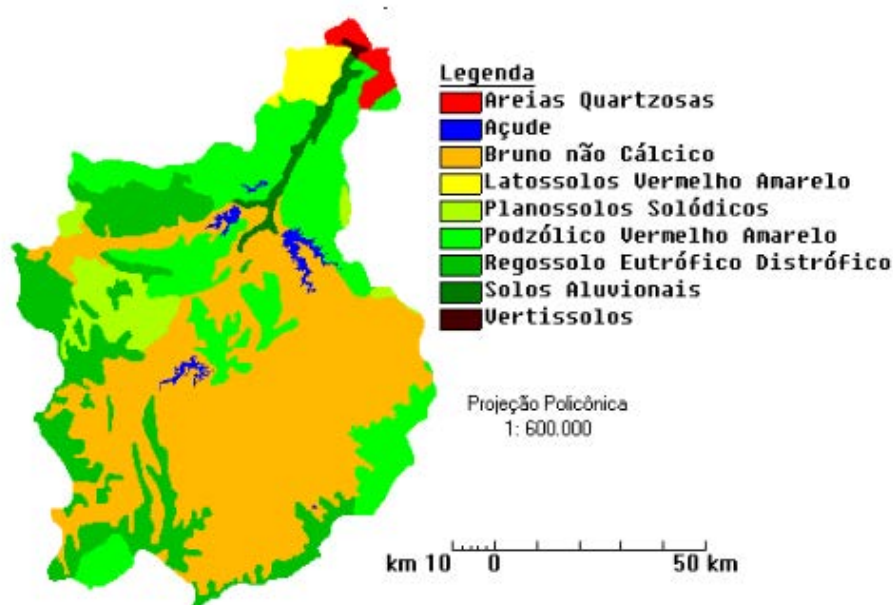
O clima da parte baixa da bacia é classificado como Aw' – quente e úmido, com chuvas de outono, temperatura média anual superior a 18°C, precipitação anual média de 1.020mm e período seco de julho a dezembro. Já os terços médio e superior da bacia do Curu apresentam clima do tipo BSh'w', semiárido quente, com chuvas de outono, temperaturas médias sempre superiores a 18°C (PALÁCIO *et al.*, 2009).

Em relação à vegetação, na região há predomínio da caatinga. De modo quase genérico, a vegetação apresenta-se descaracterizada em decorrência da ação contínua do homem e da intensa exploração dos recursos naturais, como a retirada da vegetação natural e substituição pela agricultura de subsistência, a construção de reservatórios de águas superficiais, a urbanização, a poluição dos mananciais, entre outras.

Os solos da bacia do Vale do Curu são bastante diversificados, tendo em vista a diversidade litológica da região. Há ocorrência de planossolos, neossolos litólicos (regossolos), luvissolos (Bruno não cálcico), argissolos vermelho-amarelo (podzólico vermelho amarelo), entre outros (Figura 2). (FUNCEME, 2014).

A maioria dos solos na bacia é jovem e pobre em nutrientes, o que é agravado pela ocorrência de desmatamentos e queimadas, conduzindo ao maior empobrecimento dos horizontes superficiais e a processos de degradação que contribui para a menor produtividade das áreas de produção, resultando em redução da atividade agrícola.

**Figura 2** – Mapa da bacia hidrográfica do Curu com os principais tipos de solos predominantes.



**Fonte:** Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos – CE, 2018.

Nas zonas rurais da região, a maior parte da população é formada por agricultores cuja exploração dos sistemas produtivos baseia-se em práticas agrícolas rústicas, ou seja, com baixo aparato tecnológico. Grande parte da produção de alimentos básicos na área é cultivada em pequenas propriedades com as culturas de milho, feijão, coqueiro, bananeira e com a criação de pequenos animais como suínos, bovinos, caprinos e aves.

Na bacia, a maior demanda de água é para as atividades de irrigação. Em 2005, constatou-se que a necessidade de água do Rio Curu, na região rural, para o abastecimento doméstico, correspondeu a 7% e, para a indústria 10% da utilização total de água. A prática de irrigação correspondeu ao maior percentual de consumo da água do rio, com 83 % de utilização (CEARÁ, 2009).

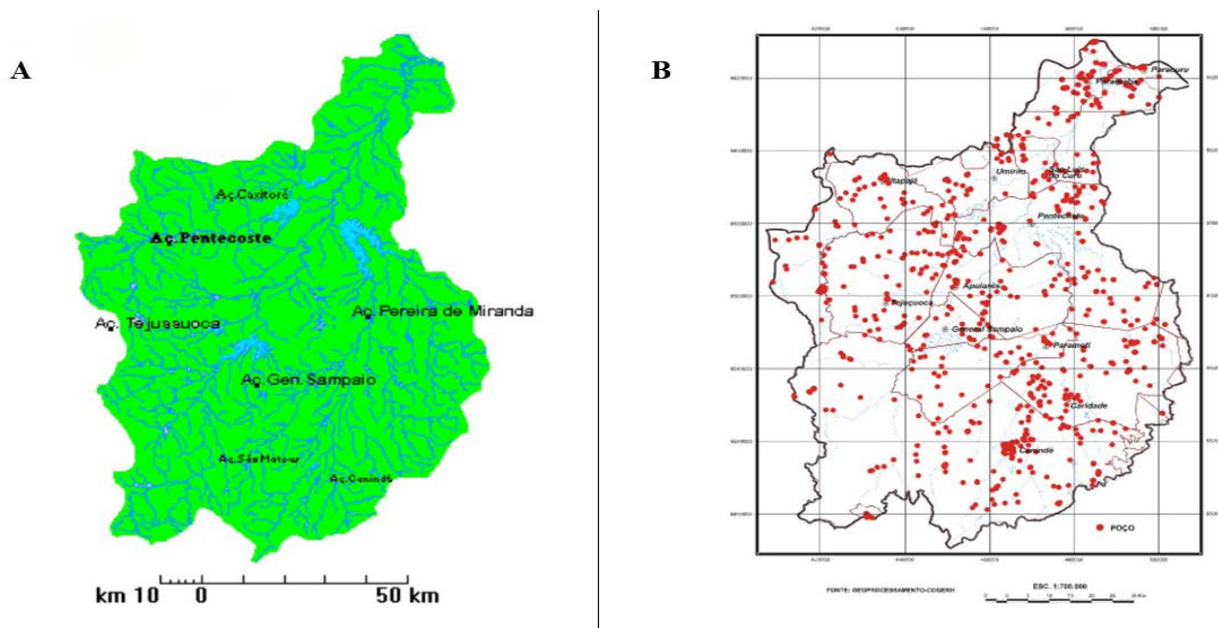
O aporte hídrico existente na Bacia Hidrográfica do Rio Curu é constituído por águas de açudes (Tabela 1), lagoas, rios perenizados, cacimbas, poços rasos e poços profundos (Figura 3). (COGERH, 2017).

**Tabela 1** – Principais açudes da bacia hidrográfica do Curu, respectivas localizações e capacidade de acumulação.

Nome do açude	Município	Capacidade (m <sup>3</sup> )
Pentecoste	Pentecoste	395.630.000
General Sampaio	General Sampaio	322.200.000
Caxitoré	Umirim	202.000.000
Frios	Umirim	33.020.000
Souza	Canindé	30.840.000
Tejuçuoca	Tejuçuoca	28.110.000
Jerimum	Irauçuba	20.500.000
São Mateus	Canindé	10.330.000
Caracas	Canindé	9.630.000
Salão	Canindé	6.040.000
Desterro	Caridade	5.010.000
Salão	Canindé	6.040.000
São Domingos	Caridade	3.035.000
Trapiá 1	Caridade	2.010.000

Fonte: Com base em dados da plataforma do INESP, 2009.

**Figura 3** – Mapa da bacia (A) rede de canais de drenagem e (B) principais pontos de localização dos poços.



Fonte: Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos – CE, 2017.

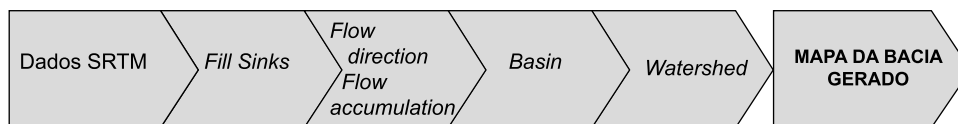
## 2.2 Metodologia para delimitação da bacia hidrográfica

As imagens da região de estudo foram obtidas no banco de dados Geomorfométricos do Brasil – TOPODATA, que fornece o Modelo Digital de Elevação (MDE) e suas derivações locais básicas em cobertura nacional elaborados a partir dos dados SRTM disponibilizados pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS). O sistema de referência utilizado foi SIRGAS 2000 UTM Zone 24S.

O processo de delimitação da Bacia Hidrográfica do Curu e de uma sub-bacia existente foi desenvolvido no SIG ArcGIS, juntamente com as extensões (*plugins*) disponíveis no endereço eletrônico da *Environmental Systems Research Institute (ESRI): Spatial Analyst e Hydrology Modeling* e demais funções do *software*.

As ferramentas utilizadas nesse processo subdividiram-se em várias, sendo as principais: *Fill* (preenchimentos), *Flow Direction* (Direção do fluxo); *Flow Accumulation* (Fluxo acumulado); *Con*; *Stream to Feature*; *Basin* (Bacia) e *Watershed* (delimitação de bacia). O fluxograma das etapas de utilização das ferramentas está apresentado na Figura 4.

**Figura 4** – Principais etapas realizadas para delimitação da bacia hidrográfica a partir das imagens TOPODATA.



**Fonte:** Própria autora, 2020.

A função *Flow Direct* possibilitou a observação da direção do escoamento de água nas vertentes, além da visualização do relevo. Através da função *Flow Acc* foi possível montar uma nova grade contendo os valores de acúmulo de água. Com a função *Basin* criou um raster que delineou a bacia de drenagem. A delimitação da bacia foi realizada processando os mapas de “direção de fluxo” e “fluxo acumulado” na função *Watershed*.

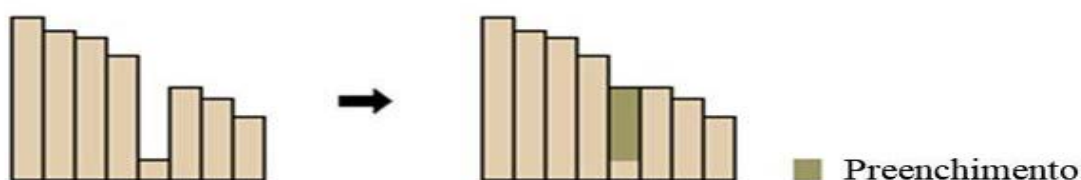
O ponto de exutório da bacia foi determinado através da função *New Shapefile* e do *Editor*. Além disso, um ponto controle na função *New Feature Class* foi criado para delimitação de uma sub-bacia como demonstração. Após todos esses procedimentos, foi realizada a geração do Mapa Final em *Layout View*.

### 3 Resultados e discussão

As imagens importadas do TOPODATA, que acompanham os dados adquiridos da área, contêm falhas e imperfeições, sendo estas, devido aos corpos hídricos, relevo acidentado, entre outros. Essas imperfeições ou falhas podem causar problemas na interpretação e uso de modelos hidrológicos.

O preenchimento dessas pequenas depressões foi o primeiro tratamento dado à matriz. As correções foram feitas por meio da função *Fill Sinks*, que considera as altitudes dos *pixels* vizinhos para preencher os *sinks* ou “falhas”, promovendo a remoção dessas pequenas imperfeições nos dados e distorções na rede de drenagem, que, possivelmente, impossibilitaria o rastreamento dos divisores de água (Figura 5).

**Figura 5** – Demonstração de uma falha antes e depois da execução da ferramenta *Fill Sinks*.

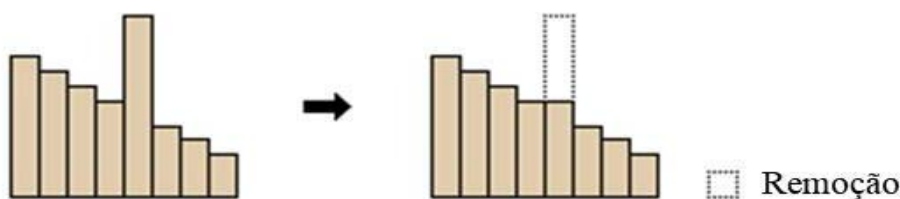


**Fonte:** Adaptado de ArcGIS... (COMO FUNCIONA..., [2020]).

A ferramenta repete o procedimento até que todos os dissipadores dentro do limite z especificado sejam preenchidos. À medida que os *sinks* são preenchidos, outros podem ser criados nos limites das áreas preenchidas, que são removidas na próxima interação.

A ferramenta também pode ser usada para remover picos, que são células com elevação maior do que o esperado, dada a tendência da superfície circundante (Figura 6).

**Figura 6** – Demonstração de um pico antes e depois da execução da ferramenta.



**Fonte:** Adaptado de ArcGIS... (COMO FUNCIONA..., [2020]).

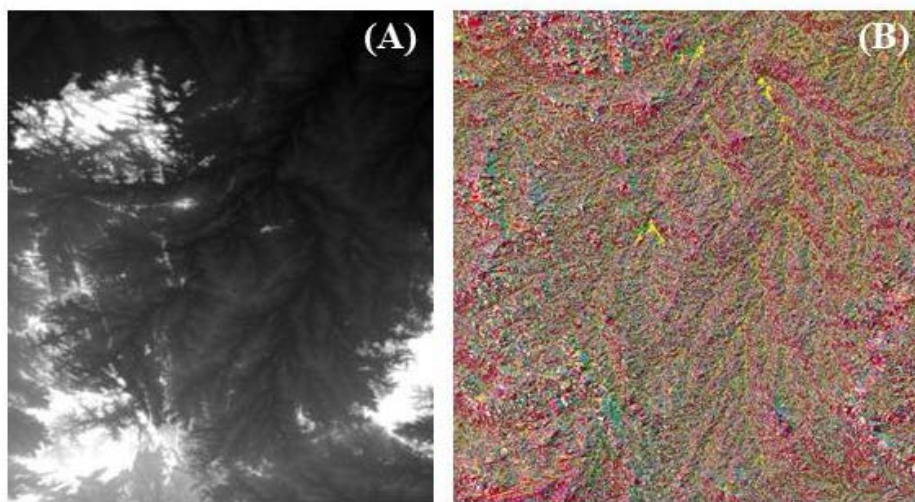
A direção de fluxo *Flow Direct* define as relações hidrológicas entre pontos diferentes dentro de uma bacia hidrográfica. A execução dessa função possibilitou a observação da direção do escoamento de água nas vertentes, além da visualização do relevo.

De acordo com Jenson e Domingue (1988), existem quatro condições possíveis a serem consideradas na determinação do *Flow Direct*:

- A condição 1 ocorre quando todas as células vizinhas têm elevações mais altas do que a célula central. A direção do fluxo será codificada como negativa para tal célula, indicando uma direção de fluxo indefinida.
- A condição 2 é o caso em que a queda ponderada pela distância da célula central é maior para uma célula na vizinhança em relação a todas as outras e a direção do fluxo é atribuída a esta célula.
- Para a condição 3, quando duas ou mais células são iguais em ter a maior queda de distância ponderada, o *Flow Direct* é atribuído logicamente usando uma operação de consulta de tabela. Por exemplo, se três células adjacentes ao longo de uma borda da vizinhança têm quedas iguais, a célula central é escolhida logicamente e atribuída como a direção do fluxo.
- Quando todas as células são iguais ou maiores em elevação em comparação com a célula central, condição 4, determina-se a direção do fluxo de forma mais demorada. Neste caso, a célula está localizada em uma área plana e a direção para o ponto de saída não é conhecida. Com isso, as atribuições de direção de fluxo crescem iterativamente na área plana a partir dos pontos de saída dos planos até que todas as células tenham direções de fluxo atribuídas.

Resultados das etapas de *Fill* e *Flow Direct* utilizados na delimitação da bacia hidrográfica do Rio Curu são apresentadas na Figura 7A e Figura 7B, respectivamente.

**Figura 7** – Resultados das etapas realizadas: (A) *Fill*; (B) *Flow Direct*.



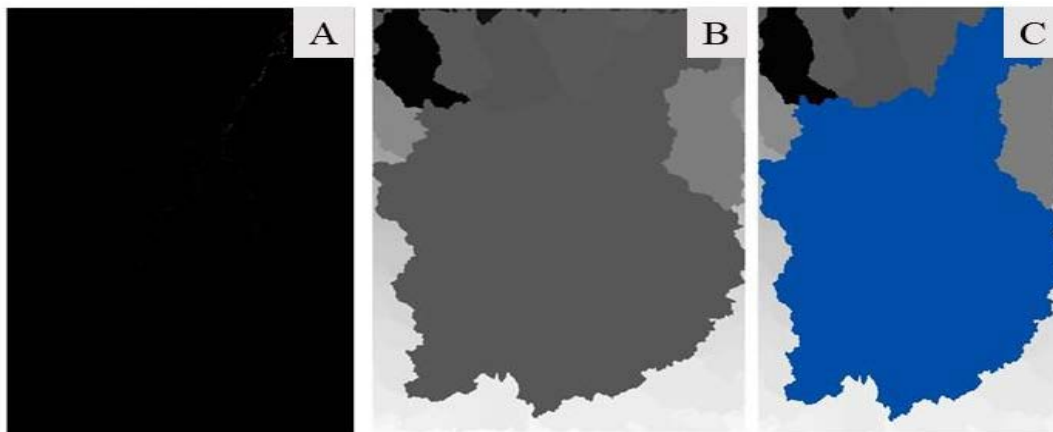
**Fonte:** Própria autora – SIG ArcGis, 2020.

As funções *Corn* executaram uma avaliação condicional em cada uma das células de entrada de uma rasterização. A função *Stream to Feature* converteu um raster representando uma rede linear para recursos que representam a rede linear.

O fluxo acumulado *Flow Acc* representou a rede hidrográfica e indica o grau de confluência do escoamento, sendo possível montar grade contendo os valores de acúmulo de água em cada *pixel* (Figura 8A).

Com a utilização da função *Basin* criou-se uma *raster* que delineou a bacia de drenagem (Figura 8B). Assim, a delimitação da bacia foi realizada processando os mapas de “direção de fluxo” e “fluxo acumulado” na função *Watershed* (Figura 8C).

**Figura 8** – Resultados das etapas realizadas: (A) *Flow Acc*; (B) *Basin*; (C) *Watershed*.



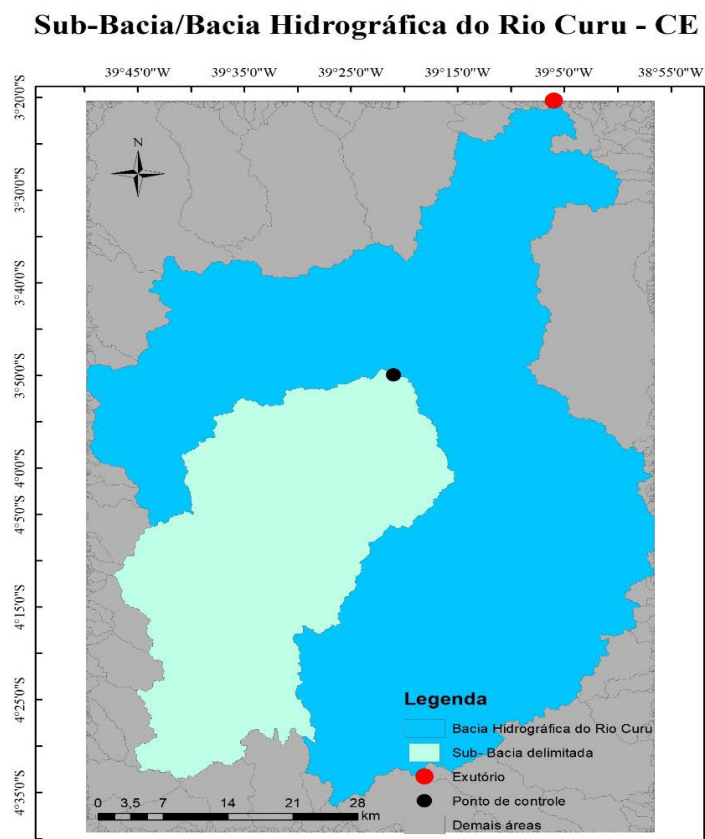
Fonte: Própria autora – SIG ArcGis, 2020.

### 3.1 Layout do mapa

O *layout* do mapa é a parte final da confecção, ou seja, a sua diagramação. Após adicionar e trabalhar todas as informações necessárias, é necessário formatar as informações, acrescentando os elementos de identificação essenciais de um mapa, como o título, a escala, a orientação, a legenda, a fonte, entre outras informações importantes, para que, assim, o mapa seja bem interpretado pelo leitor (Figura 9).

Foi possível realizar a criação do mapa da sub-bacia e da bacia hidrográfica com a utilização da função *New Shapefile*. Esse processo de construção do *layout* é simples e intuitivo, visto que o *software* possui vários padrões, e basta clicar em *Insert* e aparecerão as opções, como título, legenda, orientação e escala a serem inseridas no mapa.

**Figura 9** – Mapa final da delimitação da Bacia do Vale do Curu e sub-bacia.



Fonte: Própria autora – SIG ArcGis, 2020.



Todo o processo de delimitação se deu de forma objetiva, ficando a cargo de escolha apenas o ponto definido como o “exutório da bacia”, que corresponde ao ponto de maior acúmulo de fluxo de toda a área, e o “ponto de controle” da sub-bacia para demonstração.

Qualquer ponto da rede de drenagem pode ser escolhido como exutório, com base nos mais diversos aspectos. Para o posicionamento destes pontos, na criação do mapa final, levou-se em conta a observação de imagens de alta resolução, disponíveis no programa Google Earth.

#### 4 Conclusão

A metodologia aplicada mostra-se adequada e de fácil utilização, podendo ser empregada a estudos em outras localidades.

Fatores como a facilidade na obtenção, gratuidade, precisão e acurácia das imagens obtidas proporcionam facilidade, economia de tempo e de recursos para a realização de pesquisas e diagnósticos ambientais, em especial com o modelo TOPODATA.

#### Referências

- COMO FUNCIONA o preenchimento. **ArcGIS Pro**: how fill works. Estados Unidos, [2020]. Disponível em: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/how-fill-works.htm#:~:text=The%20Fill%20tool%20uses%20the,specified%20z%20limit%20are%20filled>. Acesso em: 02 mar. 2023.
- ARRAES, Tássia de Melo; CAMPOS, José Elói Guimarães. Proposição de critérios para avaliação e delimitação de bacias hidrogeológicas. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 37, n.1, p. 81-89, 2007. Disponível em: <https://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/view/9289>. Acesso em: 02 mar. 2023.
- BARRELLA, Walter *et al.* As relações entre as matas ciliares os rios e os peixes. *In*: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO; H.F. (Ed.) **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 2.ed. São Paulo: EDUSP, 2001. p. 187-207. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Walter-Barrella/publication/316101395\\_As\\_relacoes\\_entre\\_as\\_matas\\_ciliares\\_os\\_rios\\_e\\_os\\_peixes/links/59a07b63a6fdcc1a31483487/As-relacoes-entre-as-matas-ciliares-os-rios-e-os-peixes.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Walter-Barrella/publication/316101395_As_relacoes_entre_as_matas_ciliares_os_rios_e_os_peixes/links/59a07b63a6fdcc1a31483487/As-relacoes-entre-as-matas-ciliares-os-rios-e-os-peixes.pdf). Acesso em: 02 mar. 2023.
- BRASIL. Lei nº 9.433 de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 135, n. 6, p. 470, 09 jan. 1997. PL. 2249/1991. Disponível em: <https://legis.senado.leg.br/norma/551309/publicacao/15755456>. Acesso em: 02 mar. 2023.
- CEARÁ. Assembleia Legislativa. Conselho de Altos Estudos e Assuntos Estratégicos. **Caderno Regional da Bacia do Curu**. Fortaleza: INESP, 2009. 113 p. (Coleção Cadernos Regionais do Pacto das Águas. v. 4). Disponível em: <https://portal.cogerh.com.br/wp-content/uploads/2018/09/Bacia-do-Curu.pdf>. Acesso em: 02 mar. 2023.
- COGERH. COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS (Ceará). **Bacia Hidrográfica do Curu: Características Gerais**, [2017]. Disponível em: <http://www.cogerh.com.br/>. Acesso em: 02 mar. 2023.
- FUNCEME, Disponível em: <http://www.funceme.br/?p=1012>. / . Acesso em: 02 mar. 2023.
- GARJULLI, Rosana. OS RECURSOS HÍDRICOS NO SEMI-ÁRIDO. *Cienc. Cult.* vol.55 no.4 São Paulo Oct./Dec. 2003. Disponível em: [http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0009-67252003000400021](http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252003000400021). Acesso em: 03 mar.2023.
- GORAYEB, Adryane *et al.* Aspectos geoambientais, condições de uso e ocupação do solo e níveis de desmatamento da bacia hidrográfica do rio Curu, Ceará - Brasil. **Revista Geografia**, v. 14, n. 2, p. 85-106, jul /dez. 2005. Semestral. Disponível em: <https://www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/article/download/6688/6033>. Acesso em: 02 mar. 2023.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Portal do IBGE**, [S.l.], [1992].

Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 02 mar. 2023.

JENSON, S.K.; DOMINGUE, J.O. Extracting topographic structure from digital elevation data for geographic information system analysis. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, Bethesda, v. 54, n.11, p.1.593-1.600, 1988. Disponível em: [https://www.asprs.org/wp-content/uploads/pers/1988journal/nov/1988\\_nov\\_1593-1600.pdf](https://www.asprs.org/wp-content/uploads/pers/1988journal/nov/1988_nov_1593-1600.pdf) . Acesso em: 02 mar. 2023.

PALÁCIO, Helba Araújo de Queiroz *et al.* Similaridade da qualidade das águas superficiais da bacia do Curu, Ceará. **Ciência Rural**, [S.l.], v. 39, n. 9, p. 2494-2500, dez. 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-84782009000900017>. Disponível em: <https://www.scielo.br/jj/cr/a/zyf8zZVgPBTP88DgKJD8H3B/?lang=pt#> . Acesso em: 2 mar. 2023.

PORTO, Mônica F. A.; PORTO, Rubem La Laina. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos Avançados**, [S.l.], v. 22, n. 63, p. 43-60, 2008. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10292>. Acesso em: 2 mar. 2023.

RABUS, Bernhard; EINEDER, Michael; ROTH, Achim; BAMLER, Richard. The shuttle radar topography mission—a new class of digital elevation models acquired by spaceborne radar. **ISPRS Journal Of Photogrammetry And Remote Sensing**, [S.l.], v. 57, n. 4, p. 241-262, fev. 2003. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/s0924-2716\(02\)00124-7](http://dx.doi.org/10.1016/s0924-2716(02)00124-7). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924271602001247>. Acesso em: 02 mar. 2023.

SANTANA, Derli Prudente. **Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 63p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 30). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/486784/1/Doc30.pdf>. Acesso em: 02 mar. 2023.

SOUZA, Marcos José Nogueira de; SANTOS, Jader de Oliveira; OLIVEIRA, Vlândia Pinto Vidal de. Sistemas Ambientais e Capacidade de Suporte na Bacia Hidrográfica do Rio Curu - Ceará. **Revista Continentes**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 1, p. 1-25, jul/dez. 2012. Semestral. Disponível em: <https://www.revistacontinentes.com.br/index.php/continentes/article/view/10>. Acesso em: 02 mar. 2023.

## Sobre os autores

---

### Vanessa Ohana Gomes Moreira

Doutoranda em Ciência do Solo pela Universidade Federal do Ceará - UFC, desenvolvendo pesquisas nas áreas de Física, Salinidade do solo e Recuperação de áreas degradadas e Pós-graduanda UECE) em Geoprocessamento aplicado à área ambiental. Mestrado em Agronomia (Solos e Nutrição de Plantas) (2017) (UFC) com ênfase na área de Química do Solo Engenheira Agrônoma pela Universidade Federal do Ceará - UFC. Atua principalmente nas seguintes linhas de pesquisa: Manejo sustentável do solo e água e matéria orgânica, Engenharia agrícola e ambiental, Recuperação de solos degradados, Nutrição de plantas, Pedologia, SIG e Recursos hídricos.

---

**Avaliado em:** 24.08.2020

**Aceito em:** 24.02.2023