



Subsídios para delimitação de bacias hidrográficas

Subsidies for watershed's delimitation

José Antônio Oliveira de Jesus¹ , Cristovão Vicente Scapulatempo Fernandes¹ 

¹Universidade Federal do Paraná – UFPR, Curitiba, PR, Brasil. E-mails: tonico.oj@gmail.com, cvs.fernandes@gmail.com

Como citar: Jesus, J. A. O., & Fernandes, C. V. S. (2023). Subsídios para delimitação de bacias hidrográficas. *Revista de Gestão de Água da América Latina*, 20, e16. <https://doi.org/10.21168/rega.v20e16>

Resumo: Este artigo apresenta o resultado de método para a delimitação de uma bacia hidrográfica, tendo como fundo a camada Google Road e a rede hidrográfica de uma base selecionada. O usuário define um ponto qualquer no mapa digital e, então, serão delimitados tanto a bacia hidrográfica a montante do ponto selecionado, como o encaminhamento do fluxo que sai desta bacia. São apresentados os subsídios para desenvolvimento de aplicativo com o objetivo de proporcionar ao usuário o conhecimento do limite da bacia hidrográfica do ponto selecionado e o destino da vazão e cargas geradas nesta bacia. A versão atual, além das feições da bacia e rio a jusante, apresenta a área e o número de trechos de rio da bacia selecionada. A integração com outras bases permite a apresentação, por exemplo, dos balanços quantitativos e qualitativos ao longo de toda bacia selecionada. Utiliza-se o software livre QGis, a linguagem de programação Python, e a BHO Ottobacias 2017_5k disponibilizada pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA. A utilização deste método com outras bases permitirá o processamento de outras informações e a sua replicação para qualquer bacia do planeta. Esta funcionalidade reduz a assimetria da informação sobre a bacia hidrográfica, contribuindo para que o usuário compreenda os processos hidrológicos que ocorrem em distintas partes da bacia, aumentando sua capacidade de discutir e opinar sobre ações implementadas na bacia. Este fato tem grande relevância na discussão de ações e investimentos numa bacia hidrográfica, seja pelo tomador de decisão, seja pelos participantes dos comitês e por toda a população que terá uma melhor compreensão entre a relação entre as ações desenvolvidas na bacia e a qualidade e quantidade dos recursos hídricos.

Palavras-chave: Ottobacia; Bacia Hidrográfica; Topologia; Assimetria da Informação.

Abstract: This paper presents a method for watershed's delimitation, with the background of the Google Road map and the hydrographic network of a selected basin. The user defines any point on the digital map, then both the watershed upstream of the selected point and the routing of the flow leaving this watershed will be delimited. Subsidies for the development of an application are presented with the aim of providing the user with knowledge of the boundary of the watershed at the selected point exxetury and the destination of the flow and loads generated in this area. The current version, in addition to the features of the basin and downstream river, presents the area and number of river sections in the selected basin. The integration with other databases allows the presentation, for example, of quantitative and qualitative balances throughout the entire selected basin. The application uses the free software QGis, the Python programming language, and BHO Ottobacias 2017_5k made available by the Agência Nacional de Água e Saneamento Básico - ANA. The use of this method with other bases will allow the processing of other information and its replication for any basin on the planet. This functionality reduces the asymmetry of information about the watershed, helping the user to understand the hydrological processes that occur in different parts of the basin, increasing their ability to discuss and give their opinion about the actions implemented in the basin. This fact has great relevance in the discussion of actions and investments in a watershed, whether by the decision-maker, the participants of the committees, or the entire population, which will have a better understanding of the relationship between the actions developed in the basin and the quality and quantity of water resources.

Keywords: Ottobacia; Watershed; Topology; Information Asymmetry.

INTRODUÇÃO

Embora muito comum entre técnicos e estudiosos de recursos hídricos, a noção da bacia hidrográfica é pouco difundida na população. São poucos os que conhecem os caminhos dos rios, principalmente aqueles não situados na região em que vivem. As pessoas conhecem as cidades e as estradas que as ligam, mas não a bacia hidrográfica, quem está a montante e a jusante de um determinado ponto.

Recebido: Abril 26, 2023. Revisado: Julho 10, 2023. Aceito: Julho 11, 2023.



Este é um artigo publicado em acesso aberto (*Open Access*) sob a [licença Creative Commons Attribution](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Quando um membro, ou usuário, de um Comitê de Bacia Hidrográfica não domina o conceito da Bacia Hidrográfica e das relações que ocorrem ao longo da bacia em função do fluxo da água, tanto a discussão, como seu voto nas alternativas apresentadas para a gestão das águas ficam comprometidos. Na maior parte das vezes a participação das pessoas se dá tendo como referência o município onde habita e não na bacia, estando o foco no ponto onde a pessoa vive e seu limite administrativo, como o município, sem relacionar que ele pode estar impactando algum uso a jusante ou ser impactado por um uso a montante.

Por outro lado, a disponibilidade de informação sobre a bacia hídrica é cada vez mais volumosa e confiável (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2021). Sítios como o da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2023), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2022), Portal DATAGEO da Secretaria de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística/SP (Secretaria de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística do Estado de São Paulo, 2023) e outras instituições como Instituto da Água e Terra – IAT (Instituto Água e Terra, 2022), do Paraná e tantos outros, disponibilizam informações sobre suas bacias estudadas, incluindo bancos de dados e arquivos no formato *shapefiles* com grande quantidade de informações relacionadas a recursos hídricos, como: limites de bacias, vazões de referência, outorgas, uso do solo, dados de monitoramento hidrometeorológicos e de qualidade da água e criticidade qualiquantitativa de cursos d'água. Os Planos de Bacias e os Planos Estaduais e Nacional de Recursos Hídricos também são ricos em dados de análises, contudo, apesar de completos e abundantes, esses dados nem sempre são de fácil acesso e interpretação para grande parte dos usuários.

Na teoria dos contratos e na economia, o termo assimetria da informação é aplicado quando uma das partes detém mais informação que outra, provocando um desequilíbrio na tomada de decisão. Este termo é utilizado também na gestão dos recursos hídricos. A redução da assimetria das informações é um tema de responsabilidade das instituições (Empinotti et al., 2016) que, uma vez enfrentado com bons resultados, irá contribuir para a transparência e legitimidade ao processo participativo do cidadão na gestão dos recursos hídricos (Carr, 2015). Nesse sentido, acredita-se que o desenvolvimento de um aplicativo que permita a um usuário acessar e compreender informações sobre a bacia hidrográfica, pode contribuir para a diminuição da assimetria da informação, melhorando as discussões, a tomada de decisão e o acompanhamento da gestão dos recursos hídricos.

A delimitação da bacia hidrográfica, e a divisão desta em sub-bacias, fornece a base dos estudos de recursos hídricos, sendo a unidade territorial fundamental para a acumulação das vazões e cargas poluidoras em cada uma destas sub-bacias, seguindo o caminho do fluxo d'água, de modo a fornecer dados ao longo dos rios analisados.

Desde os mapas do IBGE, com curvas de nível elaboradas a partir de levantamentos aerofotográficos e o uso de estereoscopia, muito se evoluiu para a elaboração de Modelos Digitais de Elevação - MDE, que são utilizados hoje para a delimitação tanto de bacias hidrográficas como de curvas de nível. Satélites, voos dedicados, drones, muitos são os meios de se obter dados para a elaboração de MDE, cada um deles com uma resolução e cobertura característica.

Uma das principais fontes para a elaboração dos MDE é o projeto *Global Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) da NASA, que em sua missão, em 2000, levantou informações para a elaboração de MDE em nível global. Este projeto está incluído nas fontes utilizadas por diversas instituições elaborarem seu MDE e, a partir do SRTM, foram determinadas bases de bacias hidrográficas para todas as regiões do planeta, podendo-se citar como exemplos a Hydrobasins (Lehner & Grill, 2013), que cobre todo o planeta; a AHD (Rineer et al., 2014), base desenvolvida com apoio do Banco Interamericano de Desenvolvimento – BID para aplicação do modelo de balanço hídrico HydroBID, e que cobre toda a América Latina e Caribe; e a Base Hidrográfica Ottocodificada - BHO (Agência Nacional de Águas, 2015), disponível para todo território brasileiro, além da Bacia Amazônica fora do território brasileiro e parte da Bacia do Prata.

A metodologia adotada pela ANA para a BHO foi a proposta por Otto Pfafstetter (Pfafstetter, 1989), que propõe a divisão de cada bacia em nove sub-bacias com regras definidas para identificação do rio principal e de quatro tributários, conforme descrito no próximo item. Uma grande vantagem deste método é que a topologia das sub-bacias está definida no código utilizado para nominar cada sub-bacia, uma desvantagem é que o tamanho das sub-bacias não é uniforme, podendo ser gerado um grande número delas, numa área que não haja interesse de detalhamento (Verdin & Verdin, 1999).

Outras bases como a Hydrobasin e AHD também utilizam o código Otto (ottocodificação) em sua elaboração (Verdin & Verdin, 1999; Lehner & Grill, 2013), no entanto, o código final adotado por estas bases sofre algumas modificações que inviabilizam sua utilização direta em algoritmos como o aqui

proposto. Tanto as bases disponibilizadas pela ANA, como pela Hidrobasin, apresentam distintas opções de detalhamento, do mesmo modo que as bases do IBGE, que apresentam distintas escalas de representação. A Figura 1 apresenta três exemplos de detalhamento de base para o Rio Tietê, afluente do Rio Paraná, onde são apresentadas as bases Hydrobasin Nível 12 com 544 bacias, a BHO Nível 6 com 723 bacias, e a BHO 2017 50k com 745 bacias e seus respectivos trechos de rios. Como pode-se observar, apesar do número de bacias nestes três exemplos serem da mesma ordem de grandeza, tanto o tamanho, como a uniformidade da divisão e nível de detalhamento varia bastante entre estes exemplos, devendo o usuário selecionar a base mais adequada aos objetivos de seu estudo.

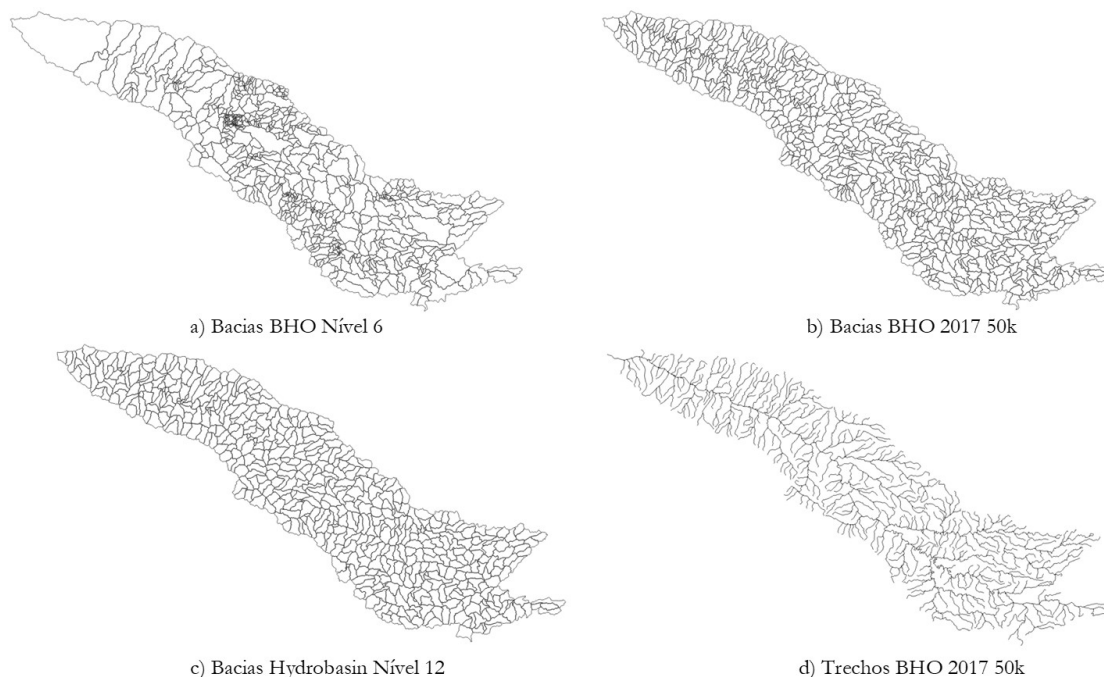


Figura 1- Exemplos de bases disponíveis para a Bacia do Rio Tietê

Nos estudos de recursos hídricos, uma vez selecionada a base, são definidas para cada sub-bacia distintas informações como: disponibilidade hídrica, outorga, uso do solo, estruturas hídricas, etc. O cruzamento destas informações, considerando distintos cenários de disponibilidade e demandas, permite caracterizar toda a bacia com a utilização de modelagem matemática, enquanto o cruzamento desta mesma base com dados de monitoramento quali e quantitativo, permite avaliar e correlacionar o estado dos recursos hídricos com os usos da bacia, e a avaliação das tendências do monitoramento permite mensurar a resposta dos recursos hídricos às ações implementadas em sua abrangência.

Embora as bases, dados e estudos de recursos hídricos estejam cada vez mais detalhados, o usuário e muitos membros de comitês de bacias, continuam tendo dificuldades de identificar as bacias de drenagem e as correlações entre as ações e o estado da qualidade da água. Quando se analisa um ponto fora de um grande curso d'água, esta dificuldade se agrava. A utilização de um método, como o aqui proposto, poderá contribuir para que o usuário destaque, dentre os estudos existentes, a bacia de drenagem de seu interesse, permitindo reduzir a assimetria de informação na questão das bacias hidrográficas.

Há diversos exemplos internacionais e nacionais de métodos para delimitação de bacias hidrográficas que utilizam ferramentas desenvolvidas pelo ArcGis (Xie et al., 2022), ou outros Sistemas de Informação Geográfica como o PGHydro, desenvolvido pela ANA para a delimitação e codificação de bacias (Agência Nacional de Águas, 2016), e o IPH-Hydro (Siqueira et al., 2016). Estes sistemas, importantíssimos para o desenvolvimento de estudos em recursos hídricos, preconizam que o usuário domine as ferramentas de um Sistema de Informações Geográficas e se destinam a profissionais que elaboram os estudos de recursos hídricos. O método aqui proposto tem como objetivo difundir o resultado destes estudos para outros usuários. Ele serve de subsídio para que o profissional de recursos hídricos desenvolva uma interface para a publicação dos resultados de seu estudo, destacando os resultados na bacia a montante do ponto selecionado pelo usuário.

MÉTODO

A partir de um ponto selecionado sobre um mapa digital, o algoritmo proposto delimita sua bacia de drenagem a montante e indica os trechos dos rios localizados a jusante. Para isto utiliza-se o *shapefile* de *ottobacias* disponibilizado pela ANA que adotam a *ottocodificação* para denominar suas sub-bacias. O primeiro passo é localizar e identificar a *ottobacia* do ponto selecionado e, a seguir, trabalhando com as propriedades da *ottocodificação* e dos campos *cobacia* e *cocursodag* dos *shapefiles* disponibilizados pela ANA, são identificados as *ottobacias* a montante e os *ottotrechos* dos rios a jusante.

O trabalho foi desenvolvido com o *software* livre QGis 3.28 (QGIS Development Team, 2023) e a linguagem de programação Python (Python Software Foundation, 2023), tendo sido utilizado o Terminal Python do próprio QGis. É possível a migração deste método para outras plataformas e a integração com banco de dados para disponibilização de maiores informações. A ANA disponibiliza uma coleção de bases *ottocodificadas* com tamanhos distintos de bacias. A precisão do trabalho será função da base selecionada, porém o algoritmo a ser utilizado não depende da base, e sim da *ottocodificação*.

Os seguintes passos descrevem as etapas da metodologia utilizada pela ANA para se delimitar as sub-bacias e codificá-las com o código Otto.

1. A partir do MDE, a bacia de análise é dividida em sub-bacias, calculando-se a área incremental para cada uma delas;
2. A partir do acúmulo das áreas incrementais, calcula-se a área da bacia para todos os rios a partir da foz da bacia;
3. O rio principal é definido como aquele que tem a maior área de drenagem acumulada;
4. Identifica-se os quatro afluentes ao rio principal a partir das bacias com maior área de drenagem incremental acumulada. Estes são definidos como os quatro afluentes principais;
5. Inicia-se a codificação atribuindo um algarismo par (2, 4, 6 e 8) a cada um destes afluentes. O número 2 corresponde ao afluente mais próximo da foz, seguindo a codificação em ordem crescente na direção da cabeceira;
6. Numera-se com algarismos ímpares (1, 3, 5, 7 e 9) os trechos do rio principal definidos pelos trechos incrementais entre os afluentes. A bacia da foz recebe o número 1, e em ordem crescente os trechos são numerados em direção a montante até o trecho 9, correspondente à cabeceira.

Junto com cada sub-bacia, a ANA define um trecho de rio. Este procedimento gera dois *shapefiles*: um formado por polígonos correspondentes às sub-bacias, e outro, formado por vetores, correspondente aos trechos de rio. O mesmo código *cobacia*, é atribuído às duas feições, as quais podem ser denominadas *ottobacias* e *ottotrechos*. As bases disponibilizadas pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2023) contêm outros *shapefiles* além dos de bacias e trechos de rio, como, por exemplo, linha da costa ou pontos de drenagem. Os *shapefiles* apresentam diversos outros campos, além do campo *cobacia*. Estes campos auxiliam no processamento das informações contidas nestas bases.

Para melhor detalhar a área analisada, o procedimento de codificação das sub-bacias pode ser repetido quantas vezes forem desejadas, conforme forem feitas novas divisões nas sub-bacias codificadas. Se o procedimento for feito uma vez, tem-se bacias com códigos com um algarismo, ou nível 1; se repetido o procedimento em uma nova subdivisão, teremos códigos com dois algarismos, ou nível 2, e assim sucessivamente. A ANA disponibiliza as Bases Hidrográficas *Ottocodificadas* – BHO até o nível 7, isto é, com 7 algarismos no código. O número de *ottobacias* em um determinado nível equivale a 9^n , onde n é o nível da base, de modo que a análise de uma bacia no nível 1 tem nove sub-bacias; no nível 2, 81 sub-bacias; no nível 3, 729 sub-bacias.

Ademais, na divisão de bacias realizada pela ANA, o nível 1 da *ottocodificação* é utilizado para delimitar as bacias da América do Sul: a bacia do Rio Orinoco é a 2; a Amazônica é a 4; a do Prata a 8. A partir delas são definidos os afluentes principais, por exemplo, a Bacia do São Francisco é 76 e bacia do Paraná, 86 (afluente de primeira ordem do Prata), ambas nível 2, e a Bacia do Rio das Velhas é 7694 (nível 4 e afluente do São Francisco). Nessa mesma sequência, a bacia do Iguaçu é a 862, e a do Tietê, 866, ambas nível 3 e sub-bacias do Rio Paraná.

Aumentando o nível de detalhamento para a bacia do Tietê (866), o Córrego Gregório, que atravessa o centro da cidade de São Carlos/SP, tem o código 8664928 (nível 7), enquanto, no mesmo nível, mas da bacia do Iguaçu, o Rio Belém, na cidade de Curitiba, possui o código 8628912. A bacia do Córrego do Gregório tem uma área de 18,6 km², já a bacia do Belém tem uma área de 85,7 km², demonstrando que a área e o nível da sub-bacia não têm relação direta, e que a precisão não é definida

pelo nível. Uma característica da ottocodificação é manter o radical original quando se sobe de nível: neste exemplo, o Córrego do Gregório é uma divisão da Bacia do Monjolinho, código 866492, que é uma divisão do Jacaré-Guaçu, código 8664, que é afluente do Tietê, código 866.

Toda vez que se aumenta um nível na codificação de ottobacias, isto é, se detalha mais a divisão das sub-bacias, cada uma das bacias é dividida em nove novas sub-bacias, independente da área, ou da necessidade de detalhamento. Por esse motivo, muitas vezes se tem sub-bacias intermediárias do rio principal com áreas muito inferiores às dos tributários e, quando se aumenta o nível, a discrepância entre as áreas das sub-bacias fica mais evidente. A Figura 2 apresenta a bacia do Rio Tietê tanto no nível 5 como no nível 6 com o detalhamento para nove sub-bacias no nível 5, todas elas contribuintes diretas ao Rio Tietê.

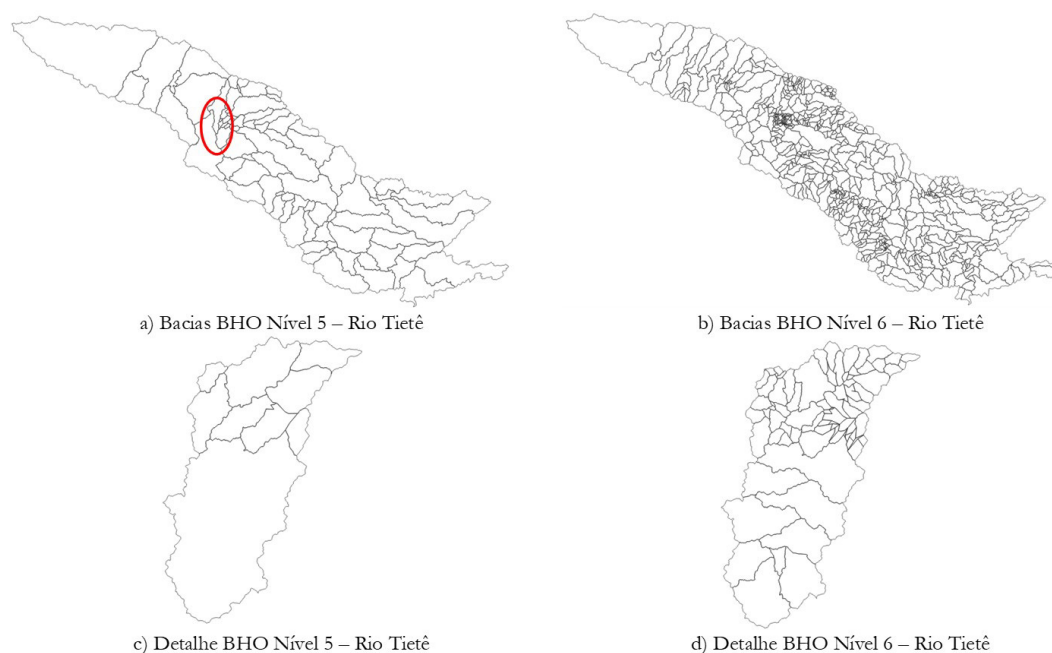


Figura 2 – Detalhamento das BHO níveis 5 e 6 no Rio Tietê

Nesta figura pode-se ver a variação da área das bacias, no painel a), o Rio Tietê na BHO Nível 5, observa-se a grande variação das áreas de drenagem, notadamente se comparadas à sub-bacia na foz do rio e na área marcada com uma elipse vermelha, que representa um trecho do Rio Tietê perto da cidade de Ibitinga/SP. Ao comparar o painel a) com o painel b) observa-se que, quando se passa do nível 5 para o 6, aumenta-se o detalhamento e aumenta-se ainda mais a distorção entre o tamanho das áreas entre as sub-bacias. Este fato fica evidente quando se observa os painéis c) e d), que apresentam o detalhe das nove sub-bacias destacadas no painel a), que se tornam em 81 sub-bacias no painel d).

Outras características da ottocodificação que exigem tratamentos específicos incluem rios anastomosados, bifurcados e com confluências múltiplas. Estas características, bem como a existência de reservatórios, exigem do técnico um tratamento específico na preparação da base para seu estudo. A ottocodificação poderá variar em função da linha costeira de referência, tendo sido propostas alternativas na codificação para tratar destas questões (Teixeira et al., 2022).

Além das BHO nível 1 a 7, a ANA disponibiliza também as ottobacias multiescalas. Estas bases são formadas pela união de bases de diferentes níveis, obtidos em função do detalhamento desejado e dos MDEs disponíveis. Para contornar a questão de bacias muito pequenas, é realizado um agrupamento de sub-bacias onde, quando possível, as bacias menores que uma determinada área são agregadas. Existe, por exemplo a BHO 2017, unindo bases que vão do nível 5 ao nível 12; a BHO 2017 5k, onde todas as sub-bacias da BHO 2017 com área inferior a 5 km², quando possível, são agregadas; e, a BHO 2017 50k, onde a agregação é realizada para sub-bacias com área inferior à 50 km². O painel b) da Figura 1 ilustra um exemplo da base BHO 2017 50k para o Rio Tietê. Se comparado o painel a) com o painel b) desta Figura, pode-se observar a diferença na uniformidade das áreas das sub-bacias. Ressalta-se, ainda, que nas bases de um nível determinado, todas as bacias têm códigos com o mesmo número de algarismos, já numa base multiescalas, que agrega bacias de diferentes níveis, tem-se códigos com diferente número de algarismos.

As bases disponibilizadas pela ANA cobrem todo o território nacional e parte das bacias hidrográficas em outros países da América do Sul. Até o nível 2, a BHO cobre toda a América do Sul, e a partir deste nível, a cobertura é para todo o território nacional, mais toda Bacia Amazônica e parte da Bacia do Prata. A Figura 3 ilustra a área de cobertura das bases da ANA. A BHO nível 2 está dividida em 81 sub-bacias a BHO nível 5 em 16.559 sub-bacias, a BHO 2017 em 3.304.315, a BHO 2017 5k em 464.067 bacias e BHO 50k em 115.107. Contudo, nota-se que a BHO Nível 5 tem 16.559 bacias, número inferior a 9^5 (59.049). Este fato é consequência de nem toda a área da América do Sul ser coberta pelo Nível 5, enquanto que para o Nível 2 a cobertura é de toda a América do Sul.

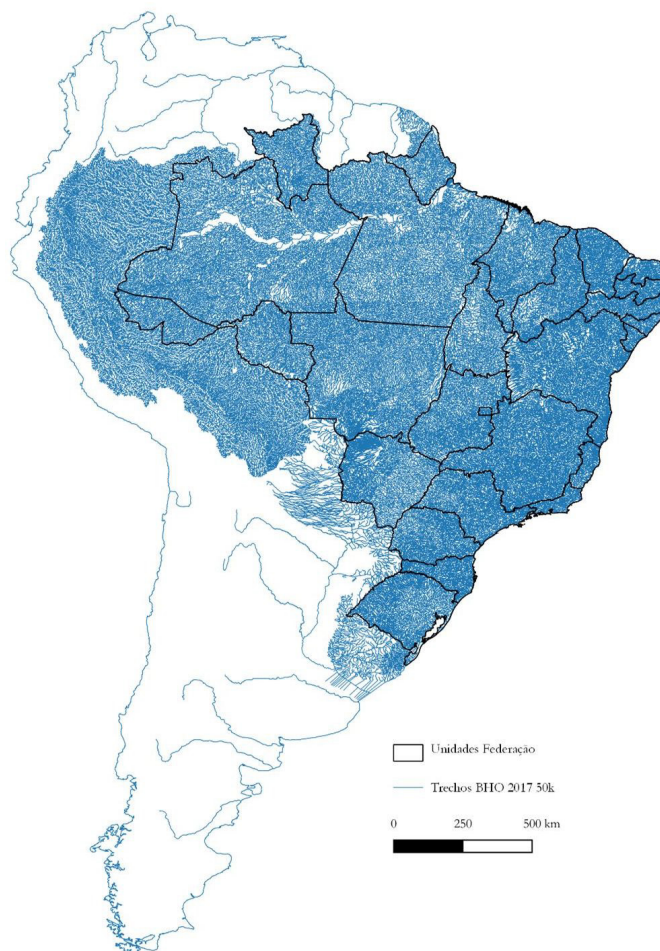


Figura 3 – Área coberta pelas BHO

De acordo com a regra de ottocodificação, todo tributário é definido por algarismos com final par. O Rio Paraná tem o código 86, o Rio Tietê tem o código 864 e Córrego do Gregório, que atravessa o centro da cidade de São Carlos/SP, tem o código 8664928. Se o código de uma sub-bacia é 86abcdef, onde todas as consoantes representam números ímpares, podemos afirmar que é uma sub-bacia localizada ao longo do Rio Paraná. Se algum dos algarismos for par, a sub-bacia estará na Bacia do Rio Paraná, porém não estará localizada no Rio Paraná, e sim num tributário deste rio. A Bacia do Gregório, código 8664928, é um afluente do Monjolinho, código 866492, que é afluente do Jacaré-Guaçu, código 8664, que é afluente do Tietê, código 866. Qualquer bacia cujo código inicie com 8664928 estará na bacia do Gregório, e qualquer bacia cujos algarismos a direita do radical 8664928 sejam todos ímpares estará ao longo do córrego do Gregório. Se algum dos algarismos for par ela estará num tributário do Gregório.

Duas características da ottocodificação devem ser destacadas:

1. Cada algarismo par da ottocodificação representa um tributário;
2. As ottobacias são numeradas de montante para jusante.

Quando se trabalha com bacias de um determinado nível, todas as bacias têm o mesmo número de algarismos e, neste caso, quando se ordenam as bacias em ordem crescente, é indiferente em termos de se utilizar a variável do código como valor numérico ou texto. Porém, quando se utiliza uma base multiescalas, os códigos terão número de algarismos diferentes, sendo necessário que a variável-código seja tratada como texto para ordenar os códigos e manter a condição que eles estejam ordenados de montante para jusante. O ottocódigo 86419432, por exemplo, é menor que o ottocódigo 86462, relação que é correta para uma variável texto, porém incorreta para uma variável numérica.

Regra para delimitação da bacia a montante

Para a delimitação da bacia a montante de um ponto selecionado no mapa, o algoritmo realiza os seguintes passos:

1. Identificação do código da ottobacia em que está o ponto selecionado;
2. Identificação de todas as ottobacias cujo código tenha valor maior ou igual à ottobacia do ponto selecionado e que estejam na mesma bacia de drenagem do rio a que pertence esta ottobacia.

Para a identificação da ottobacia do ponto selecionado faz-se a intersecção entre as coordenadas do ponto selecionado, obtido com o mouse, e o *shapefile* de ottobacias que serve de base. O rio onde está localizada a ottobacia selecionada é definido pelos n algarismos à esquerda do ottocódigo, onde n corresponde à posição do último algarismo par do ottocódigo. Por exemplo, para bacia nível 10 com código 866143215, o valor de n é 7 e o código do rio é 8661432. O algarismo 2 é o último número par do código, isto é, no detalhamento dos níveis, 8, 9, e 10 desta ottobacia, ela sempre permanece no rio principal definido no nível 7. A Figura 4 ilustra a seleção da bacia a montante da ottobacia 8661235, localizado no Ribeirão Bonito, próximo à cidade de Glicério, na Bacia do Tietê. Nesta figura, todas as bacias selecionadas iniciam com 86612 e todas as bacias têm valores maior que 8661235 quando consideradas as variáveis do código como texto. A BHO utilizada neste exemplo é a BHO 2017 50k (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2023).

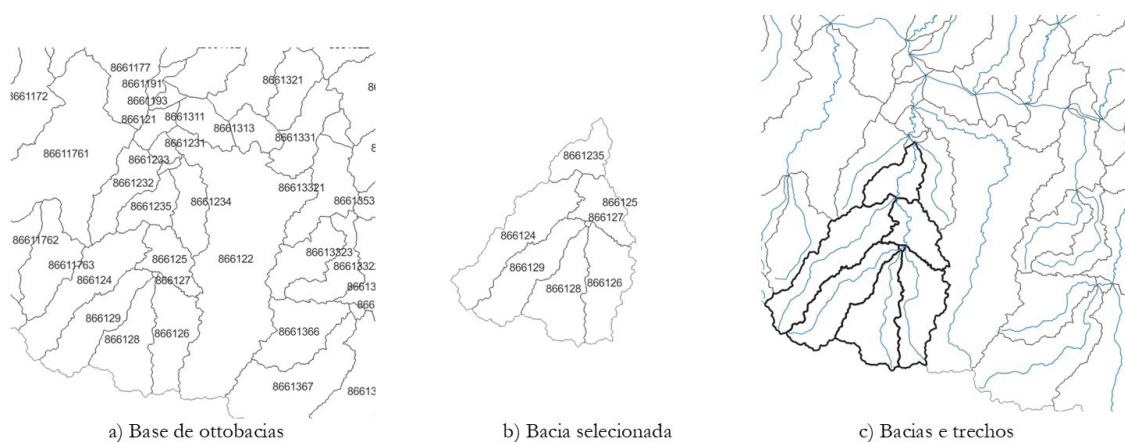


Figura 4 – Delimitação da bacia a montante

O campo a ser pesquisado nos *shapefiles* da BHO é o campo *cobacia*, que traz o ottocódigo das sub-bacias. As funções de consulta para seleção das bacias são realizadas com a intersecção dos filtros “LIKE”, para ver se está no mesmo rio, e “>=” para a classificação das ottobacias que irão compor a bacia de montante.

Regra para delimitação do fluxo a jusante

Para a delimitação do fluxo a jusante do ponto selecionado, as seguintes operações são executadas:

1. Identificação do código da ottobacia em que está o ponto selecionado;
2. Identificação dos rios por onde passa o fluxo do ponto selecionado;
3. Identificação dos trechos dos rios selecionado que estejam a jusante do ponto selecionado.

Para a identificação da ottobacia é realizado o mesmo procedimento descrito para a delimitação da bacia a montante. Já para identificação dos rios por onde passa o fluxo, são identificados os algarismos pares contidos no ottocódigo selecionado. Por exemplo, a bacia nível 10 com código 866143215, está localizada no rio com código 8661432. Este rio, por sua vez, é tributário do rio com ottocódigos 86614, o qual é tributário do Rio Tietê, ottocódigos 866. Portanto, estes são os três rios por onde passa a fluxo de montante para jusante. Para o exemplo de delimitação da bacia código 8661235 tem-se a seleção de dois rios: o Ribeirão Bonito, 86612; e, o Rio Tietê, 866, conforme apresentado na Figura 5 e que representa o fluxo da bacia selecionada na Figura 4.



Figura 5- Delimitação do fluxo a jusante

Nesta figura há dois painéis: no painel a) é apresentada a bacia selecionada e o caminho do fluxo; o painel b) é equivalente ao a), porém com a camada Google Road, que facilita a compreensão da região para o usuário. Em ambos os painéis se faz uma distinção dos rios a jusante, destacando-se também os trechos a montante da bacia selecionada. Esta funcionalidade pode ajudar o usuário compreender a significância da bacia selecionada na quantidade e qualidade dos cursos d'água de bacias maiores, bem como identificar de onde a água está vindo com relação aos municípios vizinhos.

Uma vez identificados os rios a jusante do ponto selecionado, o campo a ser pesquisado nos *shapefiles* da ANA é o campo *cocursodag*, que traz o código do rio onde está localizada a ottobacia. Este código é equivalente ao código da bacia após excluídos todos os algarismos ímpares à direita do *cobacia* que estejam à direita do último algarismo par. A consulta para seleção das bacias é feita com a intersecção dos filtros "LIKE", para os rios, e "<" para a seleção dos trechos de rios a jusante da bacia. Se utilizado ">=" ao invés de "<" serão selecionados os trechos de rios por onde o fluxo segue e que estejam a montante da bacia selecionada. Esse é o caso apresentado na Figura 5, onde o Rio Tietê (866) aparece com um traço mais fino a montante da foz do Ribeirão Bonito (86612), onde está a bacia selecionada.

Para exemplificar o método proposto desenvolveu-se um código na linguagem de programação Python. Este código é apresentado no Anexo 1. O código é executado através do terminal Python do QGis e pode ser dividido em três etapas conforme ilustrado na Figura 6. O código está documentado, isto facilita sua adaptação e replicação para outros estudos.

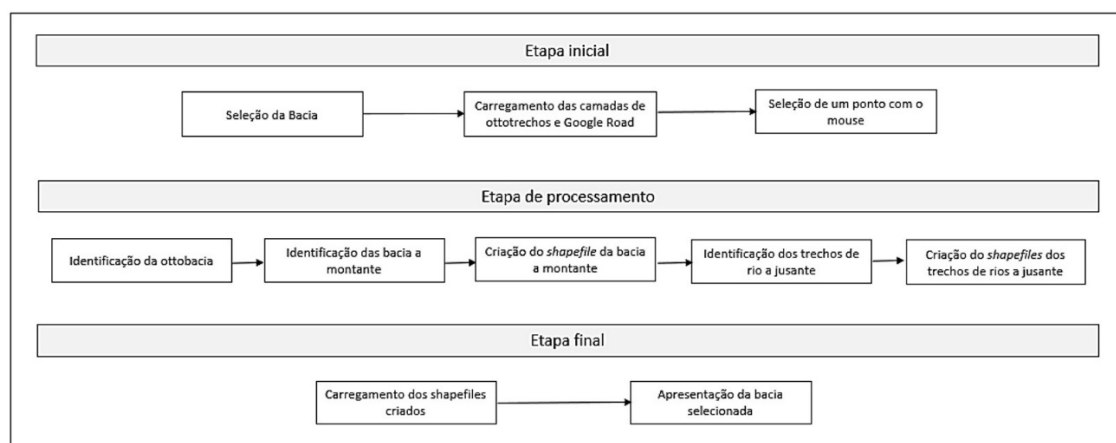


Figura 6 - Etapas e processos do código apresentado

Para executar o código o usuário deve carregá-lo no terminal Python do Qgis. O código deve incluir o caminho para carregar as bases otocodificadas a serem utilizadas. Ao clicar no botão de executar código tem início a etapa inicial.

Na Etapa inicial são realizados três procedimentos:

- i. Seleção de Bacia – O usuário seleciona uma das bacias disponível. No exemplo foi utilizada a BHO 2017 5k (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2023), para as bacias dos rios Tietê, Paranapanema e Iguaçu, compostas por 7.801, 10.969, e 6.973 ottobacias, respectivamente. Para outras aplicações devem ser fornecidas as bases e o caminho para carregá-las;
- ii. Carregamento das camadas de ottotrechos e Google Road – Carrega os *shapefiles* de ottobacias e ottotrechos da bacia selecionada e a camada Google Roads. Apresenta o mapa digital formado por estas camadas. A camada Google Roads é carregada para auxiliar o usuário se localizar na bacia;
- iii. Seleção de um ponto com o mouse – O usuário deve selecionar um trecho de rio da base apresentada com o mouse e clicar no ponto. Após o usuário clicar no ponto a segunda etapa é iniciada automaticamente.

A etapa de processamento é a principal do código, sua divulgação é o objetivo deste artigo. Nesta etapa são utilizadas as regras para delimitação da bacia a montante e do fluxo a jusante, descritas anteriormente. Estas regras podem ser replicadas para qualquer base otocodificada. Nesta etapa são realizados cinco procedimentos:

- i. Identificação da ottobacia – O código *cobacia* do ponto selecionado é identificado no campo com o mesmo nome no *shapefile* ottotrechos;
- ii. Identificação da bacia a montante – Utilizando a aplicação da regra para delimitação da bacia a montante, descrita anteriormente, são identificadas as sub-bacias que fazem parte da bacia a montante do ponto selecionado;
- iii. Criação do *shapefile* da bacia a montante – Com a identificação da bacia a montante é criado o *shapefile* desta bacia;
- iv. Identificação dos trechos de rio a jusante – Utilizando a aplicação da regra para delimitação do fluxo a jusante, descrita anteriormente, são identificados os trechos de rios a jusante do ponto selecionado;
- v. Criação do *shapefile* dos trechos de rio a jusante – Com a identificação dos trechos a jusante são criados os respectivos *shapefiles*. Após este procedimento é iniciada automaticamente a última etapa.

A etapa final é formada por dois procedimentos:

- i. Carregamento dos *shapefiles* criados – Os *shapefiles* criados são carregados e ativados;
- ii. Apresentação da bacia selecionada – É realizada uma aproximação da bacia delimitada e apresenta-se tanto a área como o número de trechos na área do terminal Python do QGis.

Após o término da execução o usuário tem duas opções: Se ele clicar novamente no botão para executar o código, as camadas criadas são removidas e ele pode, então, selecionar um novo ponto na mesma bacia. A outra opção é iniciar um novo projeto no QGis. Neste caso todas as camadas são removidas e após clicar no botão para executar o código será solicitado para que selecione uma bacia.

O código permite, com clareza, a identificação da bacia a montante do ponto selecionado e do caminho do fluxo gerado nesta bacia. A camada de fundo pode ser substituída por outra qualquer, como uso do solo, imagem de satélite, ou o mapa temático de um Plano de Bacias, com informações detalhadas pelas sub-bacias otocodificadas. Em todos os casos será caracterizada a bacia de contribuição do ponto selecionado. As sub-bacias que compõe a bacia a montante podem ser utilizadas para destacar informações específicas delas, como, por exemplo o índice de criticidade do balanço hídrico (Almeida et al., 2023).

O código foi desenvolvido no terminal do QGis, mas também pode ser desenvolvido um *plugin*, colocando-se um botão na barra do QGis para sua execução, ou então, um aplicativo que utilize as bibliotecas do QGis, mas que não necessite que este seja inicializado, podendo assim ser operado por um usuário não habituado com o QGis. O código pode também ser incorporado a um portal de informação como, por exemplo, o mapa *online* da Rede Amazônica de Informação Socioambiental Georreferenciada (2022) que disponibiliza informação sobre as pressões que ocorrem na Bacia Amazônica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 7 apresenta a interface do QGIS com o Terminal Python e a janela para a seleção de uma bacia para análise. Pode-se observar que o projeto QGIS está vazio, sem nenhuma camada carregada no Painel de Camadas localizado à esquerda da figura. Na parte inferior desta figura aparece o Terminal Python, com duas janelas: a da esquerda apresenta os resultados do processamento, e a da direita o código que está sendo executado. No início do processamento é apresentada a janela para o usuário selecionar a base a ser utilizada.

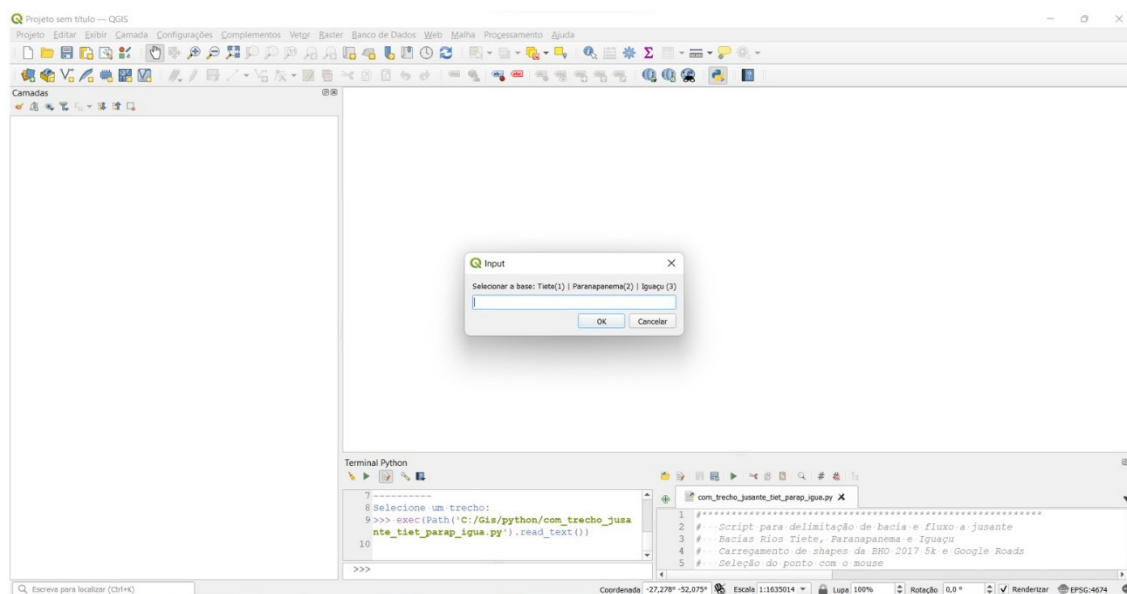


Figura 7– Janela para seleção de bacia hidrográfica

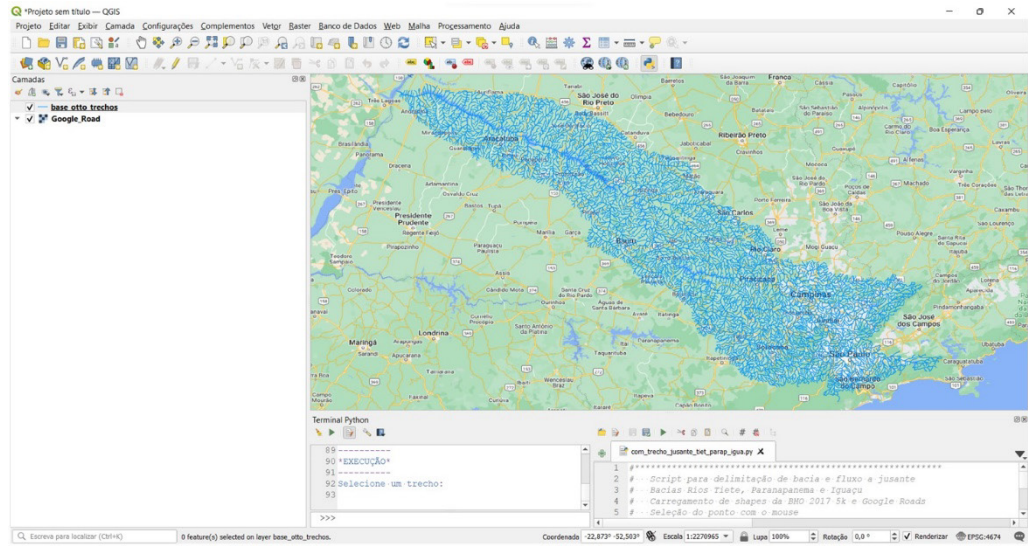
As Figuras 8, 9 e 10 apresentam exemplos de aplicação nas bacias dos rios Tietê, Parapananema e Iguazu, sendo que cada uma destas três figuras está dividida em três painéis. No painel a) é apresentada a base BHO 2017 5k (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2023) carregada onde o usuário, com o mouse poderá clicar num ponto qualquer para determinar a bacia de montante. O painel b) apresenta a bacia de montante do ponto selecionado, e no painel c) ajusta-se o zoom para se ter uma visão melhor do fluxo para jusante. Nos painéis a) e b) apresenta-se a interface do QGIS podendo se ver as camadas carregadas, a figura, e o Terminal Python onde aparecem informações do processamento. No painel c) apresenta-se o zoom da figura gerada e apresentada no painel b).

Nas três últimas figuras pode-se observar com clareza a bacia do ponto selecionado e o fluxo desta bacia para jusante, mesmo sendo possível realizar diversos ajustes nestas figuras para melhorar a imagem, a definição tanto da bacia de montante, como do encaminhamento do fluxo não mudam, devendo os ajustes na imagem serem feitos de acordo com o interesse do projeto.

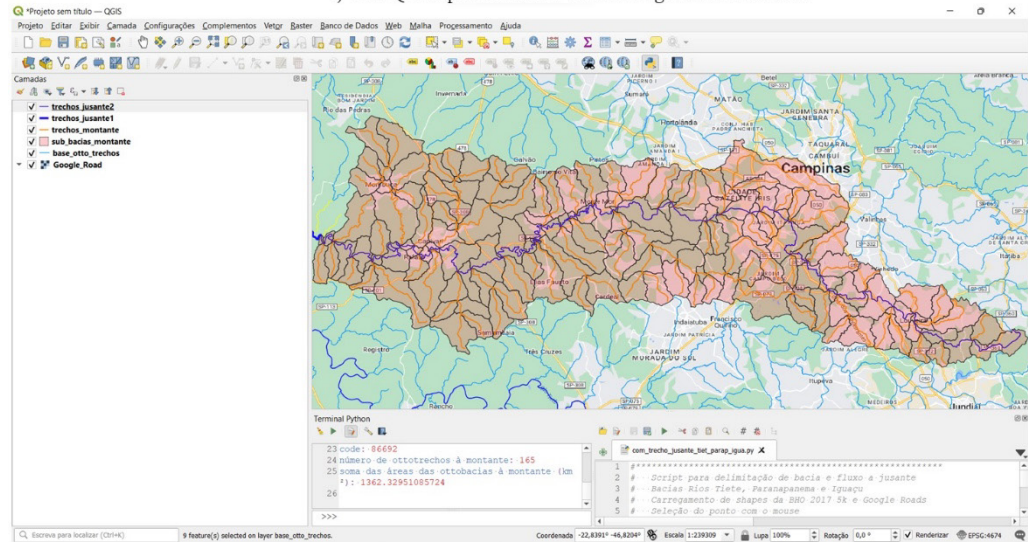
No painel a) das Figuras 8, 9 e 10, é apresentada a bacia selecionada e um comando, na janela do Terminal Python, pedindo para o usuário selecionar um ponto no mapa. O usuário pode mover a imagem e/ou aplicar zoom para melhor selecionar o ponto. No Painel de Camadas é possível observar as duas camadas carregadas: Google Roads e ototrechos da bacia selecionada.

No painel b) das Figuras 8, 9 e 10 é apresentada a figura gerada após o usuário clicar o mouse em um ponto da baica, sendo apresentado o zoom da bacia a montante do ponto clicado que é camada chamada "sub_bacias_montante" apresentada no Painel de Camadas. As outras camadas geradas pelo código representam os trechos da bacia e o fluxo para jusante. Na área de processamento do Terminal Python aparecem o número de trechos e área da bacia de drenagem delimitada. Nesta área é apresentado também o código do rio onde se localiza o ponto clicado. O painel c) apresenta uma visão da bacia toda com a bacia de montante do ponto selecionado em destaque.

Na Figura 8 o ponto selecionado está no Rio Capivari, afluente do Rio Tietê. Na Figura 9 o ponto selecionado está no Rio Laranjinha, afluente do Rio Cinzas, afluente do Rio Parapananema. Na Figura 10 o ponto selecionado está no Rio Iguazu.



a) Tela QGIS apresentando a bacia hidrográfica selecionada



b) Tela QGIS apresentando a bacia a montante do ponto selecionado

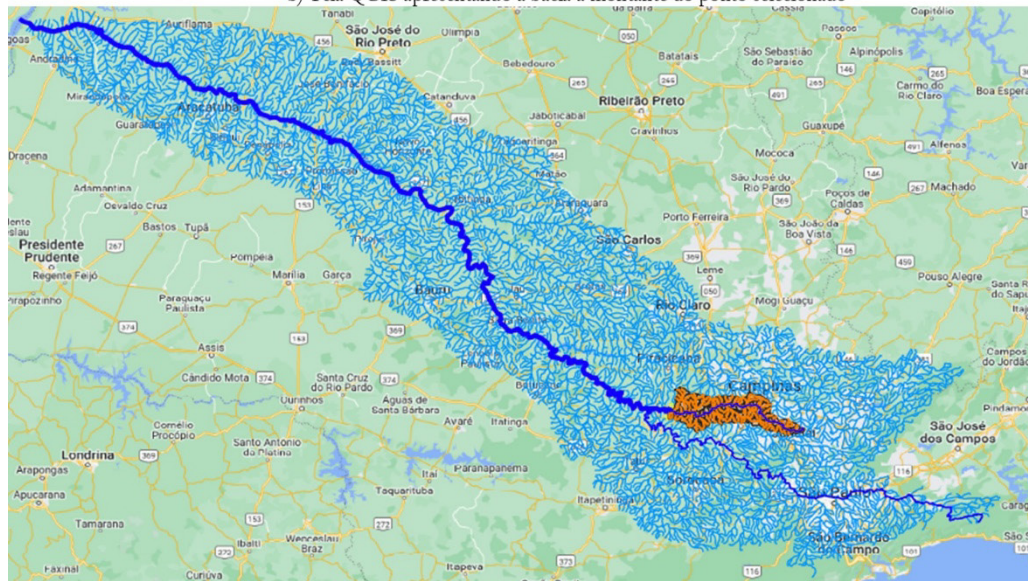
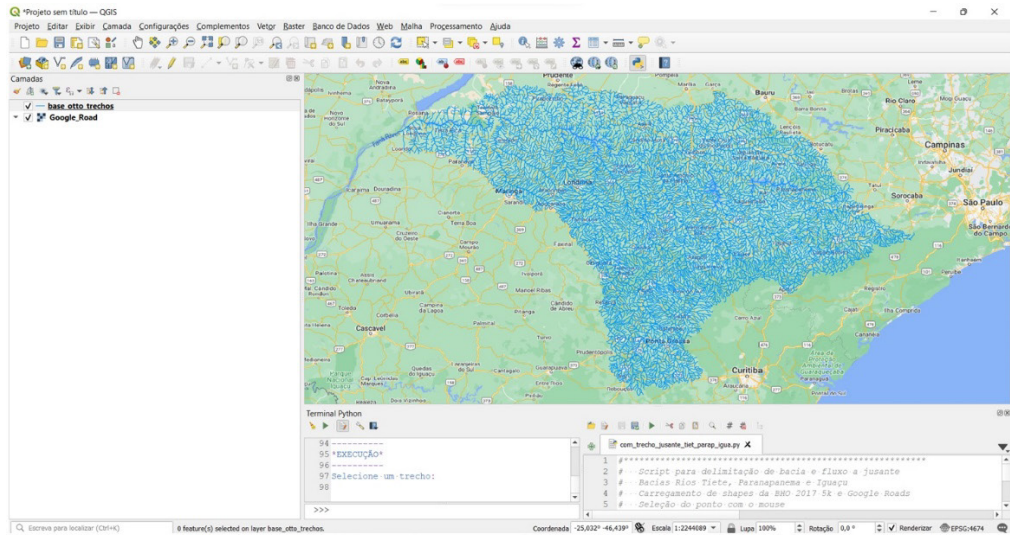
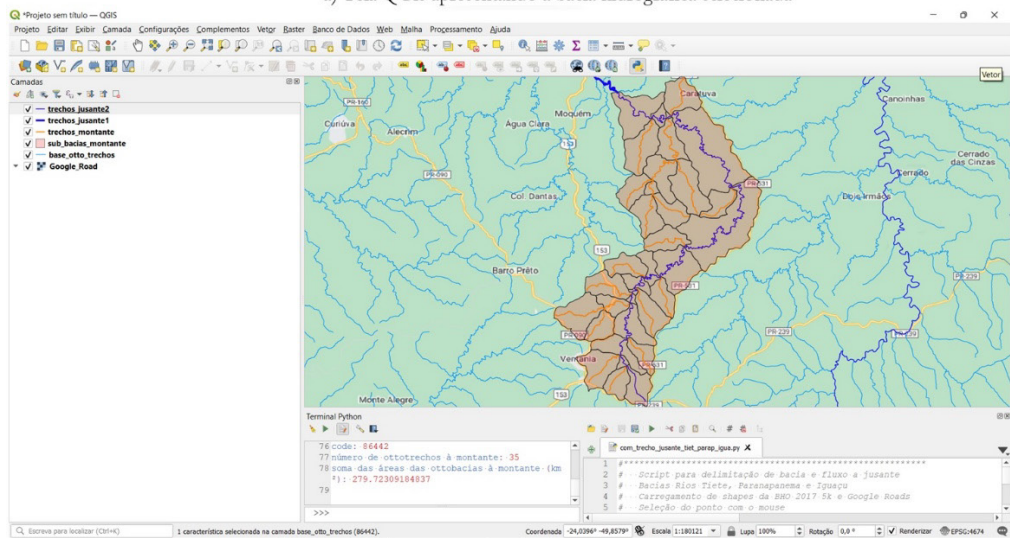


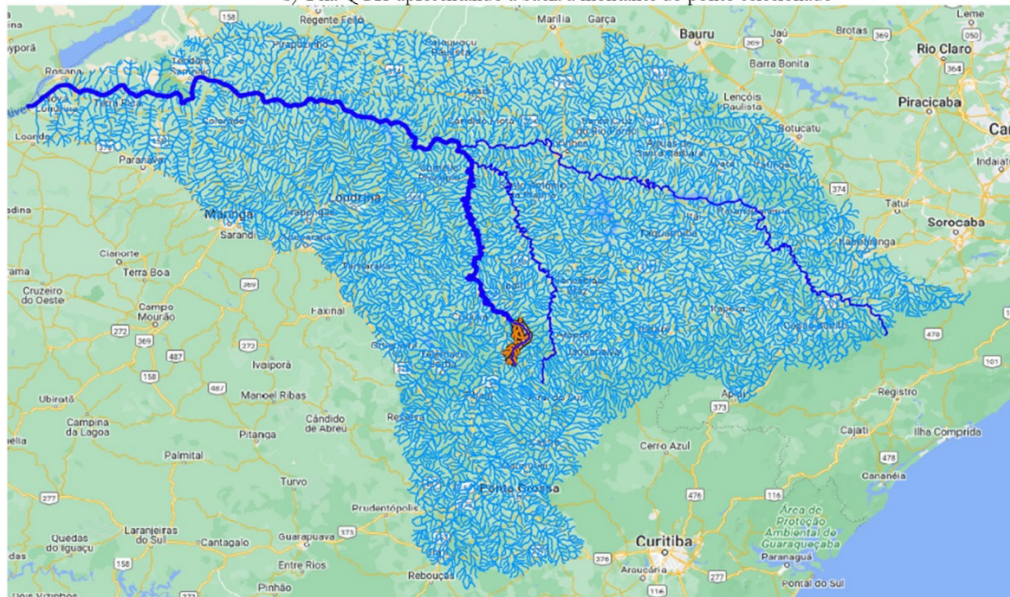
Figura 8 – Exemplo de Aplicação na Bacia do Rio Tietê



a) Tela QGIS apresentando a bacia hidrográfica selecionada

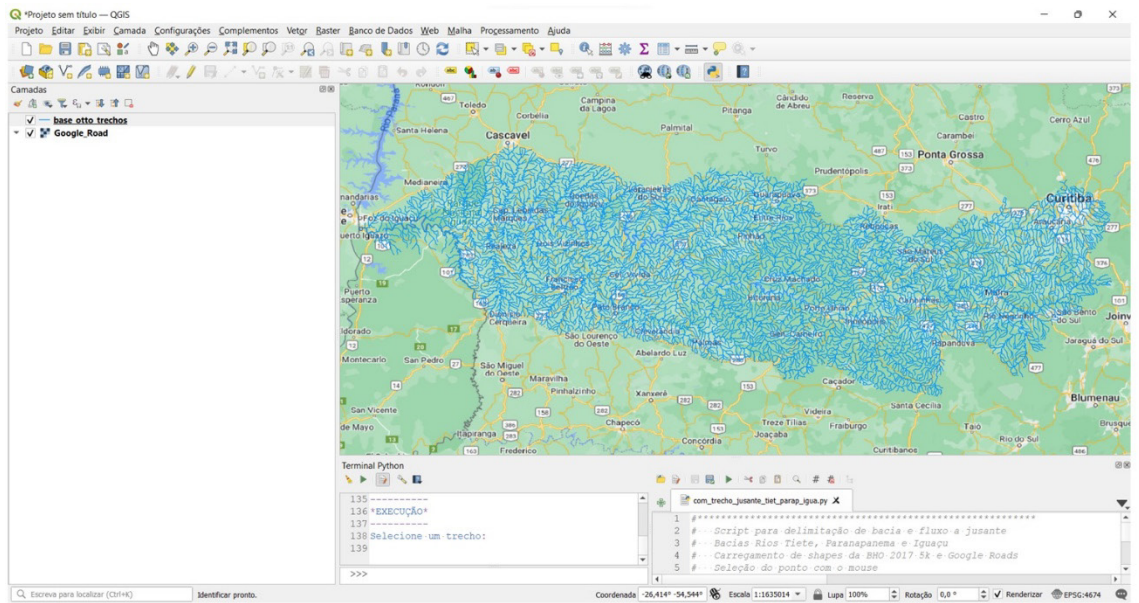


b) Tela QGIS apresentando a bacia a montante do ponto selecionado

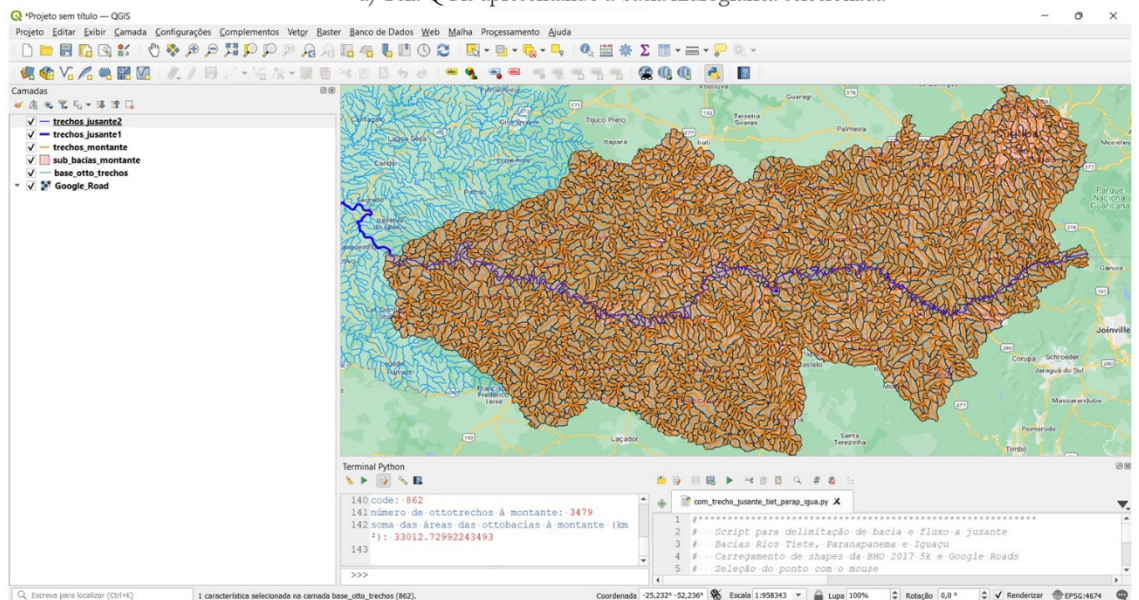


c) Vista da bacia com destaque do fluxo a jusante

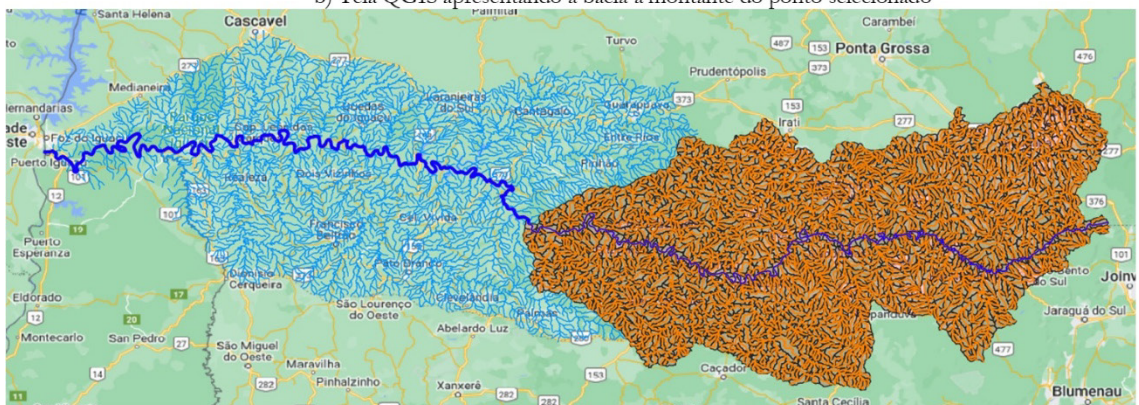
Figura 9 – Exemplo de Aplicação na Bacia do Rio Paranapanema



a) Tela QGIS apresentando a bacia hidrográfica selecionada



b) Tela QGIS apresentando a bacia a montante do ponto selecionado



c) Vista da bacia com destaque do fluxo a jusante

Figura 10– Exemplo de Aplicação na Bacia do Rio Iguazu

A precisão da bacia de montante está condicionada à precisão da base selecionada. Quando se seleciona o ponto, seleciona-se a ottobacia correspondente, sendo que quanto maior for a área da ottobacia do ponto selecionado, maior será a possibilidade de distorção. Isto vale para a ottobacia do

ponto selecionado, pois para as ottobacias a montante desta, a precisão é indiferente a base hidrográfica utilizada. Caso haja necessidade de maior precisão para a área de drenagem da ottobacia do ponto selecionado, pode ser elaborado um algoritmo para a divisão desta ottobacia.

O número de bacias que compõe a bacia de montante pode variar de um, caso seja selecionada uma cabeceira, até o número de ottobacias da base selecionada, caso se selecionado um ponto na foz do rio principal. No caso do Rio Iguaçu, por exemplo, a cabeceira destacada na Figura 9 é a do Rio Negro, e não a do Rio Iguaçu, isto é consequência do curso d'água destacado ser o curso com código 866. Na confluência da cabeceira do Rio Iguaçu com o Rio Negro, a área de drenagem do Rio Iguaçu é inferior à do Rio Negro, sendo assim, pela regra de ottocodificação, a bacia com maior área define o rio principal e, desse modo, o Rio Iguaçu recebe o código 8668 neste trecho. Fato similar ocorre na confluência dos rios Paraguai e Paraná, onde a área de drenagem do Paraguai é superior à do Paraná, sendo assim o Rio Paraguai tem código 8 e o Rio Paraná 86. A numeração das ottobacias segue o critério de área de drenagem e não do nome do rio e, embora muitas vezes estes critérios sejam coincidentes, há exceções como as apresentadas que podem chamar a atenção do usuário não familiarizado com os limites hidrográficos.

Estas três figuras apresentam o número de trechos de rio na bacia selecionada e a área da bacia. Caso estejam disponíveis outras informações como vazão, população, uso do solo por ottobacia, estes valores também podem ser apresentados. Na versão atual, a apresentação dos trechos e área é realizada no Terminal Python, mas estes dados podem ser apresentados com destaque numa janela independente.

CONCLUSÕES

Foi demonstrada a viabilidade e facilidade com que a ottocodificação pode auxiliar a gestão dos Recursos Hídricos por meio da delimitação da bacia a montante e do fluxo a jusante de um ponto qualquer selecionado. As regras para estes cálculos foram descritas e podem ser replicadas em outros estudos e plataformas. O código utilizado para a demonstração do método está anexado ao artigo.

O detalhamento da bacia, bem como as informações a serem mostradas estarão condicionadas às bases selecionadas. A ANA disponibiliza uma série de bases ottocodificadas e todas estas bases poderão servir de base para a replicação deste estudo.

A aplicação do método aqui proposto atende a distintos públicos com distintas complexidades. O processo pode ir desde a delimitação da bacia sobre a camada Google Roads, até integração com temas, análises e índices de um Plano de Bacia Hidrográfica. O uso da aplicação pode ser feito no escritório dentro do ambiente do QGIS, ou na nuvem, podendo também ser integrado a um banco de dados e elaborado um plugin ou um aplicativo onde o usuário não precise abrir o QGIS. Em todos os casos, a delimitação da bacia com um clique do mouse auxiliará na análise dos Recursos Hídricos, o que vale tanto para o usuário que desconhece o conceito de bacia hidrográfica, como para o especialista que analisa um tema específico numa região da bacia hidrográfica.

Há várias alternativas possíveis para a aplicação desta metodologia. Uma delas é a integração com outros aplicativos na Plataforma Google Earth Engine - GEE, onde, com a incorporação de uma BHO, possa-se, por exemplo, avaliar o uso do solo na bacia de drenagem de um determinado braço de reservatório que tenha o nível trófico avaliado através de sensoriamento remoto.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos às discussões com colegas que aprofundaram o desenvolvimento do artigo; às equipes do *software* livre, QGIS e da linguagem de programação Python, que tornaram possível o desenvolvimento do trabalho; à equipe da ANA pelo desenvolvimento e disponibilização das BHO, que além de serem o elemento fundamental para padronizar as bases de estudos de Recursos Hídricos no Brasil, permitem a aplicação de algoritmos como o aqui apresentado; ao graduando Bruno Gutierrez, da Engenharia Cartográfica da UFPR, que desenvolveu os caminhos para o código no Python; e à equipe da Cobrape Curitiba que tornou viável a participação de Bruno e participou de discussões que já rendem novos projetos de desenvolvimento.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Águas – ANA. (2015). *Base hidrográfica ottocodificada*. Brasília: ANA.

Agência Nacional de Águas – ANA. (2016). *Atualização e complementação da Base de Dados Nacional de Referência de Massas d'Água - nota técnica nº 74/2016/SPT*. Brasília: ANA.

- Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA. (2021). *Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil*. Brasília: ANA.
- Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA. (2023). *Catálogo de metadados da ANA*. Recuperado em março de 2023, de <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/home>
- Almeida C.C., Kissula J.C.J., Guterres B.S., Jesus J.A.O., & Fernandes C.S.F. (2023). Balanço hídrico como representação do sistema acoplado água-sociedade: estudo de caso na bacia do alto iguaçu. In *XXV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*. No prelo.
- Carr, G. (2015). Stakeholder and public participation in river basin management-an introduction. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 2(4), 393-405.
- Empinotti, V. L., Jacobi, P. R., & Fracalanza, A. P. (2016). Transparência e a governança das água. *Estudos Avançados*, 30, 63-75. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142016.30880006>.
- Instituto Água e Terra. (2022). *Sistema de informações hidrológicas*. Recuperado em abril de 2022, de <https://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Sistema-de-Informacoes-Hidrologicas>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (2022). *Portal de mapas*. Recuperado em 2022, de <https://portaldemapas.ibge.gov.br/portal.php#homepage>
- Lehner, B., & Grill, G. (2013). Global river hydrography and network routing: baseline data and new approaches to study the world's large river systems. *Hydrological Processes*, 27(15), 2171-2186. Recuperado em 11 de julho de 2023. <https://doi.org/10.1002/hyp.9740>
- Pfaffetter, O. (1989). *Classificação de bacias hidrográficas: metodologia de codificação*. Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Obras de Saneamento. Manuscrito não publicado.
- Python Software Foundation. (2023). *A open source programming language*. Recuperado em 11 de julho de 2023, de <https://www.python.org/>
- QGIS Development Team. (2023). *QGIS geographic information system*. Recuperado em 11 de julho de 2023, de <http://qgis.osgeo.org>
- Rede Amazônica de Informação Socioambiental Georreferenciada – RAISG. (2022). *Mapa on line*. Recuperado em abril de 2022, de <https://www3.socioambiental.org/geo/RAISGMapaOnline/>
- Rineer, J., Bruhn, M., Miralles-Wilhelm F., & Castillo, R. M. (2014). *Base de datos de hidrología analítica para América Latina y el Caribe. Parte 1*. Washington, D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo. Nota técnica # IDB-TN-528.
- Secretaria de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística do Estado de São Paulo – SEMIL. (2023). *Portal DATAGEO*. Recuperado em janeiro de 2023, de <https://datageo.ambiente.sp.gov.br/navegar>
- Siqueira, V. A., Fleischmann, A. S., Jardim, P. F., Fan, F. M., & Collischonn, W. (2016). IPH-hydro tools: a GIS coupled tool for watershed topology acquisition in open-source environment. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 21, 274-287.
- Teixeira, A. A., Silva, A. M., Pruski, F. P., Davis Junior, C., Roig, H. L., & Diniz, N. C. (2022). Melhorias na proposta do sistema de codificação de bacias hidrográficas de Pfaffetter. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre*, 27, e6. <http://dx.doi.org/10.1590/2318-0331.272220210120>.
- Verdin, K. L., & Verdin, J. P. (1999). A topological system for delineation and codification of the earth river basins. *Journal of Hydrology*, 218(1-2), 1-12. [http://dx.doi.org/10.1016/S0022-1694\(99\)00011-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0022-1694(99)00011-6).
- Xie, J., Xiaomang, L., Bai, P., & Liu, C. (2022). Rapide watershed delineation using an automatic outlet relocation algorithm. *Water Resources Research*, 58(3), e2021WR031129. <http://dx.doi.org/10.1029/2021WR031129>.

Contribuições dos autores:

José Antônio Oliveira de Jesus: concepção e desenvolvimento do método, redação inicial, discussão e revisão do manuscrito.

Cristovão Vicente Scapulatempo Fernandes: análise, discussão e revisão do manuscrito.

ANEXO 1- CÓDIGO DO DELIMITADOR DE BACIAS EM PYTHON

```
#*****
# ANEXO 1- Código do delimitador de bacias em Python
#*****
# Código para delimitação de bacia e fluxo a jusante
# Bacias Rios Tiete, Paranapanema e Iguaçu
# Carregamento dos arquivos shapefiles da BHO 2017 5k e Google Roads
# Seleção do ponto com o mouse
#
# O objetivo deste código é difundir a metodologia de identificação e apresentação
# tanto da bacia a montante do ponto selecionado como do rio a jusante. Estes procedimentos
# estão entre as linhas 129 e 192 do código. Eventuais usuários devem adaptá-lo a estudos específicos,
# podendo, e devendo, ser feitas melhorias ao código aqui apresentado.
#
# O autor não é programador experiente nem especialista em geoprocessamento.
# O que se propõe é a explicação e divulgação de utilização de campos da base otocodificada distribuída pela ANA
# para o desenvolvimento de aplicativos que subsidiem a compreensão da bacia hidrográfica por distintos públicos.
#
# As principais adaptações e melhorias a este código podem incluir:
# • Seleção e definição do número de bases e caminhos para carregá-las;
# • Método de seleção da ottobacia (aqui se utiliza o ottotrecho);
# • Definições das paletas e camada de fundo;
# • Utilização de banco de dados e/ou outras linguagens de programação;
#
# Uma discussão mais ampla e exemplos da utilização deste código é apresentada no artigo
# "Subsídios para delimitação de bacia hidrográfica" da Revista de Gestão de Água da América Latina.
#*****

import requests
canvas = qgis.utils iface.mapCanvas()

# DEFINIR DIRETÓRIO DAS CAMADAS DE ENTRADA (otto_bacias e otto_trechos, respectivamente)

project = QgsProject.instance()
lista_camadas = []

# teste para exclusão de camadas a partir da segunda execução
for id, layer in QgsProject.instance().mapLayers().items():
    lista_camadas.append(layer.name())

# escolher a base - neste caso bacia do Tietê, Paranapanema ou Iguaçu
if 'Google_Road' not in lista_camadas:
    escolha_base = QDialog().getText(None, "Input", "Selecionar a base: Tiete(1) | Paranapanema(2) | Iguaçu (3)")

# É preciso deixar no seu computador os shapfiles de bacias e trechos das três bacias.
if escolha_base[0] == '1':
    path_otto_bacias = 'C:/Gis/shp/Tipai/Ottobacias_Tiete_BHO_2017_5k_A.shp'
    path_otto_trechos = 'C:/Gis/shp/Tipai/Ottotrechos_Tiete_BHO_2017_5k_A.shp'

if escolha_base[0] == '2':
    path_otto_bacias = 'C:/Gis/shp/Tipai/Ottobacias_Paranapanema_BHO_2017_5k_A.shp'
    path_otto_trechos = 'C:/Gis/shp/Tipai/Ottotrechos_Paranapanema_BHO_2017_5k_L.shp'

if escolha_base[0] == '3':
    path_otto_bacias = 'C:/Gis/shp/Tipai/bacia_iguacu_2017_5k.shp'
    path_otto_trechos = 'C:/Gis/shp/Tipai/trecho_iguacu_2017_5k.shp'

# preparação da camada de base do Google (com teste para não inserir duplicado)
```

```
if 'Google_Road' not in lista_camadas:
    service_url = 'mt1.google.com/vt/lyrs=m&x={x}&y={y}&z={z}'
    service_uri = 'type=xyz&zmin=0&zmax=21&url=https://'+requests.utils.quote(service_url)
    tms_layer = iface.addRasterLayer(service_uri, 'Google_Road', 'wms')

# preparação das camadas iniciais (com teste para não inserir duplicado)
if 'base_otto_bacias' not in lista_camadas:
    otto_bacias = QgsVectorLayer(path_otto_bacias, 'base_otto_bacias', 'ogr')
    otto_bacias.renderer().symbol().setColor(QColor(200, 200, 200, 10))
    QgsProject.instance().addMapLayer(otto_bacias, False) #o argumento "False" é para não adicionar a camada, a tela fica mais leve

if 'base_otto_trechos' not in lista_camadas:
    otto_trechos = QgsVectorLayer(path_otto_trechos, 'base_otto_trechos', 'ogr')
    otto_trechos.renderer().symbol().setColor(QColor(0, 150, 255))
    QgsProject.instance().addMapLayer(otto_trechos)

# exclusão das camadas "trechos_montante" e "sub_bacias_montante" a partir da segunda execução caso existam
if 'trechos_montante' in lista_camadas:
    deleted = project.mapLayersByName('trechos_montante')[0]
    project.removeMapLayer(deleted.id())
    iface.mapCanvas().refresh()

if 'sub_bacias_montante' in lista_camadas:
    deleted = project.mapLayersByName('sub_bacias_montante')[0]
    project.removeMapLayer(deleted.id())
    iface.mapCanvas().refresh()

if 'trechos_jusante1' in lista_camadas:
    deleted = project.mapLayersByName('trechos_jusante1')[0]
    project.removeMapLayer(deleted.id())
    iface.mapCanvas().refresh()

if 'trechos_jusante2' in lista_camadas:
    deleted = project.mapLayersByName('trechos_jusante2')[0]
    project.removeMapLayer(deleted.id())
    iface.mapCanvas().refresh()

canvas.refresh()

# Iniciando a execução
print('-'*10)
print('*EXECUÇÃO*')
print('-'*10)
mc = iface.mapCanvas()
otto_trechos.removeSelection()
mc.refresh()
print('Selecione um trecho:')

class selectTool(QgsMapToolIdentifyFeature):

    def __init__(self, iface):
        self.iface = iface
        self.canvas = self.iface.mapCanvas()
        self.layer = self.iface.activeLayer()
        QgsMapToolIdentifyFeature.__init__(self, self.canvas, self.layer)
        self.iface.currentLayerChanged.connect(self.active_changed)

    def active_changed(self, layer):
```

```
if isinstance(layer, QgsVectorLayer) and layer.isSpatial():
    self.layer = layer
    self.setLayer(self.layer)

def canvasPressEvent(self, event):
    found_features = self.identify(event.x(), event.y(), [self.layer], QgsMapToolIdentify.TopDownAll)
    self.layer.selectByIds([f.mFeature.id() for f in found_features], QgsVectorLayer.AddToSelection)
    rios = 0 # contador de trechos de rio a jusante
    atr = 'cobacia'
    selected_features = otto_trechos.selectedFeatures()
    cod_otto = selected_features[0].attribute(atr)
    print('cod. bacia: ', cod_otto)

# identificação do último algarismo par da otto selecionada
for valor in range(len(cod_otto)):
    index = (valor+1) * -1
    conv_num = int(cod_otto[index])
    resto = conv_num % 2
    if resto == 0: # achou o algarismo par
        cod_otto_e = cod_otto[:len(cod_otto)-valor]
        break

# identificação dos rios a jusante - O primeiro rio equivale ao cod_otto-e calculado nas linhas anteriores.
# Vai identificar tds os rios, até nível 1. No exemplo do artigo o menor nível é 3. Pode otimizar, porém não dá erro
rio = [",", ",", ",", ","]
for valor in range(len(cod_otto)):
    index = (valor + 1) * -1
    algarismo = int(cod_otto[index])
    impar = algarismo % 2
    codf = cod_otto[:len(cod_otto)-valor]

    if impar == 0:
        codfim = cod_otto[:len(cod_otto)-valor]
        rio[rios] = codfim
        rios = rios + 1
        compri = len(codfim)

# criação e adição do shape das sub bacias a montante
consulta_bacias = "?query=SELECT base_otto_bacias.cobacia, base_otto_bacias.geometry FROM base_otto_bacias WHERE \
base_otto_bacias.cobacia LIKE '" + cod_otto_e + "%' AND base_otto_bacias.cobacia >= '" + cod_otto + """"
sub_bacia_montante = QgsVectorLayer(consulta_bacias, "sub_bacias_montante", "virtual")
sub_bacia_montante.renderer().symbol().setColor(QColor(255, 0, 0, 50))
QgsProject.instance().addMapLayer(sub_bacia_montante)
canvas.setExtent(sub_bacia_montante.extent())

# criação e adição do shape dos otto trechos a montante
consulta_trechos = "?query=SELECT base_otto_trechos.cobacia, base_otto_trechos.geometry, nuareacont FROM
base_otto_trechos WHERE \
base_otto_trechos.cobacia LIKE '" + cod_otto_e + "%' AND base_otto_trechos.cobacia >= '" + cod_otto + """"
trechos_montante = QgsVectorLayer(consulta_trechos, "trechos_montante", "virtual")
trechos_montante.renderer().symbol().setColor(QColor(255, 130, 0))
trechos_montante.renderer().symbol().setWidth(0.4)
QgsProject.instance().addMapLayer(trechos_montante)

# criação e adição dos shapes dos rios a jusante (jusante 1 rios que recebem o fluxo da bacia, jusante2 os mesmos rios, porém sem
influencia da bacia selecionada)
selecao = ""
for elementos in rio:
```



```
        if elementos != "":
            selecao = selecao + "base_otto_trechos.cocursodag LIKE '" + elementos + "' OR "
        else:
            break
    comp = len(selecao)
    comp2 = comp - 3
    sele2 = selecao [:comp2]

    consulta_trechojusante = "?query=SELECT base_otto_trechos.cocursodag, base_otto_trechos.geometry FROM base_otto_trechos
WHERE \
("+ sele2 +") AND base_otto_trechos.cobacia < '" + cod_otto + "'"
    trechos_jusante1 = QgsVectorLayer(consulta_trechojusante, "trechos_jusante1", "virtual")
    trechos_jusante1.renderer().symbol().setColor(QColor(20, 0, 255,))
    trechos_jusante1.renderer().symbol().setWidth(0.8)
    QgsProject.instance().addMapLayer(trechos_jusante1)

    consulta_trechojusante = "?query=SELECT base_otto_trechos.cocursodag, base_otto_trechos.geometry FROM base_otto_trechos
WHERE \
("+ sele2 +") AND base_otto_trechos.cobacia >= '" + cod_otto + "'"
    trechos_jusante2 = QgsVectorLayer(consulta_trechojusante, "trechos_jusante2", "virtual")
    trechos_jusante2.renderer().symbol().setColor(QColor(20, 0, 255,))
    trechos_jusante2.renderer().symbol().setWidth(0.3)
    QgsProject.instance().addMapLayer(trechos_jusante2)

    canvas.refresh()
# apresentação do número de trechos à montante
    n_otto_trechos = 0
    for feature in QgsProject.instance().mapLayersByName("trechos_montante")[0].getFeatures():
        n_otto_trechos += 1
    print("número de ottotrechos à montante:", n_otto_trechos)

# apresentação do valor de área acumulada à montante
    soma_area_otto_bacias = 0.0
    for feature in QgsProject.instance().mapLayersByName("trechos_montante")[0].getFeatures():
        soma_area_otto_bacias += feature['nuareacont']
    print("soma das áreas das ottobacias à montante (km²):", soma_area_otto_bacias)

# remover seleção
    self.layer.removeSelection()

t = selectTool(iface)
iface.mapCanvas().setMapTool(t)
```