

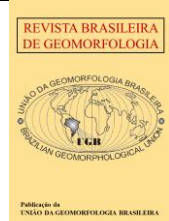


<https://rbgeomorfologia.org.br>
ISSN 2236-5664

Revista Brasileira de Geomorfologia

v. 23, nº 2 (2022)

<http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v23i2.2196>



Nota técnica

Álgebra de mapas em publicações da Revista Brasileira de Geomorfologia: período entre 2001 e 2020

Map algebra in papers of the Brazilian Journal of Geomorphology: interval between 2001 and 2020

Eduardo Souza de Moraes¹, Diogo Yukio Uema² e Otávio Cristiano Montanher¹

¹ Universidade Estadual de Maringá, Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente (GEMA), Departamento de Geografia, Maringá, Brasil. esmorais2@uem.br; otaviocmontanher@yahoo.com.br.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0738-5532>; <http://orcid.org/0000-0002-1103-6995>.

² Universidade Estadual de Maringá, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Maringá, Brasil. dio.yk.u@gmail.com.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5072-0178>

Recebido: 18/01/2022; Aceito: 23/02/2022; Publicado: 06/04/2022

Resumo: A Geomorfologia é uma ciência com apoio em diversas técnicas, dentre as quais destaca-se o geoprocessamento. Para aferir a participação da álgebra de mapas no desenvolvimento das pesquisas em Geomorfologia realizou-se neste estudo uma avaliação das publicações que se utilizaram deste procedimento técnico na Revista Brasileira de Geomorfologia. O estudo avaliou o emprego da álgebra de mapas entre os anos de 2001 e 2020 e seu uso em diferentes áreas da Geomorfologia. Também foi verificado se no uso da álgebra de mapas foram empregadas metodologias previamente existentes ou se foram desenvolvidas novas metodologias. Por fim, também avaliamos as contribuições relativas às instituições, estados e autores. Os resultados apontam que, com exceção de dois anos em que se constatou ausência dessa aplicação, há uma regularidade no uso de álgebra de mapas para estudos de Geomorfologia ao longo destes 20 anos. Em termos absolutos, observa-se um aumento na última década nas pesquisas publicadas na RBG com o emprego da técnica, em correspondência, ao aumento na quantidade de publicações da revista. A área de Processos de Vertentes possui liderança no emprego desta técnica e a área denominada "Outros", que incluiu publicações sobre mapeamento geomorfológico e demais abordagens, ocupa a segunda colocação. A utilização da álgebra de mapas nos estudos de Geomorfologia é predominantemente baseada em metodologias já concebidas, advinda de produção científica concentrada em algumas universidades públicas e estados, porém com uma dispersão de pesquisadores que empregam à técnica. O estudo contribui para realçar o papel do geoprocessamento como importante ferramenta nas pesquisas em Geomorfologia.

Palavras-chave: Cientometria; Técnica, Geoprocessamento; Sistema de Informação Geográfica.

Abstract: Geomorphology is a science supported by several techniques, among which geoprocessing stands out. To assess the participation of this technique in the development of research in Geomorphology, this study carried out an evaluation of publications that used map algebra in the Brazilian Journal of Geomorphology. The study evaluated between the years 2001 and 2020 the production in that journal with the technique of map algebra and the use in different areas of Geomorphology. We also assessed whether the use of map algebra with previous methodologies or whether new methodologies were developed, as well as evaluated contributions related to institutions, states and authors. The results show that, with the exception of two years, there is a regularity in the use of map algebra for Geomorphology studies over these 20 years. In absolute terms, there has been an increase in the research published in the RBG in the last decade with the use of the technique, in correspondence, to the increase in the number of publications of the journal. The area of Slope Processes has leadership in the use of this technique and the area named "Others", which included publications on geomorphological mapping and other

approaches, occupies the second place. The use of map algebra in Geomorphology studies is predominantly based on methodologies already conceived, resulting from scientific production concentrated in some public universities and states, but with a dispersion of researchers who employ this technique. The study contributes to highlight one of techniques of geoprocessing as an important tool to the Geomorphology research.

Keywords: Scientometry; Technique, Geoprocessing, Geographic Information System.

1. Introdução

A Geomorfologia tem como uma das principais características o arcabouço teórico e metodológico fundamentado em bases multidisciplinares. As abordagens utilizadas para se investigar os problemas geomorfológicos são diversas e incluem técnicas do âmbito da Geologia, Cartografia, Química e Ecologia, por exemplo. Outra característica das pesquisas em Geomorfologia é o uso de técnicas que são intimamente atreladas ao desenvolvimento tecnológico (VILLES, 2016). Nesse sentido, substanciais avanços na Geomorfologia ao longo das últimas décadas decorreram do progresso do geoprocessamento e do sensoriamento remoto (WOHL et al., 2016). Assim, reavaliações de teorias geomorfológicas bem como a construção de novos modelos de investigação científica foram possíveis graças ao aumento na capacidade de processamento de dados, criação de algoritmos, oferta de novos satélites/sensores e a maior disponibilidade de acesso aos dados cartográficos (CHURCH, 2010; SOFIA, 2020).

As aplicações de geoprocessamento direcionadas a Geomorfologia frequentemente envolvem a álgebra de mapas. O conceito de álgebra de mapas foi introduzido na década de 1970 por Tomlin e Berry (1979) para descrever um conjunto de convenções, recursos e técnicas para análise de dados cartográficos digitais (TOMLIM, 1994), que possuem tanto um sentido matemático quanto cartográfico e espacial (BARBOSA et al., 1998). O conceito desde então desenvolveu-se, com noções de geoprocessamento, cartografia, matemática e estatística e, comumente, refere-se a uma estrutura sistemática que organiza e processa operações matemáticas entre camadas de dados geoespaciais.

A álgebra de mapas é também conhecida como operação de modelagem cartográfica (FRENCH e LI, 2010) e possui entendimento distinto entre autores. Câmara et al. (2001a) apresentam um capítulo denominado “Álgebra de mapas” em que tratam de um extenso conjunto de operações realizadas com dados espaciais, que envolvem apenas uma camada de entrada, como o fatiamento de modelos numéricos do terreno e a classificação de imagens, quanto aquelas que envolvem várias camadas de entrada. Nessa definição incluem-se operações de diferentes naturezas (aritméticas, booleanas), aplicações com diferentes tipos de dados (geo-campos, geo-objetos, ou operações entre eles) e há menções aos termos “Análise Espacial de Dados Geográficos” e “Operações de Análise Geográfica” para se referir às técnicas abordadas. Esse conjunto amplo de tratamento e análise de dados espaciais, dentre os quais a álgebra de mapas é uma específica, também tem sido mencionado como análise geoespacial (FERREIRA, 2014).

Câmara et al. (2001b) mencionam o termo “análise geográfica” no contexto de geração de novos mapas a partir de bases de dados já existentes. Para estes autores, os dados já existentes são denominados como “evidências”, e como resultado da integração de toda a base são gerados planos de informação do tipo geo-campo. As várias formas com que os dados são combinados constituem um amplo campo de estudo, e são denominadas como “técnicas de inferência geográfica”.

Ainda pode ser feito um paralelo entre a definição de álgebra de mapas e a terminologia utilizada na cartografia temática nacional. No contexto desta área são definidos como mapas analíticos os mapas que apresentam temas específicos que constituem as bases elementares e os mapas de síntese são aqueles elaborados a partir de várias bases, que não apresentam os elementos em superposição, e sim um resultado da fusão entre as bases de entrada formada pelos mapas analíticos (MARTINELLI, 2016). Este último procedimento é similar ao entendimento de diversos autores sobre o conceito de álgebra de mapas.

Takeyama (1997) aponta que a álgebra de mapas envolve as operações para transformar camadas de entrada em uma nova camada com informações úteis ao usuário. De um modo sucinto, Pistocchi (2014) define a álgebra de mapas como a aplicação de expressões algébricas dos valores de cada pixel com referência geográfica com uso de mapas de entrada. É ainda, entendida simplesmente por Liu e Manson (2016) como um modo de descrever cálculos entre camadas de dados em SIG, de acordo com alguma expressão matemática, para produzir uma nova camada.

Essa técnica representativa do geoprocessamento, tem possibilitado avanços sobre o entendimento das formas de relevo e seus respectivos processos em diversas áreas e escalas Geomorfologia.

Estudos recentes têm buscado avaliar o panorama brasileiro da Geomorfologia (OLIVEIRA e SALGADO, 2013; SALGADO e LIMOEIRO, 2017), de áreas específicas da Geomorfologia (BARROS e REIS, 2019), a atuação das pós-graduações em estudos de Geomorfologia (THOMAZ, 2019), porém, há ainda uma escassez de conhecimento sobre a contribuição das técnicas para a Geomorfologia. Neste contexto, o presente estudo teve o objetivo de investigar o uso da álgebra de mapas para as pesquisas em Geomorfologia no Brasil. Para isso foram avaliadas as publicações na Revista Brasileira de Geomorfologia (RBG) desenvolvidas com essa técnica entre os anos de 2001 e 2020. O estudo abordou questões como a distribuição em áreas da Geomorfologia, o modelo de utilização e a distribuição da utilização com relação as instituições, estados e autores. Essa análise da produção científica de Geomorfologia com o uso de álgebra de mapas apresenta o desenvolvimento do conhecimento geomorfológico recente com o emprego dessa técnica de geoprocessamento.

2. Materiais e Métodos

A análise dos artigos publicados na RBG com emprego de álgebra de mapas estendeu-se entre os anos de 2001 e 2020. Para fins de procedimentos metodológicos delimitou-se neste estudo o entendimento, similar ao preconizado por Pistocchi (2014) e Manson (2016), de que álgebra de mapas consiste em operações matemáticas entre camadas de dados geoespaciais, matriciais ou vetores, que resulta em uma nova camada de dados geoespaciais. Índices com uso de apenas uma camada bem como interpolações, como krigagem, por também envolverem apenas uma camada, não foram considerados como álgebra de mapas. A obtenção de novas camadas a partir de simples sobreposições de informações geográficas e a utilização da dados secundários de álgebra de mapas também não foram considerados.

Os artigos com o uso de álgebra de mapas foram classificados entre as oito áreas da Geomorfologia definidas por Salgado & Limoeiro (2017). Como salientado por estes autores é importante ressaltar que diversos artigos transitam entre essas temáticas, dificultando a classificação e demandando, ocasionalmente, uma definição arbitrária da área de maior afinidade da publicação. A análise classificou os trabalhos entre aqueles que utilizaram a álgebra de mapas como procedimento metodológico (replicação metodológica) e aqueles que obtiveram a álgebra de mapas como resultado da pesquisa (p. ex. proposição de índice). A pesquisa também analisou a variação temporal do uso de álgebra de mapas e a distribuição desse tipo de publicação entre estados, instituições e pesquisadores, neste último caso contabilizou-se apenas o primeiro autor do estudo.

3. Resultados e Discussão

A RBG apresentou um total de 582 publicações entre os anos de 2001 a 2020 e neste estudo constatou-se que a álgebra de mapas foi utilizada em 85 trabalhos (Fig. 1), alcançando uma participação média anual de 15% ao longo das duas décadas de análise. Esta participação da álgebra de mapas reitera o desenvolvimento das pesquisas em Geomorfologia atreladas ao uso do geoprocessamento (Silva, 2000; Bishop, 2013). A avaliação temporal do emprego da álgebra de mapas em publicações na RBG demonstra dois períodos distintos. Entre os anos de 2001 e 2011 a quantidade de publicações com esta técnica variou entre 0 e 4. No período seguinte (2012-2020), com exceção do ano de 2018, ocorreram mais de quatro publicações por ano com álgebra de mapas. Notou-se que no ano de 2020 houve a maior quantidade de publicações com esta técnica, seguido dos anos de 2019, 2017 e 2012 (Fig. 1).

Proporcionalmente, há uma regularidade no emprego desta técnica em publicações da RBG, os anos que apresentaram os maiores valores foram 2020 (26%), 2007 (23%) e 2012 (22%), porém no ano de 2007 houveram apenas 13 publicações totais na revista em contraste aos anos de 2012 e 2020 quando ocorreram, respectivamente, 41 e 39 publicações. Essa variação temporal está associada à quantidade de publicações anuais da RBG, pois observou-se que entre 2001 e 2010 houve uma menor quantidade de publicações totais no periódico (6-21). Na década seguinte, houve um aumento (>40 publicações), com exceção dos anos de 2011 e 2020, com 33 e 39 publicações, respectivamente. O aumento nas publicações da RBG foi reportado, preliminarmente, para o período entre 2000 e 2015 (Salgado e Limoeiro, 2017).

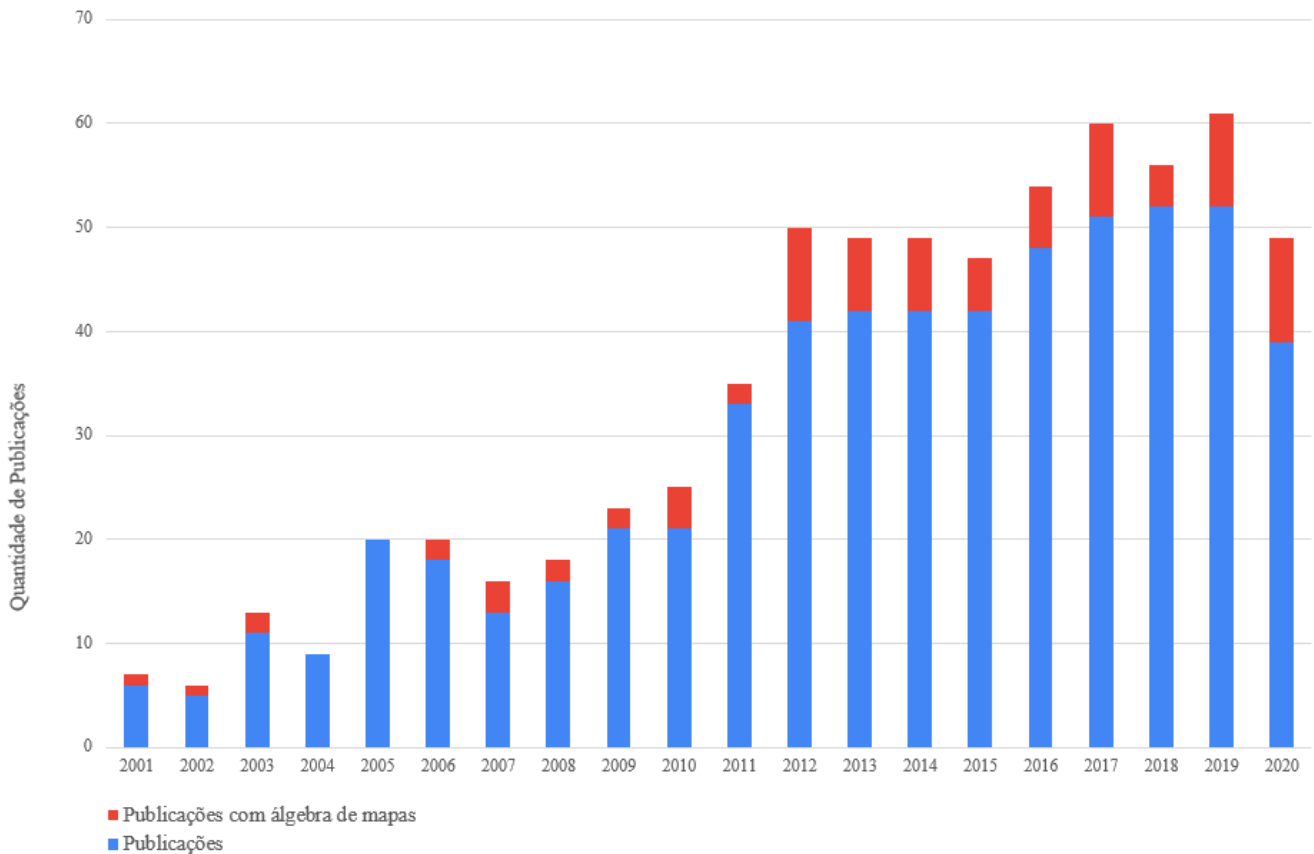


Figura 1. Variação anual de publicações na RBG com álgebra de mapas.

A Tabela 1 demonstra que houve o emprego de álgebra de mapas em publicações de todas as áreas da Geomorfologia na RBG, com exceção das áreas de Geomorfologia de Ambientes Cársticos e Discussões Teóricas. Nota-se que as publicações na área de Processos de Vertentes respondem por quantidade próxima da metade dos trabalhos com o uso de álgebra de mapas na RBG. Essa foi uma das áreas mais produtivas da Geomorfologia brasileira entre 2006 e 2015 (Oliveira e Salgado, 2013; Salgado e Limoeiro, 2017) e foi também detentora de parte notável da produção em Geomorfologia de pós-graduações brasileiras entre 2005 e 2016 (Thomaz, 2019). Secundariamente, há à área denominada de “Outros”, que reúne abordagens, majoritariamente, de estudos sobre técnicas de mapeamento e, em menor quantidade, de Geomorfologia Aplicada. A área de Evolução Regional do Relevo situa-se na terceira posição com 10 publicações com uso de álgebra de mapas. Esta foi uma das áreas mais produtivas da Geomorfologia entre 2010 e 2015 (Salgado e Limoeiro, 2017) e destacou-se com o crescente aumento durante o período de análise da produção de Geomorfologia em pós-graduações do Brasil (Thomaz, 2019). Em seguida, com pequena e equivalente participação, há as áreas de Geomorfologia Fluvial e Geomorfologia Costeira e Submarina, e posteriormente, à área de Geomorfologia de Ambientes Glaciais e Peri-Glaciais.

Tabela 1. Quantidade de publicações com álgebra de mapas por área da Geomorfologia na RBG.

Áreas	Publicações	Percentual (%)
Evolução regional do relevo (ERR)	10	13
Geomorfologia de ambientes glaciais e peri-glaciais (GAG)	2	2
Geomorfologia fluvial (GF)	7	8
Geomorfologia costeira e submarina (GCS)	7	8
Geomorfologia de ambientes cársticos (GAC)	0	0
Discussões teóricas (DT)	0	0

Processos de vertentes (PV)	40	47
Outros	19	22
Total	85	100

A análise temporal de publicações com álgebra de mapas por áreas da geomorfologia (Fig. 2) evidenciou uma trajetória relativamente similar ao observado com a quantidade de publicações totais com o uso desta técnica, com maior incremento na última década, em valores absolutos. Nesse cenário as áreas da Geomorfologia apresentam algumas características interessantes. A área de Processos de Vertentes apresentou a metade da quantidade de publicações com o uso da técnica entre os anos de 2012 e 2017. As áreas Evolução Regional do Relevo e Outros apresentaram uma frequência de ao menos um artigo por ano com uso desta técnica desde os anos de 2015 e 2016, respectivamente. As áreas de Geomorfologia Fluvial e Geomorfologia Costeira e Submarina apresentaram os primeiros artigos com uso desta técnica somente a partir dos anos de 2009 e 2013, respectivamente.

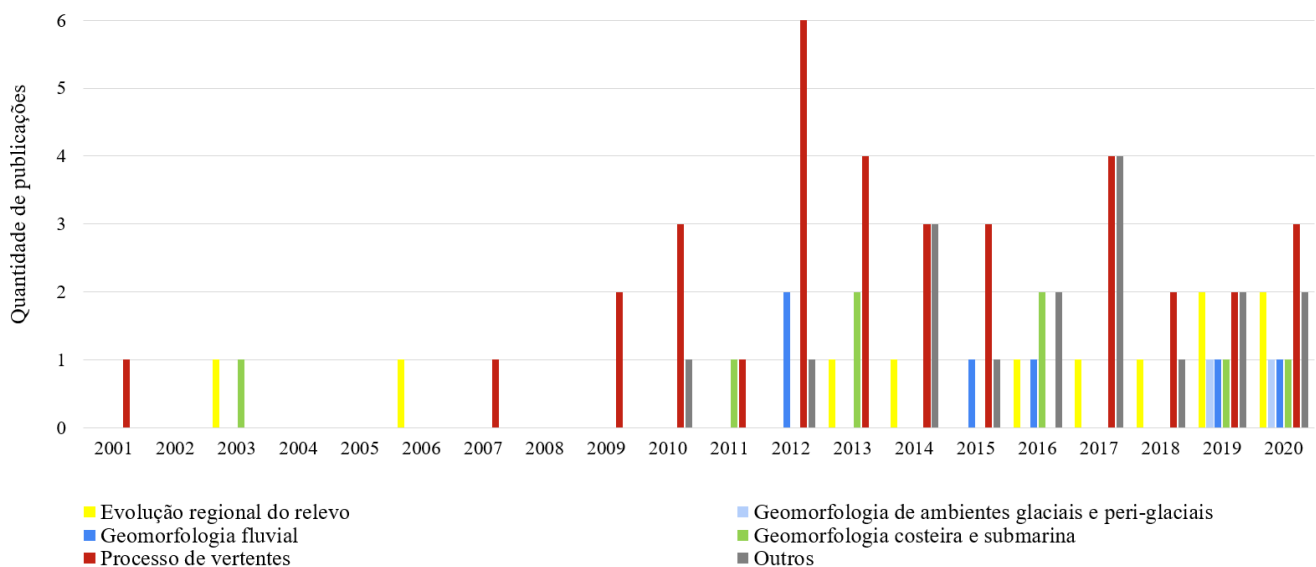


Figura 2. Variação temporal de publicações por áreas da Geomorfologia com uso de álgebras de mapas.

Dentre as 85 publicações com o uso de álgebra de mapas foi constatado que em 86% (73) esta técnica foi aplicada utilizando-se metodologias já existentes. Em apenas 14% (12) essa técnica constituiu-se como resultado de uma proposta metodológica (Fig. 3). Como exemplos, destacam-se, proposições de algoritmo para estimativa e monitoramento de material particulado em suspensão em zona costeira (Ferreira et al., 2013), índice de vulnerabilidade ambiental ao aumento relativo do nível médio do mar (Busman et al., 2016) e a automatização do índice de dissecação do relevo com uso de modelos digitais de elevação (Guimarães et al., 2017). Ainda com relação ao emprego da técnica no âmbito da estrutura científica das publicações, notou-se que em 15% das publicações (13) a álgebra de mapas também foi utilizada na seção de caracterização da área em estudo. Aqui destaca-se a habilidade de alguns pesquisadores no uso de operações entre dados espaciais nessa etapa, o que aumenta, potencialmente, o detalhamento da caracterização da área em estudo.

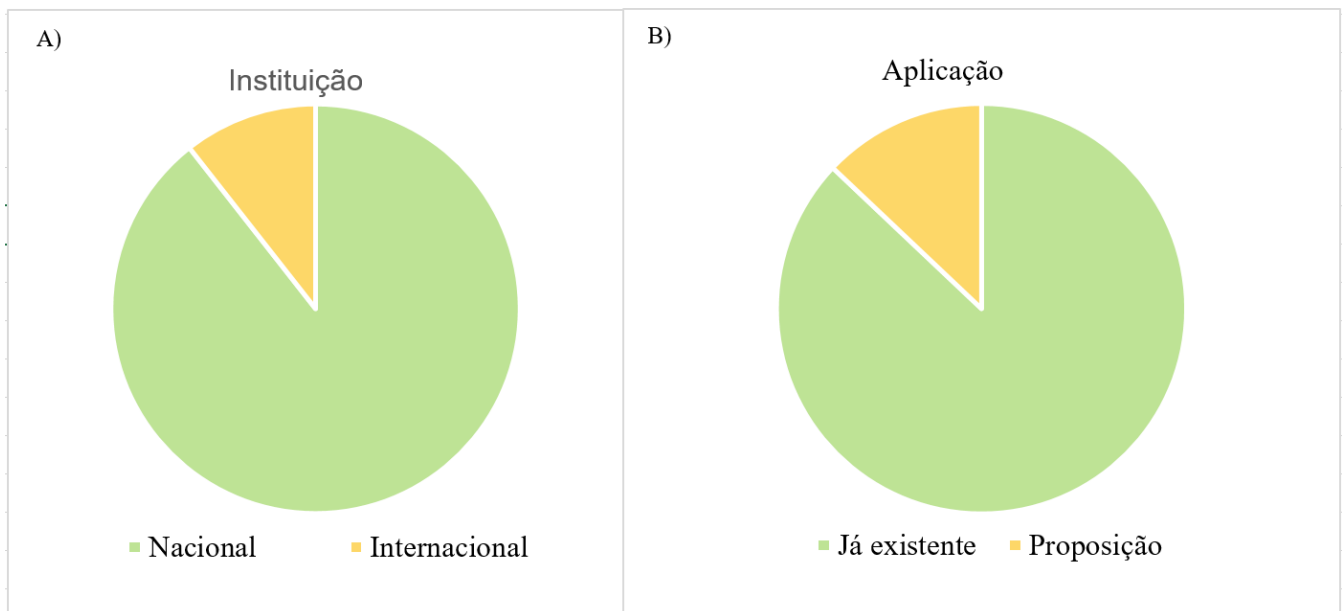


Figura 3. Publicações com álgebra de mapas na RBG conforme a origem da instituição do primeiro autor em a) e a originalidade da aplicação em b).

As instituições com maior quantidade de publicações são Universidade Federal do Rio de Janeiro e a Universidade Estadual Paulista, cada uma com sete publicações, e na segunda colocação, também empatadas, Universidade de Brasília e Universidade Federal do Paraná, com seis publicações cada (Fig. 4). A liderança destas quatro instituições representa 30% das publicações, e o restante é dividido entre outras 37 instituições. A maioria das instituições (27) ocupa a 6ª posição, com apenas uma publicação. Acrescenta-se que há participação de instituições internacionais (10%, Fig. 3), como as Universidades de Lisboa e Porto, cada uma com 3 publicações.

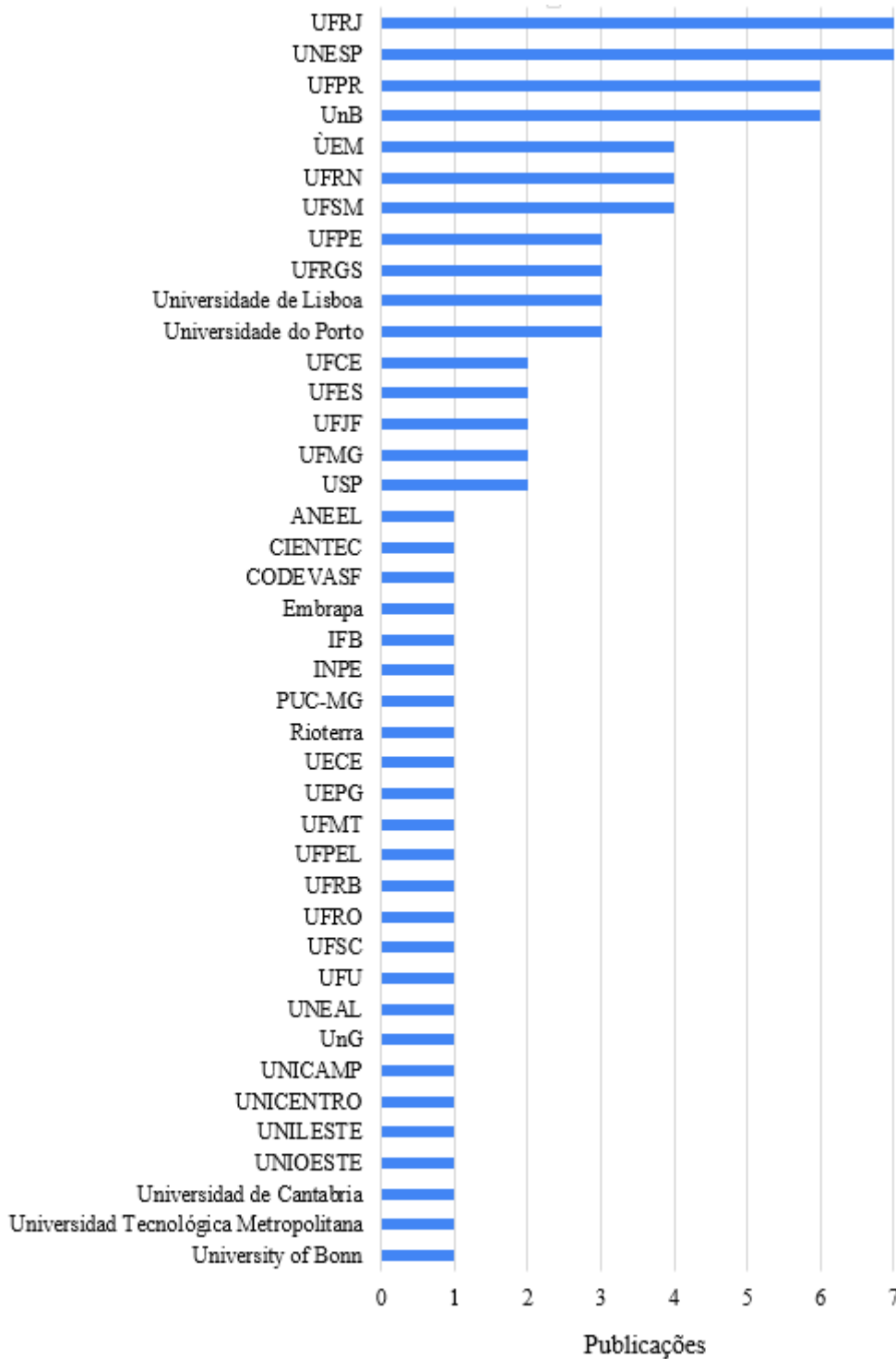


Figura 4. Quantidade de publicações com álgebra de mapas na RBG por instituição.

As publicações, cuja vinculação do primeiro autor foi com instituições nacionais, foram mapeadas conforme as unidades territoriais (Fig. 5). Nesse mapa é possível observar o predomínio das publicações vinculadas com instituições situadas nas regiões Sudeste, Sul e em menor proporção na região Nordeste. A região Norte foi a que apresentou a menor quantidade (2), e também chama atenção a quantidade baixa de publicações nos estados da região Centro-Oeste (1), desconsiderando o Distrito Federal.

As unidades territoriais com maior participação são PR (13), SP (12), DF (10) e RS (9). Note que esses estados que concentram 50% dessa da produção científica (Fig. 5) diferem-se em classificação com as unidades territoriais sede de instituições (Fig.4). No estado do Paraná a maior quantidade de publicações é explicada pelas contribuições

da Universidade Federal do Paraná (6) em conjunto com universidades estaduais do interior do estado, principalmente pela Universidade Estadual de Maringá (4) (Fig. 4). O estado de São Paulo consolida-se com contribuições da Universidade de São Paulo e o Distrito Federal possui vantagens de sediar diversas instituições governamentais de pesquisa. Em contraponto, o estado do Rio de Janeiro, de onde provém a instituição em primeira colocação, está na sexta posição.

Há uma pequena variação com a quantidade de publicações entre os autores, sendo sete autores ocupando as duas primeiras posições e 69 pesquisadores com apenas uma publicação. Essa dispersão de instituições e pesquisadores contrasta com lideranças de instituições e autores em algumas áreas da Geomorfologia (Oliveira e Salgado, 2013; Salgado e Limoeiro, 2017), mas principalmente ressalta o papel da técnica do geoprocessamento como instrumento para uma variedade de questões geomorfológicas. Como para a quantificação da deflação e movimentação horizontal de dunas (MITASOVA et al., 2005), para avaliação da perda de solos em unidades de relevo (SOUZA et al., 2020), bacias hidrográficas (RABELO et al., 2019) e territórios (CEBECAUER e HOFIERKA, 2008), e para suscetibilidade ao deslizamento de vertentes (BRITO et al., 2017). Ainda, para mapeamento do risco de inundação (RIGHI e ROBAINA, 2012), detecção de mudanças e morfologias (JANKE, 2013) e contextualização paleomorfológica (PETSCH et al., 2019) em glaciares, para morfologia do relevo submarino (PEREIRA e BONETTI, 2018), para mapeamento de dolinas em relevo cárstico (HOFIERKA et al., 2018), reconstituição paleotopográficas e paleogeográficas (ELEZ et al., 2016), processos tecnogênicos (SANTOS et al., 2017) e para aplicações geomorfológicas, como o trajeto de contaminantes (KINCEY et al., 2018).

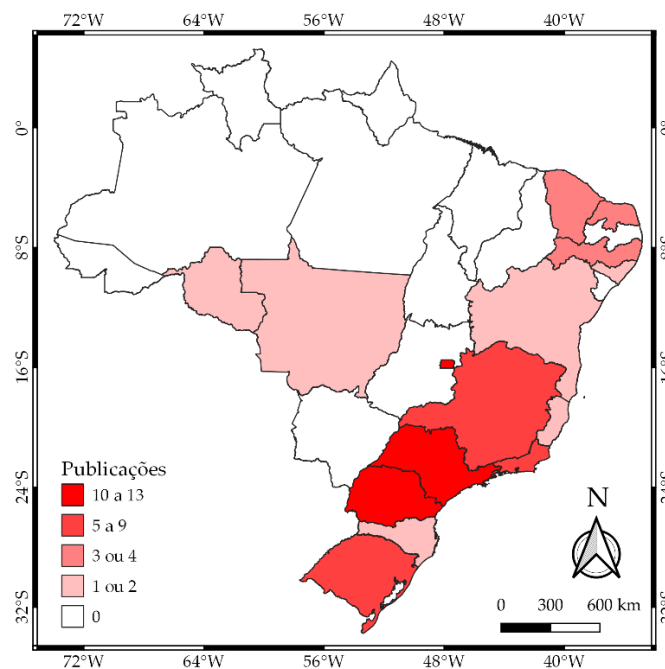


Figura 5. Distribuição das publicações com álgebra de mapas na RBG por unidade territorial.

5. Conclusões

As análises obtidas com as publicações entre os anos de 2001 e 2020 que utilizaram álgebra de mapas na RBG permitiram verificar a importância do geoprocessamento para a Geomorfologia brasileira. Essa técnica detém uma participação de 15% nas publicações durante o período em análise e apresentou aumento, em consonância ao registrado na revista, ao longo da última década. Dentre as áreas da Geomorfologia, destaca-se que Processos de Vertentes possui aproximadamente a metade das publicações com utilização da técnica. Demais áreas, como Evolução Regional do Relevo, Geomorfologia Fluvial e Geomorfologia Costeira e Submarina demonstram potencial com o emprego recente desta técnica. A distribuição de universidades e profissionais ressalta o reconhecimento nacional sobre o tema. A Geomorfologia brasileira pode avançar, em consideração ao período avaliado, em que predominaram estudos com a aplicação de procedimentos metodológicos previamente concebidos. Como propositura deste contexto, destacamos a potencial incorporação de teorias e métodos clássicos da Geomorfologia com aplicação dessa técnica, permitindo que testes sejam realizados com maior volume de

dados. Deste modo, a álgebra de mapas demonstra uma notória contribuição para questionamentos geomorfológicos e um potencial para fomentar investigações inovadoras.

Contribuições dos Autores: Concepção, Morais.; metodologia, Morais. Uema.; software, Morais. Uema.; validação, Morais. Uema. Montanher.; análise formal, Morais. Uema. Montanher.; pesquisa, Morais. Uema.; preparação de dados, Uema.; escrita do artigo, Morais.; revisão, Uema. Montanher. Todos os autores leram e concordaram com a versão publicada do manuscrito". A autoria deve ser limitada àqueles que tenham contribuído substancialmente para o trabalho relatado.

Conflito de Interesse: "Os autores declaram não haver conflito de interesse".

Referências

1. BARBOSA, C. **Operadores zonais em álgebra de mapas e sua aplicação a zoneamento ecológico econômico**, 1998. ISBN 85-17-00015-3.
2. BARROS, L. F. D. P.; DOS REIS, R. A. P. A PRODUÇÃO CIENTÍFICA EM GEOMORFOLOGIA FLUVIAL. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 20, n. 3, p. 673-680, 2019. ISSN 2236-5664.
3. BISHOP, M.P. Remote sensing and GIScience in geomorphology: Introduction and overview. In: J. Shroder (editor in chief), M.P. Bishop (ed.), *Treatise on Geomorphology*. Vol. 3. **Remote Sensing and GIScience in Geomorphology**. Academic Press, San Diego: 1-24. 2013. DOI: 10.1016/B978-0-12-374739-6.00050-6.
4. BRITO, M. M.; WEBER, E. J.; SOUZA FILHO, L. C. P. D. ANÁLISE MULTI-CRITÉRIO APLICADA AO MAPEAMENTO DA. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 18, n. 4, p. 719-735, 2017. ISSN 2236-5664.
5. BUSMAN, D. V.; AMARO, V. E.; SOUZA-FILHO, P. W. M. Análise estatística multivariada de métodos de vulnerabilidade física em zonas costeiras tropicais. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 17, n. 3, p. 499-516, 2016.
6. CÂMARA, G.; BARBOSA, C.; CORDEIRO, J.P.; LOPES, E.; FREITAS, U.M.; LUCENA, I. Álgebra de mapas. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A.M.V. (org.). **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001a. p. 211-240.
7. CÂMARA, G.; MOREIRA, F.R.; BARBOSA, C.; ALMEIDA FILHO, R.; BONISH, S. Técnicas de inferência geográfica. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A.M.V. (org.). **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001b. p. 241-288.
8. CEBECAUER, T.; HOFIERKA, J. The consequences of land-cover changes on soil erosion distribution in Slovakia. **Geomorphology - Elsevier**, v. 98, n. 3-4, p. 187-198, Junho 2008. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2006.12.035>.
9. CHURCH, M. The trajectory of. **Progress in Physical Geography**, v. 34(3), p. 265-286, 2010. DOI: 10.1177/0309133310363992.
10. ELEZ, J. SILVA, P. G.; HUERTA, P.; PERUCHA, MA.; CIVIS, J.; ROQUEIRO, E.; RODRÍGUEZ-PASCUA, M.; BARDAJÍ, T.; GINER-ROBLES, J.; MARTÍNEZ-GRANÁ, A. Quantitative paleotopography and paleogeography around the Gibraltar. **Geomorphology**, v. 275, p. 26-45, Setembro 2016. DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2016.09.023>.
11. FERREIRA, A. T. S.; AMARO, V. E.; SANTOS, M. S. T. Imagens do Aqua-Modis aplicadas à estimativa e monitoramento dos valores de material particulado em suspensão na plataforma continental do Rio Grande do Norte, nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 14, n. 3, p. 343-357, 2013.
12. FERREIRA, M. C. **Iniciação à análise geoespacial: teoria, técnicas e exemplos para geoprocessamento**. São Paulo: Editora UNESP, 2014. 343 p.
13. FRENCH, K.; LI, X. Feature-based cartographic modelling. **International Journal of Geographical Information Science**, 2010. 141-164, Vol. 24, No. 1. DOI: 10.1080/13658810802492462.
14. GUIMARÃES, F. S.; CORDEIRO, C. M.; BUENO, G. T.; CARVALHO, V. L. M.; NERO, M. A. Uma proposta para automatização do índice de dissecação do relevo. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 18, n. 1, p. 155-167, 2017.

15. HAMADA, E. Operações de álgebra de mapas em sistemas de informações geográficas para estimativa de aptidão agrícola das terras. **Embrapa Meio Ambiente - Artigo em anais de congresso. INPE**, 2007. ISBN: 2713-2720.
16. HOFIERKA, J.; GALLAY, M.; BANDURA, P.; SASAK, J. Identification of karst sinkholes in a forested karst landscape using **Geomorphology**, São Paulo, v. 308, p. 265-277, 2018. DOI <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2018.02.004>.
17. JANKE, J. R. Using airborne LiDAR and USGS DEM data for assessing rock glaciers. **Geomorphology**, v. 195, p. 118-130, 2013. DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2013.04.036>.
18. KINCEY, M.; WARBURTON, J.; BREWER, P. Contaminated sediment flux from eroding abandoned historical metal. **Geomorphology**, São Paulo, v. 319, p. 199-215, Agosto 2018. DOI <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2018.07.026>.
19. LIU, J. G.; MASON, P. J. **Image processing and GIS for remote sensing: Techniques and applications**. Second edition. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2016. ISBN: 978-1-118-72420-0.
20. MARTINELLI, M. **Mapas da geografia e cartografia temática**. São Paulo: Editora Contexto, 2016. 142 p.
21. MITASOVA, H.; HARMON, R.; WEAVER, K.; LYONS, N.; OVERTON, M. Scientific visualization of landscapes and landforms. **Geomorphology**, v. 137, p. 122-137, Junho 2012. DOI [doi:10.1016/j.geomorph.2010.09.033](https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2010.09.033).
22. PEREIRA, M. L. M.; BONETTI, J. CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA DO RELEVO SUBMARINO. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 127-147, 2018. ISSN 2236-5664.
23. PETSCH, C.; COSTA, R.; DA ROSA, K.; SIMÕES, J. GEOMORFOLOGIA GLACIAL E CONTEXTO PALEOGLACIOLÓGICO. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 20, n. 4, p. 795-809, 2019. ISSN 2236-5664.
24. PISTOCCHI, A. **GIS Based Chemical Fate Modeling: Principles and Applications**, n. John Wiley & Sons Ltda., 2014.
25. RABELO, D. R.; ARAÚJO, J. C. D. ESTIMATIVA E MAPEAMENTO DA EROSÃO BRUTA NA BACIA. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 20, n. 2, p. 361-372, 2019. ISSN 2236-5664.
26. RIGHI, E.; ROBAINA, L. E. D. S. RISCO À INUNDAÇÃO NO MÉDIO CURSO DO RIO URUGUAI:. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 13, n. 3, p. 279-286, 2012. ISSN 2236-5664.
27. SALGADO, A. A. R.; LIMOIRO, B. F. GEOMORFOLOGIA BRASILEIRA: PANORAMA GERAL DA. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, 2017. ISSN 2236-5664.
28. SANTOS, E. Q. D. G.; FERREIRA, A.; PELOGGIA, A.; SAAD, A.; OLIVEIRA, A.; SANTOS, M. TERRENOS E PROCESSOS TECNOLÓGICOS NA ÁREA DE PROTEÇÃO. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 18, n. 4, p. 825-839, Agosto 2017. ISSN 2236-5664.
29. SOFIA, G. Combining geomorphometry, feature extraction techniques and Earth-surface processes research: The way forward. **Geomorphology**, n. 355, 2020. DOI <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2020.107055>.
30. SOUZA, C. M.; FIGUEIREDO, N.; DA COSTA, L.; VELOSO, G.; ALMEIDA, M.; FERREIRA, E. MACHINE LEARNING ALGORITHM IN THE PREDICTION OF GEOMORPHIC INDICES FOR APPRAISAL THE INFLUENCE OF LANDSCAPE STRUCTURE ON FLUVIAL SYSTEMS, SOUTHEASTERN - BRAZIL / Algoritmo de aprendizado de máquina na predição de índices geomórficos para avaliação da infl. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 21, n. 2, p. 365-380, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v21i2.1671>.
31. TAKEYAMA, M. Building spatial models within GIS through Geo-algebra. **Transactions in GIS**, 1997. 245 - 256, V2, No 3. DOI: 10.1111/j.1467-9671.
32. THOMAZ, E. L. THE CHARACTERISTICS, IMPACTS AND. **Mercator**, Fortaleza, v. 18, 2019. ISSN:1984-2201.
33. TOMLIN, C. D. Map algebra: one perspective. **Landscape and urban planning**. 30., 1994. 3 - 12. DOI: 10.1016/0169-2046(94)90063-9.
34. TOMLIN, C. D.; BERRY. A mathematical structure for cartographic modeling in environmental analysis. **American Congress on Surveying and Mapping**, Falls Church. VA. Março 1979. 269-283.
35. TOMLIN, D. A Map Algebra. in **Proceedings of the 1983 Harvard Computer Graphics Conference**, Cambridge, MA, 1983.

36. VILES, H. Technology and geomorphology: Are improvements in data collection. **School of Geography and the Environment**, University of Oxford, Oxford, v. 270, p. 121-133, Julho 2016. DOI <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2016.07.011>.
37. WOHL, E.; BERMAN, P. R.; MONTGOMERY, D. R. Earth's dynamic surface: A perspective on. **The Geological Society of America: Earth's dynamic surface: A perspective on the past 50 years in geomorphology**, n. The Web of Geological Sciences: Advances, Impacts, and Interactions II: Geological Society of America Special Paper 523, 2016. DOI [doi:10.1130/2016.2523\(01\)](https://doi.org/10.1130/2016.2523(01)).



Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) – CC BY. Esta licença permite que outros distribuam, remixem, adaptem e criem a partir do seu trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que lhe atribuam o devido crédito pela criação original.