

Delimitação automática de Bacia Hidrográfica: uma Revisão Bibliográfica

Automatic delimitation of Watershed: a Literature Review

Andressa Proença Cavassim^{(1)*}, Sérgio Ricardo Rodrigues de Medeiros⁽²⁾

⁽¹⁾Acadêmica do curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina. Rod. Admar Gonzaga, 1346, Bairro Itacorubi, Caixa Postal 476, CEP 88040-900, Florianópolis, SC, Brasil.

⁽²⁾Professor, Depto. de Engenharia Rural, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina. Rod. Admar Gonzaga, 1346, Bairro Itacorubi, Caixa Postal 476, CEP 88034-001, Florianópolis, SC, Brasil.

* Autor correspondente – E-mail: acavassim@gmail.com

Resumo

A delimitação automática de uma bacia hidrográfica busca utilizar através dos Modelos Digitais de Elevação (MDE) em ambiente de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) a delimitação da bacia de forma remota e precisa e com baixo custo benefício. Foi realizada uma análise bibliométrica utilizando o instrumento ProKnow-C que buscou formar um banco de dados sobre o tema utilizando as palavras "*Delimitação automática de Bacia Hidrográfica*" e "*Automatic delimitation of Watershed*". Dessa maneira, o objetivo deste trabalho foi realizar um estudo bibliométrico sobre o tema, com base em pesquisas realizadas de 2001 até junho de 2023, por meio de uma busca no banco de dados da CAPES, buscando mensurar o panorama geral das pesquisas e compilado das informações, identificar os principais modelos digitais de terreno (MDT) mais utilizados com base na literatura científica e definir as principais aplicações para o tema. O Brasil foi o país que mais colaborou com o tema e a maioria das publicações se concentram na Região Nordeste, foi constatado que a maior quantidade de publicações ocorreu em 2020 e ocorreu um exponencial aumento no último decênio encerrado, quando consideramos a base de dados deste trabalho. Inclusive, dos principais artigos citados, a maioria deles exploram a delimitação automática de uma bacia hidrográfica que apresenta problemas relacionados à degradação ambiental, erodibilidade, transformações antrópicas e gerenciamento de recursos hídricos.

Palavras-chave: bacia hidrográfica, delimitação automática, bibliometria.

Abstract

Automatic delimitation of a watershed aims to utilize Digital Elevation Models (DEM) within a Geographic Information System (GIS) environment to remotely and accurately delineate the watershed with low cost-benefit. A bibliometric analysis was conducted using the ProKnow-C tool to create a database on this subject using the following search string in Portuguese and English language: "Automatic delimitation of the Watershed". The objective of this study was to conduct a bibliometric analysis on this topic based on studies conducted from 2001 to June 2023. By searching the CAPES database expected to have an overview on this topic at the union in the searches, identifying the most commonly used digital terrain models based on scientific literature, and identifying the main applications for the topic. Brazil was the country that contributed more to this subject, with the majority of publications from the Northeast Region. It was found that the highest number of publications occurred in 2020, and there has been an exponential increase in the past decade in the database used for this study. Additionally, among the main cited articles, most of them explore the automatic delimitation of a watershed that faces issues related to environmental degradation, erodibility, anthropogenic transformations, and water resource management.

Keywords: watershed, automatic delimitation, bibliometrics.

INTRODUÇÃO

Iniciando-se pelo conceito clássico de Bacia Hidrográfica na perspectiva hidrológica é um conjunto de áreas drenadas por um corpo d'água principal e os seus afluentes (BERGMANN & PEDROSO, 2008). Contudo, podemos também definir como um local que é delimitado fisicamente por meio de mudanças topográficas que formam o seu fluxo, passando por diversos pontos, do seu início ao fim, formando um caminho descendente e desembocando em um nível de menor altitude. Esses conceitos estão em expansão, tendo em vista a importância da água para a sociedade, assim uma bacia hidrográfica atualmente é uma unidade de planejamento e gerenciamento ambiental, sendo utilizada para gerar diversos estudos ambientais, onde atuam os sistemas biogeofísicos, econômicos e sociais.

Conforme Girão & Corrêa (2015), a unidade de Bacia Hidrográfica, como um conceito, foi sendo adaptada ao longo do tempo até chegar a uma descrição de unidade territorial, que procura fornecer viabilidade para planejamento de políticas públicas e iniciou-se historicamente desde a década de 1990, com a Conferência Internacional sobre Água e Meio Ambiente de 1992, que definiu princípios levados à Rio 92, formando uma nova forma de visibilidade dessas áreas, para incentivar o melhoramento de sua gestão. Sendo, somente instituída formalmente com este conceito territorial em 1997, através da Política Nacional de Recursos Hídricos, que integrou conceitos sobre relação do local e sua influência em determinado envoltório que é regido por suas manifestações, ou seja, aplicando a integração às múltiplas ocorrências que dependem ou são influenciadas pela bacia (CARVALHO, GIRÃO & CABRAL, 2017).

Diante disso há necessidade de obter um meio avançado de realizar essa delimitação, sendo que metodologias são aprimoradas a cada dia buscando realizar este procedimento de maneira facilitada, a custos acessíveis e com precisão para chegar a resultados mais próximos à realidade, além de obedecer aos critérios da Política Nacional de Recursos Hídricos, fornecendo uma área estipulada legalmente para a caracterização geográfica e implementação de políticas locais (SILVA et al., 2020). Assim, buscou-se iniciar uma padronização e automatização dos procedimentos adotados para formalizar o traçado de bacias hidrográficas, que permita quantificar fenômenos e gerar modelagens numéricas objetivando a regulação do uso, preservação e evitando possíveis conflitos de utilização dos recursos hídricos, além de compreender suas mudanças e como é afetado por fatores externos (SOBRINHO et al., 2010).

Surgiram então os estudos com foco em automatizar tais procedimentos, transformando a delimitação em uma ação automatizada por meio de informações de relevo, sendo

representada por uma estrutura numérica que representa a distribuição espacial da altitude e da superfície do terreno que formam os Modelos Digitais de Elevação (MDE) a ser trabalhado de forma computacional em ambiente de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), modelando a região a ser analisada (NOVAIS, 2015).

Com os avanços dos dados digitais e os programas de sistema de informações geográficas, técnicas automáticas de delimitação de bacias hidrográficas substituíram as antigas técnicas de delimitação manual, concomitantemente a isso, ocorre um aumento exponencial da oferta de dados altimétricos que podem ser utilizados na delimitação de bacias hidrográficas (MEDEIROS et al., 2009), com essa ampla base de informações disponibilizadas é possível determinar as características físicas da bacia como a área e perímetro, fator de forma, índice de circularidade, declividade, altitude, densidade de drenagem e ordem dos cursos d'água (MIOTO et al., 2014).

Ressalta-se a importância de uma revisão bibliográfica acerca do tema, buscando trazer maior conhecimento e compilando as informações sobre os diversos aspectos referentes às informações da delimitação automática de bacia hidrográfica, identificando nas pesquisas e publicações do portfólio bibliográfico os pontos relevantes e lacunas que pode ser melhor exploradas, além disso compreender quais as evoluções da modelagem de terreno e suas aplicações nos estudos realizados nos últimos anos.

Por meio desta abordagem, o presente trabalho buscou por meio da realização de um estudo bibliométrico sobre o tópico “*Delimitação automática de bacia hidrográfica*”, com base em pesquisas de 2001 até junho de 2023, mensurar o panorama geral das pesquisas e compilado das informações, identificar os modelos digitais mais utilizados com base na literatura científica e definir as principais aplicações para o tema.

MATERIAL E MÉTODOS

Levantamento do banco de dados e seleção de artigos

O método utilizado para o levantamento do portfólio bibliográfico deste trabalho foi através do instrumento ProKnow-C (*Knowledge Development Process- Constructivist*) (LACERDA et al., 2012), iniciou-se pelo tema escolhido para a construção do conhecimento, por meio da seleção de artigos relevantes que constituíram a composição do portfólio bibliográfico. Em seguida, foi realizada uma análise bibliométrica baseando-se na evidenciação quantitativa dos parâmetros para um conjunto definido de artigos (portfólio bibliográfico) e os parâmetros observáveis dos artigos selecionados são seus autores, número de citações e

periódicos mais relevantes (LACERDA et al., 2012). Com isso, inicialmente foi realizada uma investigação preliminar, com a seleção dos artigos que constituíram o portfólio para pesquisa e uma análise bibliométrica do portfólio de artigos para o referencial teórico.

A busca de artigos científicos foi realizada na base de dados do Portal de Periódicos da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), que oferece uma ampla cobertura de conteúdo com abrangência de mais de 40 mil publicações, em seis coleções de periódicos disponíveis, no presente trabalho a consulta foi realizada pelo tema a fim de abranger a maior gama possível de documentos (BRASIL, 2023). Para a consulta foram utilizadas as seguintes palavras-chave: *Delimitação da Bacia Hidrográfica** e *Automatic delimitation of Watershed**, utilizou-se o asterisco após as palavras com o intuito de que a pesquisa alcançasse as variações verbais ou substantivas das palavras (ENSSLIN et al., 2012). A pesquisa no banco de dados, conforme mencionado anteriormente, foi realizada em 14 de junho de 2023, resultando em 204 documentos, este resultado foi classificado como um banco de artigos brutos. Buscando um aprimoramento desse banco, foram eliminados aqueles que não eram artigos científicos e/ou eram repetidos resultando em 179 documentos, em seguida foi realizada a leitura de todos os títulos, a fim de serem alinhados com a pesquisa proposta neste trabalho, resultando em 150 publicações. Considerou-se os artigos publicados a partir de janeiro de 2001 até a o mês de junho de 2023, não sendo encontrados artigos anteriores à data referenciada. Sabe-se que artigos científicos publicados em inglês apresentam maior número de citações do que aqueles publicados em outros idiomas, isso pode ocorrer porque o artigos em inglês são acessíveis a um maior público (BITETTI; FERRERAS, 2016). Contudo, para este trabalho foram selecionados artigos nos idiomas de Inglês, Português e Espanhol, em seguida, foram analisados se os artigos estavam disponíveis na íntegra e realizada a leitura dos resumos para realizar uma filtragem e um alinhamento com o tema proposto, a fim de assegurar a precisão dos dados que compõem o portfólio bibliográfico deste trabalho.

Após a leitura dos resumos para um maior refinamento, foram excluídos 8 artigos duplicados, 3 artigos não disponíveis na íntegra e 76 artigos com baixa ou nenhuma relação com o tema *Delimitação automática da Bacia hidrográfica* ou que estavam incompatíveis com o proposto neste trabalho. Ao final deste processo foram selecionadas 63 publicações, sendo coletados os metadados incluindo autores, periódicos, ano da publicação, citações, país e estado dos autores brasileiros. Em seguida, foi realizada uma classificação dos artigos conforme a relevância acadêmica na amostra a fim de compreender o comportamento das citações ao longo do tempo, sendo avaliado o número de citações no Google Acadêmico desde que o artigo foi

publicado.

RESULTADOS

Delimitação automática de bacias hidrográficas: um tema em ascensão

Foi observado um expressivo aumento do número de artigos abordando o tema *Delimitação automática de bacia hidrográfica* e suas aplicações em diferentes áreas do conhecimento entre 2004 (1 artigo) e 2020 (11 artigos). Entre 2004 e 2022, não foi observado um crescimento linear na publicação dos artigos (Figura 1). Por sua vez, nos últimos dez anos (2012-2022) ocorreu um incremento de 80,95% das publicações, comparado a 19,04% dos anos anteriores, foi considerado o decênio já encerrado. Conforme os números apresentados, o maior registro de publicações pertence ao ano de 2020 com um total de 11 artigos publicados. E no ano de 2023 foi observado até este momento (15 de junho) 1 artigo científico publicado.

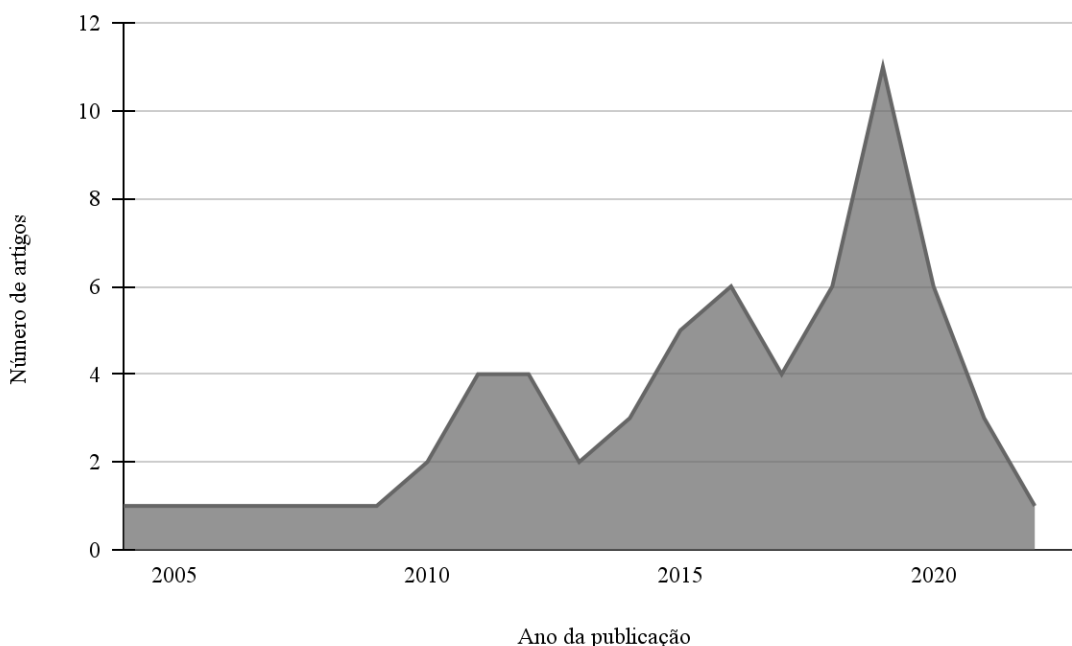


Figura 1. Número de publicações utilizadas pelos artigos do portfólio, por temporalidade.

Fonte: Autora.

Importante ressaltar que apesar a delimitação automática ser ainda um tema em ascensão, com um amplo campo de pesquisas a serem explorados e alcançando o pico no ano de 2020, é possível correlacionar que no ano de 2020 foi iniciada a pandemia do COVID-19 o que impactou diretamente na sociedade em todo o mundo e na produção de pesquisas no Brasil, ocasionando no que podemos observar na queda vertiginosa de publicações, muito embora a

normalidade tenha sido restabelecida no ano 2022, podemos aferir que muito provavelmente nos próximos anos as publicações poderão expressar novamente um aumento.

Brasil lidera o ranking de autorias e coautorias

Até o mês de junho de 2023, três países contribuíram para a publicação de artigos relacionados ao tema *Delimitação automática de bacia hidrográfica*, sendo importante ressaltar que este dado está relacionado a base de dados utilizada neste trabalho, outras bases de dados podem conter diferentes resultados. O Brasil lidera com a maior ocorrência na autoria e coautoria dos artigos, com 60 resultados. Enquanto os demais países como Equador, Colômbia e França apresentam respectivamente 1 resultado para cada país.

Considerando os estados brasileiros que mais contribuíram com as publicações destacam-se Ceará e Minas Gerais com um total de 16 publicações, seguido por Rio Grande do Sul e Mato Grosso do Sul com um total de 12 publicações, São Paulo e Goiás com um total 10 publicações e Pará, Pernambuco e Espírito Santo com um total de 12 publicações (Figura 2). Os demais estados brasileiros contribuíram com 22 publicações ao todo, sendo possível aferir que nove estados detêm 69,44% das publicações nacionais. Conforme observado nos dados, todas as cinco regiões brasileiras possuem participação nas publicações, ocorrendo o maior número na Região Nordeste com 21 publicações e em menor número na Região Norte com 8 publicações, conforme observado na Figura 3.

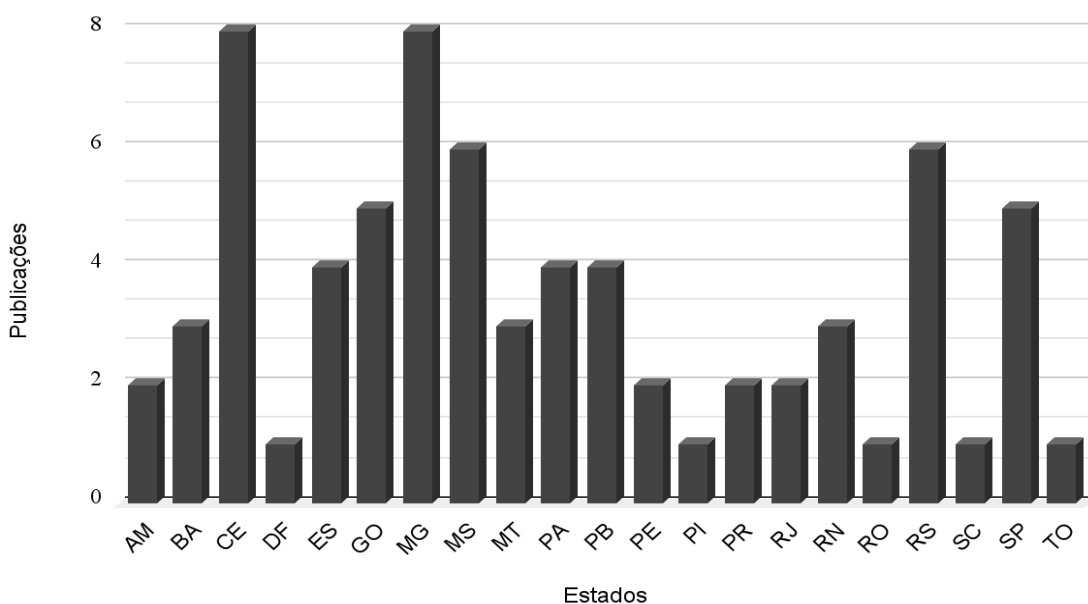


Figura 2. Número de publicações utilizadas pelos artigos do portfólio, por estado brasileiro.

Fonte: Autora.

Conforme observado no gráfico da figura 2 o estado do Ceará aparece com grande destaque, possuindo ao todo 16 publicações, isso se deve ao fato que a Universidade Federal do Ceará possui um laboratório de Geoprocessamento com dez pesquisadores e diversos bolsistas e estudantes, cabe ressaltar que o estado está localizado em uma região brasileira com altos índices pluviométricos e de evapotranspiração, impactando diretamente na formação e nas unidades de bacias hidrográficas.

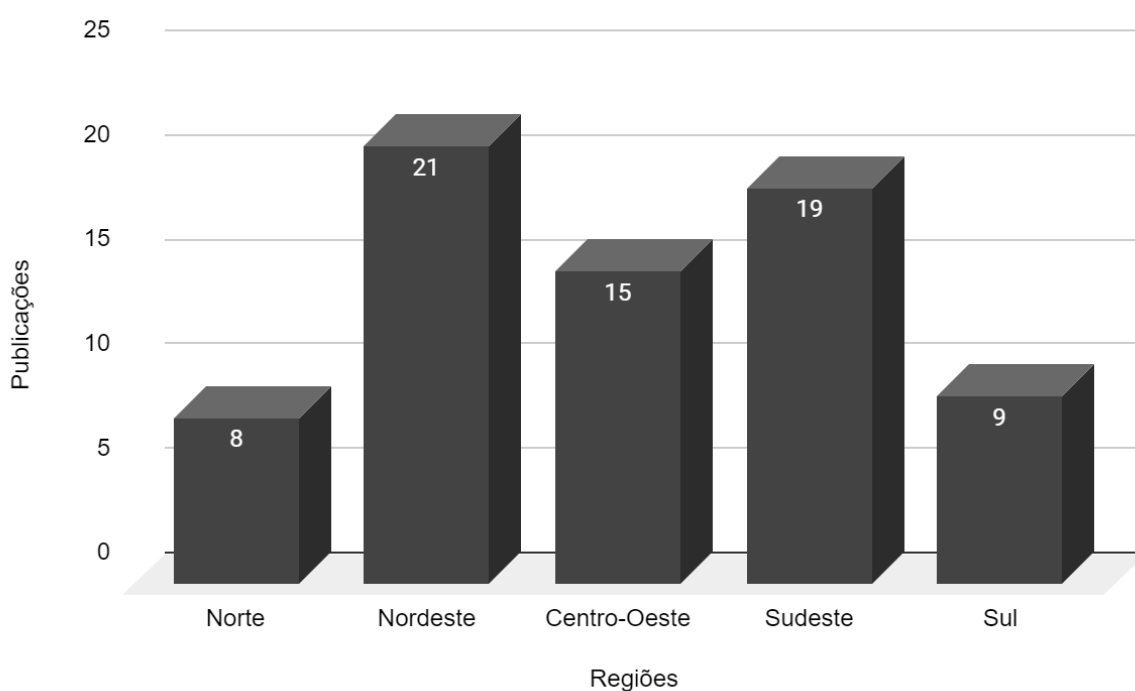


Figura 3. Número de publicações utilizadas pelos artigos do portfólio, por região brasileira.
Fonte: Autora.

É possível ser aferido com base no gráfico acima, que muitas regiões brasileiras possuem muitas publicações e outras regiões com número inferiores, se deve ao fato que nessas regiões como o sudeste, por exemplo, está localizado o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) além de muitas universidades. Já a região norte, podemos verificar que o baixo número de publicações pode estar relacionado às modelagens de terreno disponíveis que são utilizadas para a delimitação automática de bacia hidrográfica atualmente, como o SRTM e o Modelo TOPODATA, pois a presença de nuvens ocasiona um acúmulo de erros afetando a precisão e diretamente a qualidade e a eficiência da delimitação automática de uma bacia hidrográfica.

Número de periódicos que publicaram os artigos

No período de 2004 a 2023 ao todo 44 periódicos publicaram os 63 artigos do portfólio bibliográfico, destes 95% são periódicos brasileiros, sendo possível averiguar que dez periódicos detêm a publicação de 30 artigos científicos, equivalente a aproximadamente 47,61% das publicações. As revistas mais citadas foram: *Revista Brasileira de Geomorfologia* com 6 publicações, a *Revista Caminhos da Geografia* com 5 publicações, o *Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ*, a *Revista Engenharia Agrícola* e a *Revista Árvore* com 3 publicações, seguida da *Revista Caderno de Geografia*, *Revista Eletrônica Geoaraguaia*, *Revista Brasileira de Cartografia*, *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais* e *E&S - Engineering and Science* com 2 publicações, os demais periódicos possuem uma publicação cada, conforme observado na Figura 4.

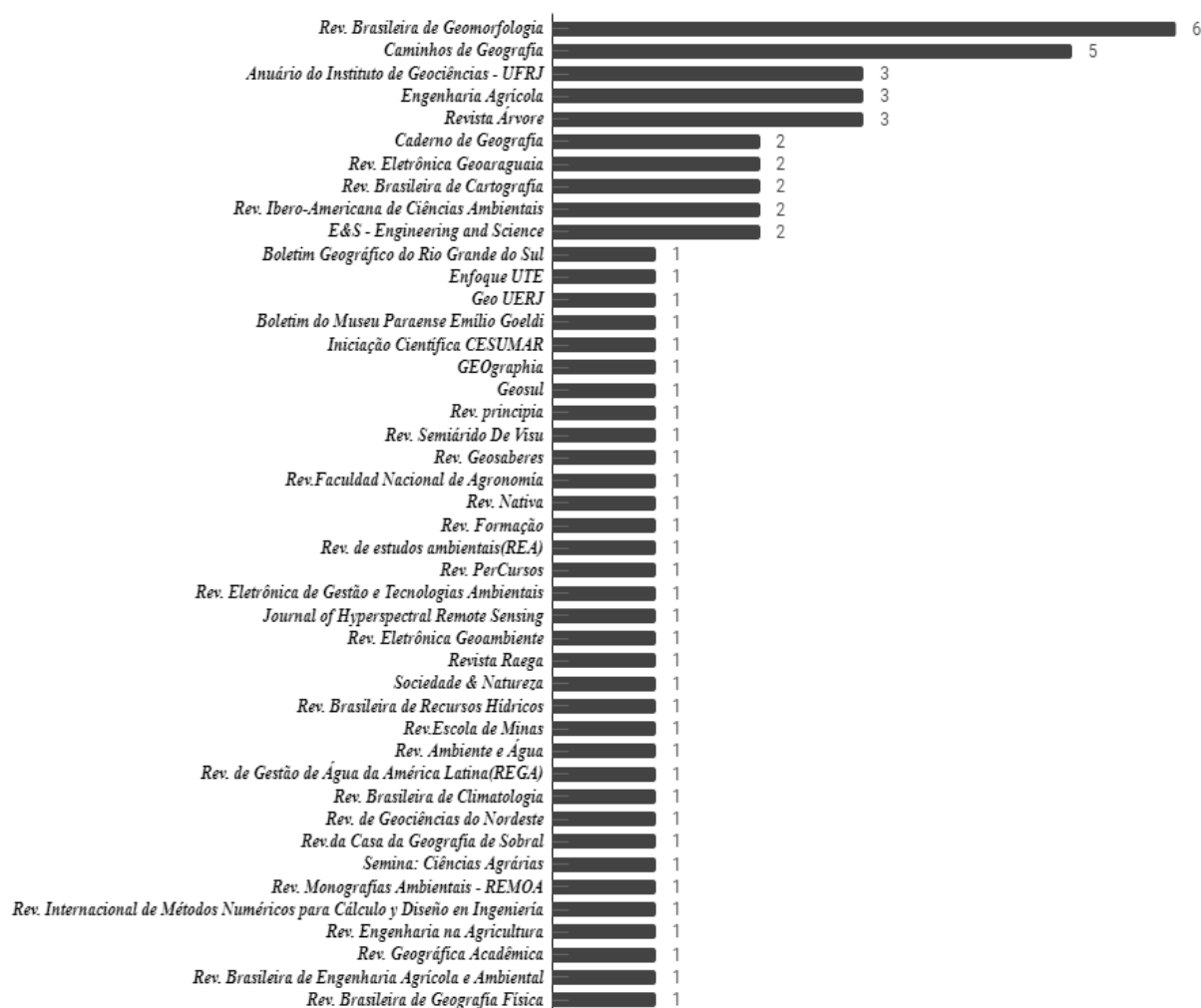


Figura 4. Número de publicações utilizadas pelos artigos do portfólio, por periódico.

Fonte: Autora.

Relevância dos artigos conforme a citação

Foi possível verificar com os resultados obtidos que há se destaca 10 artigos científicos mais citados durante o período de 2001 a 2023, conforme apresentados na Tabela 1, segundo uma pesquisa no Google Acadêmico. O artigo intitulado “*Morfometria da Bacia Hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhões - MG*” de (Tonello et al., 2006) é o artigo mais referenciado com 320 citações, seguido do artigo “*Delimitação Automática de Bacias Hidrográficas utilizando dados SRTM*” de (Sobrinho et al., 2010) com 125 citações e “*Caracterização morfométrica de bacias hidrográficas através de dados SRTM*” de (Oliveira et al., 2020) com 93 citações. Os demais artigos listados entre os dez mais citados, possuem entre 20 e 52 citações. Ainda conforme observado nos resultados, 17 artigos científicos não foram citados em nenhuma publicação, outros 35 artigos foram citados entre uma e dezoito citações, sendo assim 52 artigos analisados pelo portfólio bibliográfico tiveram menos de 20 citações.

Tabela 1. Ranking dos dez artigos publicados com maior número de citações na pesquisa com o tema *Delimitação automática de bacia hidrográfica* entre 2001 e 15 de junho de 2023.

Ranking	Artigo	Citações
1º	Morfometria da Bacia Hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhões - MG (Tonello et al., 2006)	320
2º	Delimitação Automática de Bacias Hidrográficas utilizando dados SRTM (Sobrinho et al., 2010)	125
3º	Caracterização morfométrica de bacias hidrográficas através de dados SRTM (Oliveira et al., 2020)	93
4º	Avaliação de modelos digitais de elevação para delimitação automática de bacias hidrográficas (Medeiros et al., 2009)	52
5º	Uso de dados SRTM e plataforma SIG na caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Braço Norte do Rio São Mateus - Brasil (Elesbon et al., 2011)	47
6º	Regionalização de vazões com base em modelo digital de elevação para a bacia do Rio Paraíba do Sul (Baena et al., 2004)	40
7º	Mapeamento Geomorfológico da Bacia Hidrográfica do Rio Choró - Ceará, Brasil (Araújo et al., 2021)	24
8º	Morfometria de Bacias Hidrográficas Através de SIGs Livres e Gratuitos (Miotto et al., 2014)	23
9º	Morfologia e Aspectos Hidrológicos da bacia hidrográfica do Rio Preto, divisa dos estados do Rio de Janeiro e de Minas Gerais (Spanghero et al., 2015)	21
10º	Delimitación automática de microcuencas utilizando datos SRTM de la NASA (Castillo, 2015)	20

DISCUSSÃO

Em meados de 1940, Robert E. Horton procurou estabelecer as leis do desenvolvimento dos cursos d'água e suas respectivas bacias, utilizando uma abordagem quantitativa que serviu para uma nova concepção metodológica, partir da década de 1950, novos parâmetros foram definidos, considerando a importância da descrição dos aspectos da análise morfométrica de bacias hidrográficas (CHRISTOFOLETTI, 1978).

Sabendo-se que o comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica ocorre em função de características geomorfológicas como a forma, relevo, área, geologia, rede de drenagem entre outros, essas feições são importantes no que se refere aos estudos de evolução da modelagem da superfície terrestre. De forma quantitativa, são utilizados os métodos de análise morfométrica através dos parâmetros como densidade de drenagem, coeficiente de compacidade, índice de circularidade e forma da bacia, dentre outros, tornando-se indicadores físicos de determinado local, qualificando as alterações ambientais (TONELLO et al., 2006).

Sabidamente, o desenvolvimento e o constante aperfeiçoamento de técnicas de delimitação automática tem sido objeto de estudo em várias partes do mundo conforme publicado no artigo “*Delimitação automática de bacias hidrográficas utilizando dados SRTM*”, tornando os resultados relevantes para os parâmetros hidrológicos estudados apresentando-se acurados, compatíveis e com confiança elevada comparados aqueles obtidos manualmente, associando a um menor tempo de processamento (SOBRINHO et al., 2010) .

Para os Modelos Digitais de Elevação (MDE), temos as modelagens realizadas por meio de arquivos em formato raster, que armazena dados relacionados a uma imagem, com informações de seu pixel, permitindo que seja gerada uma visualização digitalizada de uma superfície (RIBEIRO; FERREIRA, 2014), são produzidos a partir de sensoriamento remoto, como o Interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR), possuindo a relevância por ser advindo de uma técnica rápida e acurada de coletar dados topográficos, possibilitando a obtenção de informações sobre as variações de altitude da superfície terrestre (RABUS et al., 2003).

A missão Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) foi uma missão ocorrida em meados dos anos 2000, com empresas aeroespaciais, buscando gerar imagens de alta resolução da Terra, com base na sua forma elipsóide, utilizando a metodologia baseada no uso de dados altimétricos, onde é feita a comparação entre duas imagens com alguma distância entre elas, verificando qual a elevação da superfície (MONARI, 2019). E apresenta uma abrangência quase total do globo terrestre, porém, é delimitada por fatores atmosféricos que interferem no sinal do

sistema, produzindo erros que quando acumulados podem prejudicar o produto final, muito embora seja o modelo utilizado para consulta no banco de dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), além disso é a base de dados mais citada na análise do portfólio bibliográfico.

O modelo Global Digital Elevation Model (GDEM) trata-se de um sensoriamento ASTER, que funciona por meio de uma inter relação entre os dados altimétricos obtidos por imageamento ao longo da terra, sendo que as imagens obtidas são da faixa de radiância do infravermelho, onde há aplicação de três bandas de cores, para fornecer um MDE contendo resolução de 30m por pixel (CENCI et al., 2021).

O modelo TOPODATA é uma metodologia derivada da SRTM, que faz uso de dados de altimetria obtidos por duas antenas, em diferentes locais, com distância entre elas, funcionando como radares, para assim relacionar os dados de ambas, e gerando imagens com pixels de 30m na camada raster (TEIXEIRA, 2018). Porém, ressalta-se que de acordo com os resultados obtidos no portfólio bibliográfico independente do modelo digital de elevação (MDE) escolhido, deve ser considerado que todos apresentam incertezas sendo elas referente a metodologia utilizada ou a questões atmosféricas que impactam diretamente na qualidade do dado, como o acúmulo de erros para regiões equatoriais e litorâneas devido a presença de nuvens ou outras condições climáticas que afetam a precisão dos dados obtidos através das modelagem de terreno, devendo assim ser estudados e avaliados conforme a área de estudo e suas especificidades, para evitar grandes desentendimentos, reduzindo os erros e melhorando a precisão dos dados utilizados.

Conforme vimos, desde a primeira publicação analisada em 2004 a 2023 foram 19 anos de pesquisas, evoluções em softwares e aprimoramentos das técnicas de delimitação automática para poder se chegar a um resultado compatível com a realidade e que pudesse ser utilizados para avaliar parâmetros hidrológicos, substituindo formas manuais como a utilização de cartas topográficas antigas que atualmente muitas vezes não mais representam o relevo atual pela automatização dos procedimentos, para que de modo mais prático possamos alcançar os mesmo resultados, ou ainda mais precisos, sem necessidade de trabalhos manuais e de longo prazo.

Com os avanços alcançados na área, tornou-se possível aumentar o número de estudos, não somente sobre delimitações de bacias, mas também sobre quaisquer dados que possam de algum modo depender de modelagem digital, ou seja, abrem-se caminhos para estudos sobre fluxos pluviais, fluviais, viários, entre outros, sendo uma ferramenta propícia para investigações e entendimento de diversas naturezas de maneira vantajosa para trabalhar e fornecer

instrumentos com múltiplas utilidades para pesquisadores e empresas como a elaboração e revisão de planos de recursos hídricos, planejamento regional e urbano, planejamento costeiro, regularização fundiária, estudos de potencial hidroelétrico, auxílio à definição de áreas de risco de desastres naturais, qualificação das medidas efetivas de proteção às comunidades e ao meio ambiente, elaboração de planos diretores municipais, planejamento e construção de estradas, entre outros.

Dentre várias observações feitas durante o trabalho, conseguimos também compreender a importância de realizar procedimentos que envolvam a definição da área da bacia hidrográfica, pois são várias as políticas e legislações que agem em decorrência da fixação de um local, definindo e planejando ações por meio do uso desse espaço identificado, estando esses dados muito correlacionados com os temas mais citados na análise bibliométrica, citando a importância de se analisar os dados hidrológicos relacionados a erodibilidade, além das intervenções antrópicas que afetam toda a bacia hidrográfica, outro tema recorrente foi a importância do planejamento ambiental e social relacionado à ocupações em torno das bacias hidrográficas. Assim os métodos automatizados estão sendo aprimorados com o passar do tempo, procurando por melhorias e também por possibilidades de serem realizados de maneira mais precisa, com foco em fornecer resultados apropriados para diversos usos. Como vimos inclusive nos artigos do portfólio bibliográfico, os autores puderam constatar o sucesso do uso desses métodos, mostrando o quanto um modelo digital de elevação pode ser preciso e útil para pesquisas e principalmente para planejamentos, fazendo com que se torne um instrumento comum nos dias atuais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise bibliométrica de 63 publicações foi utilizada para avaliar o panorama atual das pesquisas realizadas sobre o tema, sendo evidenciado que as pesquisas apresentaram um aumento significativo nos últimos dez anos. Contudo, o advento da pandemia de COVID-19 prejudicou a geração de publicações nos anos que se seguiram e é possível observar que existem regiões brasileiras com relevância nas questões de recursos hídricos que apresentam necessidade de serem melhor exploradas pela pesquisa.

Há um maior número de publicações que utilizaram os dados de SRTM, como fonte, apesar de problemas relacionados a condições atmosféricas, ainda assim, apresentam uma excelente relação custo benefício, maior precisão para algumas regiões e também menor tempo de execução comparado as delimitações manuais.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, M. M. N. & A. C. MENDES, 2019. Geospatial methods for morphometric characterization of the Caxiuanã river basin, Amazon, Brazil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**. Ciências Naturais 14(2): 271-283.
- BERGMANN, M.; PEDROZO, S. Explorando a bacia hidrográfica na escola: contribuições à Educação Ambiental. **Ciência e Educação**, v. 14, n. 3, p. 537-553, 2008.
- BITETTI, Mario S. di; FERRERAS, Julián A.. Publish (in English) or perish: the effect on citation rate of using languages other than english in scientific publications. *Ambio*, [S.L.], v. 46, n. 1, p. 121-127, 29 set. 2016. **Springer Science and Business Media LLC**. <http://dx.doi.org/10.1007/s13280-016-0820-7>.
- BOSQUILIA, R. W. D.; FIORIO, P. R.; DUARTE, S. N.; MINGOTI, R. Comparação entre métodos de mapeamento automático de rede de drenagem utilizando SIG. **Irriga**, v. 20, n. 3, p. 445-457, 2015. DOI: 10.15809/irriga.2015v20n3p445.
- BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 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. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm>. Acesso em 22 de maio de 2023.
- BRASIL. Ministério da Educação. Coordenação-Geral de Comunicação Social CAPES (CGCOM). Brasília: **CGCOM**, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/capes/pt-br/assuntos/noticias/assinado-novo-contrato-entre-portal-de-periodicos-e-elsevier>. Acesso em: 15 jun. 2023.
- CARVALHO, A. T. F.; GIRÃO, O. da S. & CABRAL, J. J. da S. P. Efeitos do revestimento de canal e impermeabilização do solo à dinâmica de inundação do Rio Arrombados –PE. **Revista Geociências**, v. 36, n. 1, 2017. p. 76-88.
- CENCI, L.; GALLI, M.; PALUMBO, G.; SAPIA, L.; SANTELLA, C.; ALBINET, C. Describing the Quality Assessment Workflow Designed for DEM Products Distributed Via the Copernicus Programme. Case Study: The Absolute Vertical Accuracy of the Copernicus DEM Dataset in Spain. In: 2021 IEEE **International Geoscience and Remote Sensing Symposium IGARSS**, p. 6143-6146, 2021. DOI: 10.1109/IGARSS47720.2021.9554393.
- ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R.; PINTO, H. M. Processo de Investigação e Análise Bibliométrica: Avaliação da Qualidade dos Serviços Bancários. **Anpad**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 3, p. 325-349, jun. 2013.

CHRISTOFOLETTI, A. Morfologia de bacias de drenagem. **Notícia Geomorfológica**, n. 18, p. 130-132, 1978.

GIRÃO, O. da S. & CORRÊA, A. C. B. Progressos nos estudos de Geomorfologia fluvial urbana ao final do século XX. **GeoUERJ**. 26, p. 245-269, 2015.

GOULART, E.R.P., MARCUZZO, F.F.N. Delimitação Automática De Bacias Hidrográficas Por Sig: Procedimentos Para Tratamento De MDT. **XVI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste**. 15 Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Portuguesa.

LACERDA, Rogério Tadeu de Oliveira; ENSSLIN, Leonardo; ENSSLIN, Sandra Rolim. Uma análise bibliométrica da literatura sobre estratégia e avaliação de desempenho. **Gest. Prod.** São Carlos, v. 19, n. 1, p. 59-78, jun. 2012.

MEDEIROS, Gerson Araújo de et al. Diagnósticos da qualidade da água da microbacia do córrego Recanto, em Americana, no estado de São Paulo. **Geociências**, São Paulo, v. 28, n. 2, p. 181-191, jun. 2009.

MIOTO, Camila Leonardo et al. Morfometria de Bacias Hidrográficas Através de SIGs Livres e Gratuitos. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**, Rio de Janeiro, v. 37, n. 2, p. 16-22, jun. 2014.

MONARI, M.; SEGANTINE, P. C. L.; SILVA, I. Avaliação do Modelo Digital De Elevação Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) como Ferramenta no Processo de Identificação de Rotas Cicláveis: Um Estudo de Caso para a Cidade de Bariri-SP.

In: Anais do 33º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte da ANPET. Balneário Camboriú, 2019. Disponível em: <https://www.anpet.org.br/anais/documentos/2019/Planejamento%20Territorial%20o%20Transporte/Mobilidade%20Urbana%20Sustent%20C3%A1vel:%20Transporte%20Ativo%20I/2_119_AC.pdf>. Acesso em: 24 de maio de 2023.

NICOLETE, D.A.P., CARVALHO, V.T.M.C., POLONIO, V.D., LEDA, V.C., VIMBACK, C.R.L. Delimitação automática de uma bacia hidrográfica utilizando MDE TOPODATA: aplicações para estudos ambientais na região da Cuesta de Botucatu - SP . **Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE.

NOVAIS, M. P. S. Análise Espacial de Bacias Hidrográficas a partir de SIG: um estudo da Bacia Hidrográfica do Itapicuru – Bahia. Anais ... **XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR**, João Pessoa, PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE.

POLONIO, V.D. Análise hidrológica e delimitação automática de Bacias Hidrográficas no município de Jaú – SP. **Anais 7º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Jardim, MS, 20**

a 24 de outubro 2018. Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p. 937-945. Disponível em: <<https://www.geopantanal.cnptia.embrapa.br/Anais-Geopantanal/pdfs/p142.pdf>>. Acesso em: 21 de maio de 2023.

RABUS, B.; EINEDER, M.; ROTH, A.; BAMLER, R. The shuttle radar topography mission: a new class of digital elevation models acquired by spaceborne radar. **ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing**, New York, v.57, n.4. p. 241-262, 2003.

RIBEIRO, H. J.; FERREIRA, N. C. Análise comparativa de redes hidrológicas geradas a partir de superfícies hidrológicamente consistentes. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 20, n. 4, p. 784-805, 2014. DOI: 10.1590/S1982-21702014000400045.

SIGSC. Metadados para compor as informações contidas na plataforma SIGSC. **Secretária de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável - SDE**. - Florianópolis, SC. Disponível em: <http://sigsc.sc.gov.br/1_Metadados_Matriciais_v1.pdf> Acesso em: 21 de maio de 2023.

SILVA, E. J. R.; RANGEL, M. P.; CAMPOS, P. C. O. Análise altimétrica de baixo custo para projeto básico em levantamento geométrico de rodovia existente. **In: Anais do 34º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte da ANPET**, p. 2684-2691. Evento 100% Online, 2020

SILVA, I.; SEGANTINE, P. C. L. Topografia para Engenharia - Teoria e Prática de Geomática. Rio de Janeiro: **Elsevier Editora Ltda**, 2015. 412 p.

SIMEÃO, J. V. P.; MANZATO, G. G.; VIVIANI, E. Recursos de Geoprocessamento Aplicados à Análise da Declividade da Malha Cicloviária da Cidade de São Paulo. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 71, n. 1, p. 253-273, 2019. DOI: 10.14393/rbcv71n1-2208

SOBRINHO, T.A.; OLIVEIRA, P. T. S.; RODRIGUES, D. B. B.; AYRES, F. M. Delimitação automática de bacias hidrográficas utilizando dados SRTM. **Engenharia Agrícola**, [S.L.], v. 30, n. 1, p. 46-57, fev. 2010. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-69162010000100005>.

TEIXEIRA, Renato Cardoso. BRITO, Gustavo Henrique Mendes. ANTUNES, Arlindo Modesto. ROCHA, Ivandro José de Freitas. Avaliação dos modelos digitais de elevação (MDE) derivados de imagens de sensoriamento remoto orbital. **Científica – Multidisciplinary Journal**. 2018. P 45-51.

TONELLO, K. C.; DIAS, H. C. T.; SOUZA, A. L.; RIBEIRO, C. A. A. S.; LEITE, F.P. Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães - MG. **Revista Árvore**, [S.L.], v. 30, n. 5, p. 849-857, out. 2006. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-67622006000500019>.