

UTILIZAÇÃO DO TERMO “BACIA DE ORDEM ZERO” NO BRASIL

USE OF THE TERM “ZERO ORDER BASIN” IN BRAZIL

USO DEL TÉRMINO “CUENCA DE ORDEN CERO” EN BRASIL

João Vicente Zancan Godoy

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Bento Gonçalves 9500, Porto Alegre/RS
eng.hid.joagodoy@gmail.com

Masato Kobiyama

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Bento Gonçalves 9500, Porto Alegre/RS
masato.kobiyama@ufrgs.br

Karla Campagnolo

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Bento Gonçalves 9500, Porto Alegre/RS
kbcampagnolo@gmail.com

Marina Refatti Fagundes

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Bento Gonçalves 9500, Porto Alegre/RS
marinarf95@hotmail.com.br

RESUMO

O termo "bacia de ordem zero" tem sido amplamente utilizado no mundo. Porém, no Brasil, o mesmo não obteve popularidade semelhante. Portanto, o presente trabalho buscou contextualizar a utilização desse termo, apresentando as tendências temporais e espaciais dos estudos no Brasil. No mundo, as bacias de ordem zero vêm sendo estudadas tendo como foco ambientes montanhosos e foram objeto principal em estudos na área da hidrogeomorfologia. O levantamento bibliográfico dos estudos brasileiros demonstrou que existe um crescimento no número de pesquisas sobre o tema e também que nas áreas de geomorfologia, hidrologia e ciência do solo é que ocorre maior interesse em realizar estudos em bacias de ordem zero. Os resultados permitem dizer também que este conceito ainda não está sendo bem explorado no país e que é necessário estudar bacias de ordem zero ainda mais, a fim de popularizar esse termo nas comunidades científicas do país e ainda acompanhar o crescente interesse na comunidade internacional.

Palavras-chave: Ambiente montanhoso; Hidrogeomorfologia; Cabeceira.

ABSTRACT

The term "zero-order basin" has been widely used around the world. However, in Brazil, it did not have similar popularity. Therefore, the present work sought to contextualize the use of this term, presenting the temporal and spatial trends of studies in Brazil. Worldwide, zero-order basins have been studied focusing on mountainous environments and have been the main object of studies in the area of hydrogeomorphology. The bibliographic survey of Brazilian studies showed that there is an increase in the number of researches on the subject and also that in the areas of geomorphology, hydrology and soil science, there is greater interest in carrying out studies in zero order basins. The results also allow us to say that this concept is still not being well explored in the country and that it is necessary to study zero order basins even more, in order to popularize this term in the country's scientific communities and also to keep up with the growing interest in the international community.

Keywords: Mountain environment; Hydrogeomorphology; Headwater.

RESUMEN

El término "cuenca de orden cero" se ha utilizado ampliamente en todo el mundo. Sin embargo, en Brasil, no tuvo una popularidad similar. Por lo tanto, el presente trabajo buscó contextualizar el uso de este término, presentando las tendencias temporales y espaciales de los estudios en Brasil. A nivel mundial, las cuencas de orden cero se han estudiado con enfoque en ambientes montañosos y han sido el principal objeto de estudios en el área de hidrogeomorfología. El relevamiento bibliográfico de estudios brasileños mostró que hay un aumento en el número de investigaciones sobre el tema y también que, en las áreas de geomorfología, hidrología y edafología, hay mayor interés en realizar estudios en cuencas de orden cero. Los resultados también nos permiten decir que este concepto aún no está siendo bien explorado en el país y que es necesario estudiar aún más las cuencas de orden cero, para poder popularizar este término en las comunidades científicas del país y también para mantenerse al día con la actualidad. creciente interés en la comunidad internacional.

Palabras clave: Entorno montañoso; Hidrogeomorfología; Cabeza del río.

1. INTRODUÇÃO

O conceito “bacia de ordem zero” foi desenvolvido por meio da análise de cartas topográficas, a partir da observação da presença de vales não canalizados (TSUKAMOTO, 1973). As bacias de ordem zero apresentam características singulares quando comparadas a outras unidades de relevo ou trechos de bacias hidrográficas, englobando conceitos de escoamento superficial, subsuperficial e transporte e produção de sedimentos, produção de solo, topografia, entre outras interconexões hidrológicas (HACK; GOODLETT, 1960; DUNNE; BLACK, 1970).

Topograficamente, as bacias de ordem zero ficam situadas à montante das bacias de primeira ordem ou nas laterais das bacias de segunda ou maior ordem, sendo comum demarcá-las em áreas declivosas e montanhosas (TSUKAMOTO; OHTA; NOGUCHI, 1982; SIDLE; GOMI; TSUKAMOTO, 2018). Elas são formadas por conjuntos de encostas, com a característica marcante de presença de uma encosta côncava em seu eixo central, conhecida como *hollow* (SIDLE; GOMI; TSUKAMOTO, 2018). Desta maneira, o armazenamento de água nos *hollows* existentes no eixo central das bacias de ordem zero contribui com o armazenamento e escoamento para perenização dos canais de primeira ordem.

A localização dentro das bacias hidrográficas e a convergência do escoamento nas bacias de ordem zero condicionam a ocorrência de escoamento efêmero que se dá, por definição, em vale não canalizado. Esta alternância do regime hídrico e da composição topográfica das bacias de ordem zero implica em diferentes comportamentos hidrológicos e sedimentológicos, já que em determinadas situações as bacias de ordem zero apresentam comportamento de encosta e em outras, comportamento de rede fluvial (TSUKAMOTO; OHTA; NOGUCHI, 1982; SIDLE; GOMI; TSUKAMOTO, 2018).

Em relação à geração de escoamento, em regiões de encostas naturais raramente se observa o escoamento hortoniano (DUNNE; BLACK, 1970; TANAKA et al., 1988). Em bacias de ordem zero o processo é semelhante pois, na maior parte do tempo, o escoamento é predominantemente subsuperficial e se dá por caminhos preferenciais. Nesse caso, o fluxo pela matriz do solo é pouco expressivo (TSUKAMOTO; OHTA, 1988, SIDLE et al., 2000). Sendo assim, a conectividade hidrológica das encostas e das bacias de ordem zero com a rede fluvial se dá por meio do escoamento subsuperficial (MacDONALD; COE, 2007).

Quanto à hidrogeomorfologia, as bacias de ordem zero fornecem, armazenam e transportam sedimentos de variadas características e granulometrias. Junto a isto, a alternância hidrológica destas bacias estimula mudanças nas redes fluviais e planícies situadas à jusante. Nesse sentido, os processos erosivos contribuem com diferentes sedimentos de acordo com sua magnitude (HACK; GOODLETT, 1960; GOMI; SIDLE; RICHARDSON, 2002; BENDA et al., 2005).

Como frequentemente estão situadas em regiões montanhosas e declivosas, as bacias de ordem zero sofrem constantes alterações no tamanho de sua área, bem como induzem mudanças paisagísticas a jusante. Assim, as bacias de ordem zero se tornam tema chave para a compreensão hidrológica (HACK; GOODLETT, 1960), hidrogeomorfológica (GOMI; SIDLE; RICHARDSON, 2002; BENDA et al., 2005), ecológica (SHERIDAN; SPIES, 2005) e geo-bio-hidrológica (KOBİYAMA; GENZ; MENDIONDO, 1998) em regiões montanhosas.

No Brasil, a maior ocorrência de áreas montanhosas está na região litorânea (KOBİYAMA et al., 2018), onde estão situadas várias das grandes cidades, embora existam regiões montanhosas no restante do território brasileiro. Para compreender os fenômenos naturais que causam alterações e danos ambientais, cabe destacar a presença de movimentos de massa, que apresentam grandes riscos à vida humana (KOBİYAMA; MICHEL; GEORL, 2019). Nesse sentido, na região costeira no Brasil, as características geográficas favorecem o estudo sobre bacias de ordem zero.

O termo “bacia de ordem zero” já foi amplamente utilizado na literatura mundial, servindo como ambiente de estudo da geração de escoamento, produção de sedimentos, deflagração de movimentos de massa, dinâmica ecológica e geomorfométrica (TSUKAMOTO; OHTA, 1988; BURGES; WIGMOSTA; MEENA, 1998; SIDLE et al., 2000; GOMI; SIDLE; RICHARDSON, 2002; SHERIDAN; SPIES, 2005; GRIEVE et al., 2018). No Brasil o termo é ainda pouco utilizado, sendo que o primeiro registro em periódico nacional foi em Moura, Peixoto e Silva (1991).

Desta forma, o presente trabalho busca apresentar o desenvolvimento do conceito “bacia de ordem zero” e as diferentes definições utilizadas ao longo de sua história, assim como sua utilização em trabalhos desenvolvidos no Brasil.

2. ASPECTOS BÁSICOS SOBRE “BACIA DE ORDEM ZERO”

2.1. Definições do termo

A primeira definição da bacia de ordem zero foi feita por Tsukamoto (1973), sendo descrita como uma área territorial mínima para convergência do escoamento. No decorrer dos estudos sobre o tema, foram incorporados aspectos geomorfológicos e hidrológicos para esta definição. Por exemplo, Tsukamoto, Ohta e Noguchi (1982) consideraram a bacia de ordem zero como um conjunto de encostas convergentes que estão à montante das cabeceiras dos canais de primeira ordem ou nas laterais da rede fluvial.

O Quadro 1 apresenta definições de bacias de ordem zero na bibliografia internacional, em que são utilizados parâmetros hidrológicos, sedimentológicos e geomorfológicos para realizar sua caracterização. Observa-se que existem diferentes definições, em que algumas vezes descrevem as bacias de ordem zero como sendo apenas um *hollow* e, em outros momentos, colocando-as como o conjunto de encostas que apresentam convergência do escoamento. De modo geral, a convergência do escoamento é uma característica comum apresentada em quase todas as definições, mesmo que de forma subjetiva, quando as apresentam como um *hollow*.

Quadro 1 – Definições do termo bacia de ordem zero na literatura internacional.

TRABALHO	DEFINIÇÃO
Hack e Goodlett (1960)	Conceito similar a ordem zero, apresentando que acima da cabeceira há um conjunto de encostas que realizam a convergência do escoamento superficial.
Tsukamoto (1973)	Área territorial mínima para convergência do escoamento.
Tsukamoto et al. (1982)	<i>Hollows</i> não canalizados com curvas de nível convergentes.
Tsukamoto e Minematsu (1987)	Unidades de relevo que ligam encostas com um canal, conectando os processos de encostas aos processos fluviais.
Dietrich, Reneau e Wilson (1987)	Está disposta a montante dos canais de primeira ordem onde há a convergência do escoamento.
Tsukamoto e Ohta (1988)	Unidade de encosta convergente, pois esta é simultaneamente encosta e canal. Uma das bacias experimentais considera que a ordem zero termina na cabeceira de um curso perene.
Gerrard (1993)	Utiliza o termo sem defini-lo, mas como sinônimo de <i>swales</i> e <i>hollows</i> .
Sidle et al. (1995)	Utiliza o termo sem defini-lo.
Oguchi (1997)	Conjunto de encostas convergentes em forma de <i>hollows</i> localizados acima da cabeceira de um canal perene de primeira ordem (TSUKAMOTO, 1973).
Burges, Wigmosta e Meena (1998)	Utiliza o termo sem defini-lo.
Sidle et al. (2000)	Ocorrem em regiões de cabeceiras, declivosas e com recorrência de escorregamentos tendendo a armazenar água subsuperficial.
Tsuboyama et al. (2000)	Não são canalizadas e apresentam escoamento esporadicamente.
Gomi, Sidle e Richardson (2002)	<i>Hollows</i> não canalizados com curvas de nível convergentes (TSUKAMOTO; OHTA; NOGUCHI, 1982).
Sheridan e Spies (2005)	Partes superiores de sistema da cabeceira, terminando no início das condições de primeira ordem.
Motomiya e Uwade (2008)	Largura maior que o comprimento do talvegue entre uma mesma curva de nível na escala de 1:25.000.
Kim, Sidle e Tsuboyama (2011)	<i>Hollows</i> geomórficos.
Londero et al. (2018)	Bacia convergente-côncava com a presença de canal efêmero em seu talvegue.
Sidle, Gomi e Tsukamoto (2018)	<i>Hollows</i> não canalizados com curvas de níveis convergentes.
Grieve et al. (2018)	Formas de terreno deposicionais, onde os sedimentos se acumulam nas porções côncavas (<i>hollows</i>) devido aos processos nas encostas adjacentes e laterais.
Cuomo e Guida (2021)	<i>Hollows</i> ficam no fundo das bacias de ordem zero.

Com base no Quadro 1, o presente trabalho define a bacia de ordem zero como um conjunto de encostas que convergem o escoamento superficial para uma região côncava lateralmente e longitudinalmente, sem necessariamente existir um canal entalhado no centro do vale.

2.2. Histórico da formulação do termo “bacia de ordem zero”

Como um dos primeiros trabalhos em bacias de cabeceira, Hack e Goodlett (1960) demonstraram a importância geomorfológica e ecológica de pequenas bacias hidrográficas compostas por um conjunto de encostas e um canal em seu exutório, e apresentaram visualmente uma bacia de cabeceira (Figura 1).

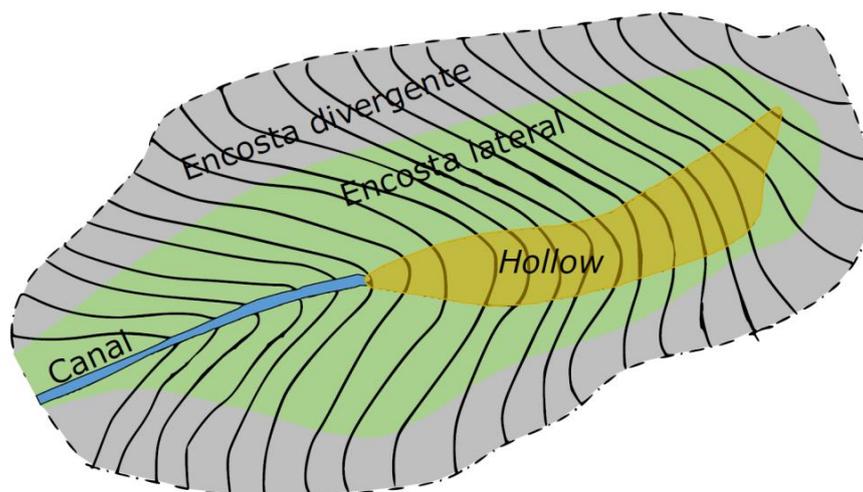


Figura 1 – Bacia de cabeceira proposta por Hack e Goodlett (1960). Adaptado de Sidle, Gomi e Tsukamoto (2018).

Aprimorando o conhecimento sobre bacias de cabeceira e incorporando o olhar hidrológico, o conceito de bacia de ordem zero foi proposto em um conjunto de oito obras intituladas "*Study on the growth of stream channel*" de (I) a (VIII) (TSUKAMOTO, 1973; TSUKAMOTO; YUMOTO, 1973; TSUKAMOTO; HIRAMATSU; SHINOHARA, 1973; TSUKAMOTO; KUSAKABE, 1973; TSUKAMOTO, 1974; TSUKAMOTO; MATSUOKA; KURIHARA, 1978; TSUKAMOTO; NOGUCHI; YAMAMOTO, 1978; TSUKAMOTO; NOGUCHI, 1979). Todos os trabalhos desta série foram escritos em japonês, o que vem dificultando a popularização do conceito e do termo. Segundo Okunishi (1996), essa série foi uma locomotiva para avançar a hidrogeomorfologia no Japão, estimulando muitos jovens a estudarem geomorfologia no país.

Quanto à morfologia, uma bacia de ordem zero apresenta dois ou três tipos de segmentos de encostas, onde na parte baixa a encosta apresenta micro topografia côncava, também conhecida como *hollows*; a parte superior é formada por encostas convexas, também chamadas de *noses* na literatura de língua inglesa, e formando assim os divisores de água; também pode ocorrer, entre esses dois segmentos, um segmento de encosta retilínea, chamado de encosta lateral (SIDLE; GOMI; TSUKAMOTO, 2018). Todavia, o que mais difere o conceito de bacia de cabeceira com a bacia de ordem zero é que a bacia de ordem zero não apresenta canal.

O conceito da classificação hierárquica foi criado a partir da adaptação da classificação de Strahler (1957). Entretanto, o conceito de bacia de ordem zero se encontra em um conjunto de encostas, as quais a topografia configura a convergência do escoamento superficial, enquanto Horton (1945) e Strahler (1957) utilizaram a classificação para a rede fluvial. Desta maneira, as bacias de ordem zero encontram-se hierarquicamente a montante das bacias de primeira ordem, de maneira que segundo Tsukamoto e Minematsu (1987) as bacias de ordem zero encontram-se a montante de canais de primeira ordem ou nas laterais de canais de primeira ordem ou de ordem superior. Todavia, as bacias de ordem zero podem não estar conectadas à rede fluvial (SIDLE; GOMI; TSUKAMOTO, 2018). Deste modo, as bacias de ordem zero podem estar conectadas a uma área plana ou outro conjunto de encostas na direção de jusante, sem necessariamente estarem conectadas de forma direta à rede fluvial.

Segundo Sidle, Gomi e Tsukamoto (2018) o termo bacia de ordem zero surgiu com a observação de mapas topográficos, onde foi observado que em meio as encostas existiam zonas de convergência, as quais possuem comportamento de encosta e de rede fluvial ao mesmo tempo (TSUKAMOTO; OHTA; NOGUCHI, 1982). Com o desenvolvimento dos estudos, percebeu-se a relevância destas bacias nos processos de geração de vazão, produção de sedimento, dinâmica ecológica, movimentos de massa e na geomorfologia de encostas e da rede fluvial (TSUKAMOTO;

OHTA; NOGUCHI, 1982; TSUKAMOTO; MINEMATSU, 1987; TSUKAMOTO; OHTA, 1988; SIDLE et al., 2000; GOMI; SIDLE; RICHARDSON, 2002; BENDA et al., 2005).

Em 1987 ocorreu um marco para a pesquisa de bacias de ordem zero. A *International Association of Hydrological Sciences* – IAHS realizou uma sessão especial onde o conceito “ordem zero” foi amplamente discutido (DIETRICH; RENEAU; WILSON, 1987). No ambiente científico, essa sessão sofreu muitas críticas. Uma delas é de que o estudo em áreas montanhosas não foi pioneiro em Tsukamoto (1973), pois Hack e Goodlett (1960) haviam discutido termos que serviram de embasamento para os demais trabalhos, tais como *hollow*.

Existem muitos termos para se referir a região côncava que compõe as bacias de ordem zero, por exemplo *hollow*, *swale*, anfiteatro, entre outros (DIETRICH; RENEAU; WILSON, 1987). Deste modo, os autores propuseram um novo termo, bacia de *hollows*, ao considerar que as áreas chamadas de bacia de ordem zero podem ser compostas por um conjunto de *hollows*. As bacias de ordem zero não são formadas apenas por um ou mais *hollows*, ou pelo eixo central do relevo em que há a convergência do escoamento, como nos chamados *swales*, ou anfiteatro. Todavia um anfiteatro é uma bacia de ordem zero, pois é composto por um conjunto de encostas que convergem o escoamento em sua parte mais baixa. Assim, uma bacia de ordem zero pode ser composta por mais de um anfiteatro ou por diferentes composições de encostas (TSUKAMOTO; MINEMATSU, 1987; SIDLE; GOMI; TSUKAMOTO, 2018).

Outra questão em divergência é o local da sua ocorrência. Sidle, Gomi e Tsukamoto (2018) consideram essa bacia como uma feição exclusiva de região montanhosa. Entretanto, outros trabalhos, tais como Burgues, Wigmosta e Meena (1998) e Londero et al. (2018), trataram-nas como regiões menos declivosas e realizaram estudos de geração de escoamento e sedimento em áreas rurais e suburbanas. Justamente por causa dessa divergência, Sidle, Gomi e Tsukamoto (2018) reaperceberam o conceito e sua evolução, mencionando a necessidade de estabelecer uma organização conceitual sistemática. Segundo esses autores, a cronologia dos estudos da bacia de ordem zero consiste em um total de 5 etapas: (i) o reconhecimento precoce de características morfológicas de bacias de ordem zero; (ii) ideias formativas de função hidrológica em bacias de ordem zero (década de 1960 e 1970); (iii) compreensão de caminhos de fluxo complexos em bacias de ordem zero (meados da década de 1970 ao início da década de 1990); (iv) reconhecimento das ligações entre geomorfologia e hidrologia para refinar a hidrogeomorfologia (início da década de 1990 à de 2000); e (v) questões de escala associadas a processos em bacias de ordem zero (final da década de 1990 à de 2000).

Com base na cronologia de Sidle, Gomi e Tsukamoto (2018) e considerando outros estudos apresentados no Quadro 1, o presente trabalho identificou 7 diferentes fases e construiu visualmente a cronologia dos estudos em bacias de ordem zero (Figura 2). Primeiro, realizou-se a compreensão do relevo em que ocorrem (TSUKAMOTO, 1973; TSUKAMOTO; OHTA; NOGUCHI, 1982; TSUKAMOTO; MINEMATSU, 1987; DIETRICH; RENEAU; WILSON, 1987), após analisou-se o comportamento hidrológico (TSUKAMOTO; OHTA, 1988) seguido então pela compreensão dos caminhos complexos do escoamento (TSUKAMOTO; OHTA, 1988; SIDLE et al., 1995). Após foram integrados os processos hidrológicos e geomorfológicos (BENDA, 1990; WU; SIDLE, 1995; OGUCHI, 1997) e foi analisada a conexão de diferentes escalas com a escala de bacias de ordem zero (SIDLE et al., 1995; SIDLE et al., 2000; TSUBOYAMA et al., 2000; GOMI; SIDLE; RICHARDSON, 2002). Recentemente, percebeu-se a necessidade de definir o termo bacia de ordem zero de forma mais precisa (SIDLE; GOMI; TSUKAMOTO, 2018), além de demonstrar morfometricamente como essas bacias se apresentam (GRIEVE et al., 2018).

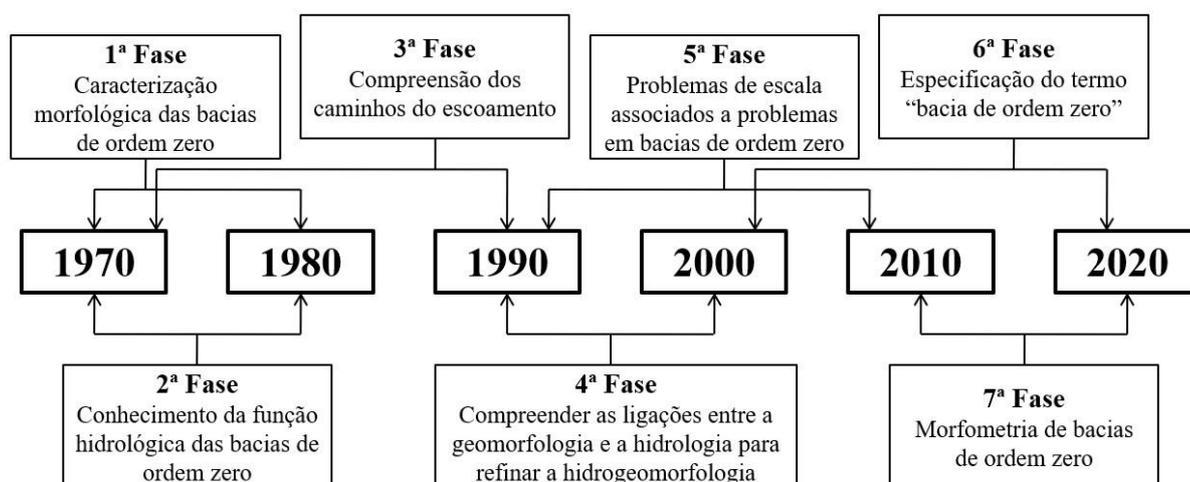


Figura 2 – Cronologia de 7 fases do estudo de bacias de ordem zero.

Um aspecto interessante na cronologia apresentada pela Figura 2 é que a 7ª fase é bem semelhante à 1ª fase. Isso pode acontecer no desenvolvimento de qualquer ciência, onde o foco da pesquisa se repete na história devido à diferentes condições em termos de tecnologias disponíveis para uso, interesses científicos, entre outros.

3. METODOLOGIA

A metodologia utilizada foi o levantamento bibliográfico. Nesse sentido, o presente trabalho considerou todas as pesquisas publicadas em forma de monografias (trabalhos de conclusão de curso (TCC), dissertações, teses), anais de eventos científicos e periódicos nacionais e internacionais que ao menos citem alguns dos seguintes termos: "bacia de ordem zero"; "drenagem de ordem zero"; "zero-order basin"; "zero-order catchment"; ou "zero-order watershed". Outra prerrogativa foi as pesquisas terem sido realizadas em bacias hidrográficas do território brasileiro. O levantamento utilizou a plataforma *Google Acadêmico* para o período compreendido entre 1992 a outubro de 2021.

4. RESULTADOS

4.1. Tendência temporal de publicações no Brasil

Os trabalhos que abordaram o termo "bacia de ordem zero" foram publicados em proporções quase iguais entre periódicos, anais de eventos e monografias. O Quadro 2 apresenta todos os trabalhos identificados, ressaltando algumas características importantes de cada um. Apenas dois trabalhos foram identificados, mas não inseridos no Quadro 2: Couto et al. (2018) e Dwelle et al. (2019). Isso ocorreu porque no estudo de Couto et al. (2018) o conceito relativo ao termo "zero-order basin" foi utilizado em um sentido bem diferente do que foi exposto anteriormente por outros trabalhos. Já no estudo de Dwelle et al. (2019), a bacia analisada está situada na região Amazônica, mas todos os autores são pesquisadores de instituições estrangeiras.

Quadro 2 – Síntese dos trabalhos publicados no Brasil que utilizaram o termo “bacia de ordem zero”.

Autores	Área de Formação	Subárea	Instituição	Tipo	Publicação
Moura, Peixoto e Silva (1991)	Geografia	Geomorfologia	UFRJ	Periódico	Revista Brasileira de Geociências
Avelar e Coelho Netto (1992)	Geografia	Geomorfologia	UFRJ	Periódico	Revista Brasileira de Geociências
Mediondo e Tucci (1997a)	Engenharia	Hidrologia	UFRGS	Periódico	Revista Brasileira de Recursos Hídricos
Mediondo e Tucci (1997b)	Engenharia	Hidrologia	UFRGS	Periódico	Revista Brasileira de Recursos Hídricos
Faria (1998)	Geografia	Hidrologia	UFRJ	Periódico	Revista Brasileira de Recursos Hídricos
Kobiyama, Genz e Mendiondo (1998)	Agronomia	Geo-bio-hidrologia	UFPR	Anais de evento	Fórum de Geo-bio-hidrologia
Kobiyama (2003)	Engenharia	Geo-bio-hidrologia	UFSC	Anais de evento	I Seminário de Hidrologia Florestal: Zonas Ripárias
Fritzsos (2003)	Engenharia	Qualidade da água	UFPR	Tese de doutorado	Universidade Federal do Paraná
Silva et al. (2003)	Geografia	Geomorfologia	UFRJ	Periódico	Geosul
Silva e Kobiyama (2004)	Engenharia	Hidrologia	UFSC	Anais de evento	Congresso Latino Americano de Hidráulica
Câmara (2004)	Engenharia	Qualidade da água	USP	Tese de doutorado	Universidade de São Paulo
Sacramento e Rego (2006)	Geografia	Gestão territorial	UEBA	Anais de evento	Simpósio Nacional de Geomorfologia
Paisani, Pontelli e Geremia (2006)	Geografia	Geomorfologia	UEOPR	Periódico	Raega - O Espaço Geográfico em Análise
Silva (2007)	Geografia	Geomorfologia	UFRJ	Periódico	Geo Uerj
Salemi (2009)	Ecologia	Hidrologia	USP	Dissertação de Mestrado	Universidade de São Paulo
Santos e Arruda (2010)	Geografia	Geomorfologia	UFSCar	Anais do evento	Simpósio Nacional de Geomorfologia
Cardoso et al. (2012)	Engenharia	Geomorfologia	UFSC	Anais de evento	Simpósio Brasileiro de Engenharia Ambiental
Lavarini (2014)	Geografia	Geomorfologia	UFMG	Dissertação de Mestrado	Universidade Federal de Minas Gerais
Lopes (2014)	Geologia	Desastres naturais	UFOP	Dissertação de Mestrado	Universidade Federal de Ouro Preto
Londero (2015)	Agronomia	Ciência do solo	UFMS	Dissertação de Mestrado	Universidade Federal de Santa Maria
Amorim (2015)	Geografia	Geomorfologia	UFPE	Tese de doutorado	Universidade Federal de Pernambuco
Guimarães, Albuquerque e Quirino (2015)	Geografia	Gestão territorial	UFMS	Periódico	GEOFRONTER
Schmitt e Moreira (2015)	Agronomia	Ciência do Solo	Faculdade Assis Gurgacz	Periódico	Revista Cultivando Saber

Autores	Área de Formação	Subárea	Instituição	Tipo	Publicação
Amorim, Corrêa e Silva (2016)	Geografia	Geomorfologia	UFPE	Periódico	Geografia
Dutra (2016)	Geografia	Geomorfologia	UFPEl	Anais de evento	Simpósio Nacional de Geomorfologia
Fernandes et al. (2016)	Geografia	Geomorfologia	UFRN	Anais de evento	Simposio Nacional de Geomorfologia
Mota (2017)	Engenharia	Hidrologia	UFRGS	Tese de doutorado	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Ferreira et al. (2017)	Geografia	Geomorfologia	UFMG	Anais de evento	Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada
Marangon (2017)	Geografia	Hidrologia	UFPR	Tese de doutorado	Universidade Federal do Paraná
Mota et al. (2017)	Engenharia	Hidrologia	UFRGS	Periódico	Engenharia Ambiental e Sanitária
Miyazaki (2017)	Geografia	Geomorfologia	UFU	Periódico	Espaço em Revista
de Barros, Corrêa e Tavares (2017)	Geografia	Geomorfologia	UFPE	Periódico	Clio Arqueológica
Schneider (2017)	Agronomia	Ciência do Solo	UFSM	Dissertação de Mestrado	Universidade Federal de Santa Maria
Marques (2017)	Geografia	Geomorfologia	UFMG	Dissertação de Mestrado	Universidade Federal de Minas Gerais
Pinto (2017)	Geografia	Geografia	UFAM	Dissertação de Mestrado	Universidade Federal do Amazonas
Zanandrea et al. (2018)	Engenharia	Desastres naturais	UFRGS	Anais de evento	Encontro Nacional de Desastres
Londero et al. (2018)	Agronomia	Ciência do solo	UFSM	Periódico	<i>Journal of Soil and Sediment</i>
Godoy (2018)	Engenharia	Geomorfologia	UFRGS	Trabalho de Conclusão de Curso	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Cardozo (2018)	Engenharia	Geomorfologia	UFRGS	Trabalho de Conclusão de Curso	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Salgado, Cherem e Sordi (2018)	Geografia	Geomorfologia	UFMG	Periódico	Estudos do Quaternário
Florentino e Machado (2018)	Geografia	Educação Ambiental	UEL	Anais de evento	Simpósio Nacional de Geografia e Gestão Territorial
Guareschi (2018)	Geografia	Geomorfologia	UFSM	Tese de Doutorado	Universidade Federal de Santa Maria
Magalhães Jr. et al. (2018)	Geografia	Geomorfologia	UFMG	Periódico	Revista Brasileira de Geomorfologia
Martíni (2018)	Agronomia	Ciência do Solo	UFPR	Dissertação de Mestrado	Universidade Federal do Paraná
Baceller (2019)	Geologia	Geomorfologia	UFOP	Anais do evento	<i>IAEG/AEG Annual Meeting Proceedings</i>
Marques, Magalhães Jr. e Oliveira (2019)	Geografia	Geomorfologia	UFMG	Periódico	Revista Brasileira de Geomorfologia

Autores	Área de Formação	Subárea	Instituição	Tipo	Publicação
Perez et al. (2019)	Engenharia	Hidrologia	UFSC	Anais de evento	Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos
Molinari e Carvalho (2019)	Geografia	Geomorfologia	UFAM	Periódico	Revista Franco-Brasileira de Geografia
Freitas (2020)	Agronomia	Ciência do Solo	UFSM	Dissertação de Mestrado	Universidade Federal de Santa Maria
Merten et al. (2020)	Engenharia	Hidrologia	<i>University of Minnesota Duluth</i>	Anais de evento	Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos
Corrêa e Monteiro (2020)	Geografia	Geomorfologia	UFPE	Periódico	Revista de Geomorfologia
Machado et al. (2021)	Geografia	Geomorfologia	UFMG	Periódico	Revista Brasileira de Geomorfologia
de Lima, Marçal e Corêa (2021)	Geografia	Geomorfologia	UFRJ	Periódico	Revista Brasileira de Geomorfologia
Pericinoto (2021)	Geografia	Geomorfologia	UTFPR	Dissertação de Mestrado	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Cardozo et al. (2021)	Engenharia	Geomorfologia	UFRGS	Periódico	Ciência e Natura
Didone, Minella e Piccilli (2021)	Agronomia	Ciência do solo	UFSM	Periódico	<i>International Soil and Water Conservation Research</i>
Londero et al. (2021)	Agronomia	Ciência do solo	UFSM	Periódico	<i>Hydrological Processes</i>
Siefert e Santos (2021)	Geografia	Geomorfologia	UFPR	Periódico	Revista Brasileira de Geomorfologia

A Figura 3 apresenta graficamente a produção anual dos trabalhos relacionados a bacias de ordem zero no Brasil, referente ao período compreendido entre 1991 e outubro de 2021. Embora o tema ainda não tenha grande destaque, é possível perceber que o número de pesquisas vem aumentando nos últimos anos.

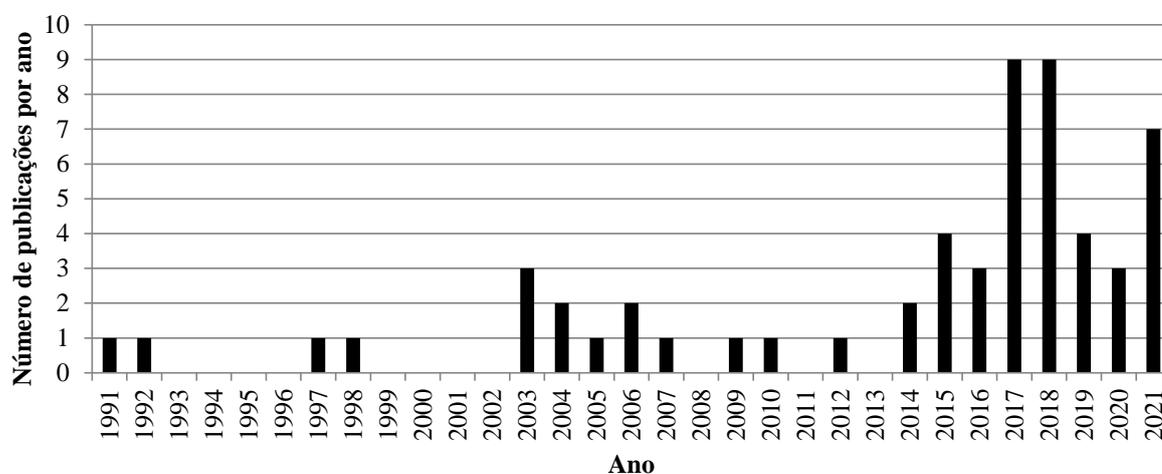


Figura 3 – Publicações sobre bacia de ordem zero no Brasil, de 1992 a outubro de 2021.

4.2. Caracterização geral das publicações no Brasil

Entre os trabalhos que utilizam do termo “bacia de ordem zero”, definiu-se a filiação do primeiro autor (Quadro 2), onde identificou-se 21 universidades empregando o termo, ao longo de quase trinta anos desde sua primeira aparição no país. O Quadro 3 demonstra que pesquisadores da área de geografia foram os que mais empregaram o termo bacia de ordem zero no país. Dentro da geografia, a subárea da geomorfologia foi predominante. Como ordem zero é conceitualmente uma extensão da hierarquização fluvial de Horton (1945) e Strahler (1957), a qual surgiu no tema da geomorfologia, esse resultado era naturalmente esperado. Em relação às subáreas, a Ciência do Solo, pertencente à Agronomia, é a segunda mais encontrada. O uso do solo nas bacias de ordem zero pode ser comumente relacionado à agricultura, pois, devido à concavidade, aumentam as preocupações relacionadas aos problemas de erosão e perda de solo, gerando interesse dos pesquisadores da Ciência do Solo. Salienta-se que o elevado número de artigos relacionados à Ciência do Solo é decorrente dos intensos trabalhos do grupo de pesquisa de sedimentos dentro da Agronomia da UFSM.

Quadro 3 – Contribuição de cada área no estudo de bacias de ordem zero no Brasil.

Área	No. de publicações		Subárea	No. de publicações	
	Absoluto	Porcentagem		Absoluto	Porcentagem
Geografia	31	53,4%	Geomorfologia	25	43,1%
			Hidrologia	2	3,4%
			Gestão territorial	2	3,4%
			Educação ambiental	1	1,7%
			Geografia	1	1,7%
Engenharia	15	25,9%	Hidrologia	7	12,1%
			Geomorfologia	4	6,9%
			Qualidade de água	2	3,4%
			Desastres naturais	1	1,7%
			Geo-bio-hidrologia	1	1,7%
Agronomia	9	15,5%	Ciência do Solo	8	13,8%
			Geo-bio-hidrologia	1	1,7%
Geologia	2	3,4%	Geomorfologia	1	1,7%
			Desastres naturais	1	1,7%
Ecologia	1	1,7%	Hidrologia	1	1,7%

O somatório de duas subáreas de hidrologia (uma da geografia e a outra da engenharia) confere um número de trabalhos igual àquele da Ciência do Solo, ou seja, um total de oito publicações. Assim, pode-se dizer que hidrologia e geomorfologia vêm realizando ativamente mais pesquisas acerca do conceito de bacias de ordem zero. Como esse conceito fica fortemente relacionado à abordagem de hidrogeomorfologia em nível internacional, o resultado do Quadro 3 implica que no Brasil haverá no futuro ainda mais estudos sobre bacias de ordem zero com abordagem hidrogeomorfológica.

Como Goerl, Kobiyama e Santos (2012) e Kobiyama, Campagnolo e Goerl (2021) apresentaram, a hidrogeomorfologia vem se tornando cada vez mais popular e importante, tanto na comunidade científica quanto para a sociedade. Paisani, Pontelli e Geremia (2006) analisaram a relação entre a orientação das fraturas e das bacias de ordem zero, verificando uma boa relação entre as duas características no planalto paranaense. No Mato Grosso do Sul, as áreas de drenagem acima das cabeceiras foram relacionadas muitas vezes a bacias de ordem zero (GUIMARÃES; ALBUQUERQUE; QUIRINO, 2015). Geógrafos também empregaram o termo ao trabalhar com gestão territorial. Sacramento e Rego (2006) apresentaram a bacia de ordem zero como uma das unidades da bacia hidrográfica, que é o agente integrador das paisagens, considerando aspectos físicos, sociais e bióticos.

Lopes (2014) analisou índices morfométricos, parâmetros hidrológicos e de sedimento de fundo em rios de cabeceira no quadrilátero ferrífero, localizados na porção leste de Minas Gerais. Desta maneira, o autor determinou a presença de fluxo de detritos em um passado geológico recente na região. É válido ressaltar que esse é o único trabalho realizado dentro da área da geologia no país que apresenta brevemente o termo bacia de ordem zero, explicando ainda a existência de processos hidrogeomorfológicos antigos na região, que atualmente poderiam deflagrar desastres naturais.

Por fim, salienta-se que boa parte dos trabalhos que utilizaram o termo “bacia de ordem zero” foi realizada em áreas montanhosas e/ou por pesquisadores que têm a proximidade com estes locais. Todavia, as bacias de ordem zero podem ser encontradas em todo território brasileiro. Além disso, como mencionado anteriormente, a preocupação com a erosão no setor agrícola é maior nas áreas menos montanhosas, o que resultou de estudos relacionados a atividades rurais, tais como agricultura ou silvicultura (FRITZSONS, 2003; CÂMARA, 2004; LONDERO, 2015; LONDERO et al., 2018).

5. DISCUSSÃO

O termo “bacia de ordem zero” se popularizou nas comunidades internacionais de hidrologia e de geomorfologia ao tratar assuntos como movimentos de massa, produção de sedimentos, dinâmica de habitats, transporte de nutrientes e produção de escoamento. No entanto, no Brasil a popularização deste termo não seguiu a mesma tendência.

Embora a primeira fase do estudo de bacias de ordem zero tenha se concentrado em determinar as feições morfológicas destas bacias (SIDLE; GOMI; TSUKAMOTO, 2018), o que aconteceu de forma similar entre as décadas de 1960 e 1970 no contexto internacional, no Brasil, essa fase iniciou apenas na década de 1990. As primeiras referências foram de Moura, Peixoto e Silva (1991) e Avelar e Coelho Netto (1992), que apresentaram a feição morfológica das bacias de ordem zero. Posteriormente, Mendiondo e Tucci (1997a, 1997b) colocaram como desafios da hidrologia a integração dos processos hidrológicos em diferentes escalas.

Após essa primeira fase, o próximo trabalho em que o termo foi encontrado foi em Kobiyama, Genz e Mendiondo (1998), que apresentaram o termo abordando a integração dos processos geo-bio-hidrológicos. Os autores colocaram a bacia de ordem zero como uma unidade integradora dos processos que ocorrem na lito, bio e hidrosfera, sendo que todos eles são conectados entre si. Desta maneira, o trabalho se colocou na fase das hipóteses integradoras dos processos, tanto de escala quanto na interação de processos em diferentes pontos de vista. Aqui considera-se que esse trabalho se encaixou na última fase do estudo de bacias de ordem zero segundo Sidle, Gomi e Tsukamoto (2018). Ainda, ao contribuir com a interação hidrológica sobre o meio biótico e geomorfológico e suas inter-relações, pode ser interpretado como uma complementação de Hack e Goodlett (1960), onde foi discutida pioneiramente a interação entre processos geomorfológicos e biológicos.

Abordando o conceito de área variável de contribuição proposto por Hewlett (1961), Kobiyama (2003) comentou que este não explica o dinamismo geomorfológico deste local e relacionou os conceitos de bacia de ordem zero e área variável de contribuição para a produção de sedimentos em zonas ripárias. Neste caso, na bacia de ordem zero que se daria a erosão superficial e subsuperficial, fonte de sedimentos para a rede fluvial. Kobiyama (2003) realizou a integração de processos geomorfológicos e hidrológicos, estando assim na quarta fase dos estudos de bacias de ordem zero, de acordo com Sidle, Gomi e Tsukamoto (2018).

No Brasil é comum a banalização do uso do termo sub-bacia e microbacias. Fritzsons (2003) destacou que estes dois termos também são confundidos com o termo bacia de ordem zero, utilizando as três definições como unidade territorial mínima. De fato, o termo bacia de ordem zero pode ser referido como unidade territorial mínima para convergência do fluxo (TSUKAMOTO, 1973), mas o ideal é procurar entender todos os aspectos geomorfológicos de uma bacia de ordem zero para melhor utilizar o termo, de modo que este carregue o significado dos processos hidrológicos,

geomorfológicos, sedimentológicos e ecológicos que ali ocorrem. O termo microbacia também pode ser considerado como unidade espacial mínima (SACRAMENTO; REGO, 2006), equivalendo-se assim a uma bacia de ordem zero, ao considerar a classificação hierárquica.

Câmara (2004) relatou que processos biológicos e hidrológicos de cabeceira ocorrem em diferentes unidades topográficas, entre elas nas bacias de ordem zero. Nesse estudo, o autor definiu as bacias de ordem zero como “depressões para onde converge a água da região de contorno, mas ainda sem um canal definido”.

Embora existam diversos termos para distinguir feições pertencentes às cabeceiras, nem todos os termos são destinados às mesmas feições. Paisani, Pontelli e Geremia (2006) ressaltam que muitos termos designados a diferentes feições geomorfológicas apresentados na literatura são utilizados para referir-se à cabeceira de drenagem. Já o termo cabeceira de drenagem é muito semelhante a cabeceira de canal, o qual deve ser referido necessariamente para a área superior ao início do canal, a qual possui morfologia própria (DIETRICH; DUNNE, 1993) e não se trata de uma bacia hidrográfica. Lopes (2014) ainda considerou que diversos termos além de cabeceira de drenagem são análogos a bacias de ordem zero, relacionando-os a canais de cabeceira, enquanto bacias de ordem zero não possuem canal.

Cardoso et al. (2012) consideraram as bacias de ordem zero ao realizar análises morfométricas em bacias embutidas e constataram estas contribuíram para o acréscimo da densidade e frequência de drenagem na região. Os autores ainda consideraram bacias de ordem zero como sendo o prolongamento dos canais de 1º ordem acima da cabeceira do canal, ou contribuições na lateral de canais, conforme proposto por Tsukamoto e Minematsu (1987). Como o início do canal muitas vezes coincide com a existência de nascentes, a água acaba escoando e entalhando o canal (DIETRICH; DUNNE, 1993). Sendo assim, as bacias de ordem zero são responsáveis por alimentar o escoamento das nascentes (GUIMARÃES; ALBUQUERQUE; QUIRINO, 2015). Cardoso et al. (2012) confirmaram também a aplicação das Leis de Horton, mesmo considerando na rede fluvial as bacias de ordem zero.

Mota et al. (2016) implementaram uma bacia experimental que possuía um conjunto de bacias de ordem zero. Em uma delas, foi instalado um sistema de monitoramento de tensiometria, além do monitoramento hidrológico no restante da bacia de segunda ordem. Desta forma, os autores coletaram diversos dados que ajudaram a compreender a transposição de escalas dos processos hidrológicos, tendo também as bacias de ordem zero como objeto de estudo. Em Mota (2017), a bacia de ordem zero monitorada por tensiometria foi considerada como uma encosta, semelhantes as demais, porém com comportamento hidrológico diferente. Esta consideração pode ter sido feita pelas feições geomorfológicas complexas e difíceis de serem mapeadas para caracterização das bacias de ordem zero, e se distingam assim de outras feições geomorfológicas, tais como, encostas, *hollows* e bacias de cabeceira.

Tsukamoto, Ohta e Noguchi (1982) demonstraram a importância do estudo de bacias de ordem zero no mecanismo de deflagração de movimentos de massa. Zanandrea et al. (2018) e Cardoso et al. (2021) estudaram uma série de escorregamentos ocorridos no município de Rolante/RS no ano de 2017 e perceberam que todas as cicatrizes de escorregamentos se localizavam em bacias de ordem zero. Godoy (2018) também utilizou áreas com histórico de escorregamento e fluxo de detritos para trabalhar com morfometria das bacias de ordem zero.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O termo “bacia de ordem zero” vem sendo utilizado no mundo principalmente com a finalidade de estudar hidrologia, geomorfologia e hidrogeomorfologia. O mesmo ocorre no Brasil, embora em ritmo muito menor. Historicamente, a abrangência de assuntos estudados a partir do termo bacia de ordem zero é muito inferior no contexto brasileiro, portanto há a necessidade de que se avancem as pesquisas com o tema no país.

A territorialidade brasileira possui vastas dimensões, com diferentes relevos e biomas. Análises morfológicas e de monitoramento hidrológico e sedimentológico podem diferir significativamente entre regiões, sendo necessária uma verificação de padrões. Além disto, é interessante que o termo seja explorado o suficiente no Brasil para que trabalhos nacionais popularizem o termo, preenchendo todas as etapas do estudo de bacias de ordem zero conforme mencionado por Sidle, Gomi e Tsukamoto (2018).

O conceito de bacia de ordem zero é por vezes utilizado de maneira dúbia, onde a terminologia não se encaixa perfeitamente. Neste contexto, o presente trabalho buscou conceituar o termo de modo que seja utilizado com maior confiabilidade. Neste sentido, a bacia de ordem zero é definida como um conjunto de encostas que convergem o escoamento superficial para uma região côncava lateralmente e longitudinalmente, sem existir um canal entalhado no centro do vale.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Programa Pró-Recursos Hídricos, Chamada nº 16/2017. Os autores agradecem ao CNPq pelas bolsas para essa pesquisa.

REFERÊNCIAS

- AMORIM, R.F. **Integração entre dinâmicas geomorfológicas multitemporais no planalto da Borborema, semiárido do NE do Brasil**. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015. 193p.
- AMORIM, R.F.; CORRÊA, A.C.B.; SILVA, D.G. Tempo e magnitude nos processos geomorfológicos. **Geografia**, v.41, n.1, p.17-31, 2016.
- AVELAR, A.S.; COELHO NETTO, A.L. Fraturas e desenvolvimento de unidades geomorfológicas côncavas no médio vale do rio Paraíba do Sul. **Revista Brasileira de Geociências**, v.22, p.222-227, 1992.
- BENDA, L. The influence of debris flows on channels and valley floors in the Oregon Coast Range, USA. **Earth Surface Processes and Landforms**, v.15, p.457-466, 1990.
- BENDA, L.; HASSAN, M.A.; CHURCH, M.; MAY, C.L. Geomorphology of steepheadwaters: the transition from hillslopes to channels. **Journal of the American Water Resources Association**, v.41, p.835-851, 2005.
- BURGES, S.J.; WIGMOSTA, M.S.; MEENA, J.M. Hydrological effects of land-use change in a zero-order catchment. **Journal of Hydrologic Engineering**, v.3, p.86-97, 1998.
- CÂMARA, C.D. **Critérios e indicadores para monitoramento hidrológico de florestas plantadas**. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004. 191p.
- CARDOSO, A.T.; GIGLIO, J.N.; KOBİYAMA, M.; GRISON, F. Morfometria de bacias embutidas na gestão de bacias hidrográficas-rio negrinho, SC. In: Simpósio brasileiro de engenharia ambiental, 7, 2012, Criciúma, **Anais**. Associação Brasileira de Engenharia Ambiental, 2012. 10p.
- CARDOSO, G.L. **Utilização da ferramenta r.randomwalk para a avaliação de movimentos de massa na bacia do rio Mascarada – RS**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018. 82p.
- CARDOZO, G.L.; ZANANDREA, F.; MICHEL, G.P.; KOBİYAMA, M. Inventário de movimentos de massa na bacia hidrográfica do rio Mascarada/RS. **Ciência e Natura**, v.43, e.31, 2021.
- CORRÊA, A.C.B.; MONTEIRO, K. Geomorphological dynamics of the elevated geosystems of the Borborema highlands, Northeast of Brazil, from optically stimulated luminescence dating of hillslope sediments. **William Morris Davis Revista de Geomorfologia**, v.1, n.1, p.162-185, 2020.

- COUTO, R.R. et al. Vulnerability to contamination by phosphorus in a zero-order basin with a high density of pigs and a history of slurry addition: extrapolation of an index. **Environmental Earth Sciences**, v.77, 144, 2018.
- CUOMO, A.; GUIDA, D. Hydro-geomorphologic-based water budget at event time-scale in a Mediterranean headwater catchment (Southern Italy). **Hydrology**, v.8, 20, 2021.
- DE BARROS, A.C.M.; CORRÊA, A.C.B.; TAVARES, B.A.C. controles estruturais sobre a sedimentação de fundo de vale na bacia do Riacho Grande/PB. **Clio Arqueológica**, v.32, n.3, p.1-36, 2017.
- DE LIMA, G.G.; MARÇAL, M.S.; CORRÊA, A.C.B. Conectividade fluvial no Planalto Sedimentar do Araripe, semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.22, P.625-640, 2021.
- DIDONE, E.J. MINELLA, J.P.G.; PICCILLI, D.G.A. How to model the effect of mechanical erosion control practices at a catchment scale? **International Soil and Water Conservation Research**, v.9, p.370-380, 2021.
- DIETRICH, W.E.; DUNNE, T. The channel head. In: BEVEN, K.; KIRKBY, M.J. (eds.) **Channel Network Hydrology**, New York: John Wiley, 1993. p.175-219.
- DIETRICH, W.E.; RENEAU, S.L.; WILSON, C.J. Overview: “Zero-order basins” and problems of drainage density, sediment transport and hillslope morphology. **IAHS Publication**, v.165, p.27-37, 1987.
- DUNNE, T.; BLACK, R.D. Partial area contributions to storm runoff in a small New England watershed. **Water Resources Research**, v.6, p.1296-1311, 1970.
- DUTRA, D.S. O mapeamento geomorfológico da área de influência do escudo cristalino, município de Pelotas/RS. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia, 11, 2016, Maringá, **Anais**. União da Geomorfologia Brasileira, 2016.
- DWELLE, M.C.; KIM, J.; SARGSYAN, K.; IVANOV, V.Y. Streamflow, stomata, and soil pits: Sources of inference for complex models with fast, robust uncertainty quantification. **Advances in Water Resources**, v.125, p.13–31, 2019.
- FARIA, A.P. A importância dos pipes na geração e no comportamento dos fluxos em pequenos canais fluviais. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.3, n.2, p.5-14, 1998.
- FERNANDES, A.A.; SANTOS, R.C.V.; BARROS, A.C.M.; TAVARES, B.A.C. Controles estruturais sobre a compartimentação do relevo do platô de Portalegre – RN. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia, 11, 2016, Maringá, **Anais**. União da Geomorfologia Brasileira, 2016.
- FERREIRA, L.L.B.; MAGALHÃES JR., A.P.; FELIPPE, M.F.; COSTA, F.C. Considerações sobre perdas geoquímicas em nascentes e sistemas fluviais de cabeceiras de drenagem na borda oeste do Espinhaço Meridional (Minas Gerais). In: Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 17, 2017, Campinas, **Anais**. 2017.
- FLORENTINO JR., E.; MACHADO, G. Roteiro geoturístico em Santo Antônio da Platina (PR) como instrumento para a educação ambiental. In: Simpósio Nacional de Geografia e Gestão Territorial, 1, 2018, Londrina, **Anais**. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 2018. p.308-322.
- FREITAS, L.R. **Dinâmica da água no solo em plantio direto com e sem terraço**. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2020. 46p.
- FRITZSONS, E. **Avaliação temporal da qualidade de água como diagnóstico do uso e ocupação das terras na bacia do Alto Capivari, Região cárstica curitibana**. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrária, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003. 190p.
- GERRARD, J. Soil geomorphology Present dilemmas and future challenges. **Geomorphology**, v.7, p.61-84, 1993.
- GODOY, J.V.Z. **Comparação da Lei de Hack entre bacias de ordem zero e bacias de primeira ordem**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Hídrica) - Universidade Federal de Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018. 66p.
- GOERL, R.F.; KOBİYAMA, M.; SANTOS, I. Hidrogeomorfologia: Princípios, conceitos, processos e aplicações. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.13, n.2, p.103-111, 2012.

GOMI, T.; SIDLE, R.C.; RICHARDSON, J.S. Understanding processes and downstream linkages of headwater systems: headwaters differ from downstream reaches by their close coupling to hillslope processes, more temporal and spatial variation, and their need for different means of protection from land use. **BioScience**, v.52, p.905-916, 2002.

GRIEVE, S.W.D.; HALES, T.C.; PARKER, R.N.; MUDD, S.M.; CLUBB, F.J. Controls on Zero-Order Basin Morphology. **Journal of Geophysical Research: Earth Surface**, v.123, p.3269–3291, 2018.

GUARESCHI, V.D. **Cabeceiras de drenagem no Planalto das Araucárias, bacia do rio Guassupi-RS: Distribuição espacial das depressões fechadas, controle estrutural e evolução geomorfológica**. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2018. 205p.

GUIMARÃES, V.D.C.J.; ALBUQUERQUE, M.B.I.P.; QUIRINO, P.B. Subsídios aos estudos para a delimitação das áreas de alimentação de nascentes: planalto de Maracaju - Campo Grande (BR-262 MS 080). **GEOFRONTER**, v.1, p.110-125, 2015.

HACK, J.T.; GOODLETT, J.C. **Geomorphology and forest ecology of a mountain region in the central Appalachians**. United States Government Printing Office, 1960. 66p.

HEWLETT, J.D. Watershed management. In: **USDA Forest Service Report**. Asheville: USDA, Southern Forest Experiment Station, 1961. p.61-66.

HORTON, R.E. Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geological Society of America Bulletin**, v.56, p.275-370, 1945.

KIM, K.; SIDLE, R.C.; TSUBOYAMA, Y. Modeling runoff dynamics from zero-order basins: implications for hydrological pathways. **Hydrological Research Letters**, v.5, p.6–10, 2011.

KOBIYAMA, M. Conceitos de zona ripária e seus aspectos geobiohidrológicos. In: Seminário de Hidrologia Florestal: Zonas Ripárias, 1, 2003, Alfredo Wagner, **Anais**. Florianópolis: Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, 2003. p.1-13.

KOBIYAMA, M.; GENZ, F.; MENDIONDO, E.M. Geo-Bio-Hidrologia. In: Fórum Geo-Bio-Hidrologia: estudo em vertentes e microbacias hidrográficas, 1, 1998, Curitiba, **Anais**. Curitiba: FUPEF, 1998. p.1-25.

KOBIYAMA, M.; CAMPAGNOLO, K.; GOERL, R.F. A hidrogeomorfologia como ferramenta para popularização e desenvolvimento de SABO no Brasil. **Revista Geográfica Acadêmica**, v.15, n.2, p.5-25, 2021.

KOBIYAMA, M.; MICHEL, G.P.; GOERL, R.F. Proposal of debris flow disasters management in Brazil based on historical and legal aspects. **International Journal of Erosion Control Engineering**, v.11, n.3, p.85-93, 2019.

KOBIYAMA, M.; GOERL, R.F.; FAN, F.M.; CORSEUIL, C.W.; MICHEL, G.P.; DULAC, V.F. Abordagem integrada para gerenciamento de desastres em região montanhosa com ênfase no fluxo de detritos. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v.7, n.esp, p.31-65, 2018.

LAVARINI, C. **Interações geomorfológicas entre bacias de cabeceira e vales fluviais principais: abordagem multiescalar na Bacia do Ribeirão Mata Porcos, Quadrilátero Ferrífero-MG**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014. 200p.

LONDERO, A.L. **Water and sediment loss in bowls order paired zero under direct planting with and without terrace**. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015. 156p.

LONDERO, A. L.; MINELLA, J. P.; DEUSCHLE, D.; SCHNEIDER, F. J.; BOENI, M.; MERTEN, G. H. Impact of broad-based terraces on water and sediment losses in no-till (paired zero-order) catchments in southern Brazil. **Journal of Soils and Sediments**, v.18, p.1159-1175, 2018.

LONDERO, A.L.; MINELLA, J.P.G.; SCHNEIDER, F.J.A.; DEUSCHLE, D.; MERTEN, G.H.; EVRARD, O.; BOENI, M. Quantifying the impact of no-till on runoff in southern Brazil at hillslope and catchment scales. **Hydrological Processes**, v.35, n.7, e14286, 2021.

LOPES, L.C.F.L. **Investigação dos depósitos fluviais e de encosta em bacias de cabeceira do alto Rio das Velhas**

(MG): subsídios para avaliação da suscetibilidade a fluxos de detritos. Tese (Doutorado em Geotecnia) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2014. 150p.

MacDONALD, L.H.; COE, D. Influence of headwater streams on downstream reaches in forested areas. **Forest Science**, v.53, p.148-168, 2007.

MACHADO, H.A.; OLIVEIRA, F.S.; OLIVEIRA, C.V. Gênese e inserção na paisagem das couraças ferruginosas (cangas) no Maciço da Pedra Rachada, Quadrilátero Ferrífero, MG. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.22, n.1, p.79-102, 2021.

MAGALHÃES JR., A.P.; FERREIRA, L.L.B.; FELIPPE, M.F.; COSTA, F.C.; HORN, A.H. Relação entre perdas geoquímicas e configuração geomorfológica de bacias fluviais de baixa ordem na borda oeste do Espinhaço Meridional (Minas Gerais). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.19, n.2, p.303-319, 2018.

MARANGON, F.H.S. **Hidrogeomorfologia de bacias de zero-ordem e ocorrência de nascentes.** Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2017. 105p.

MARQUES, C.P.M. **Hidrogeomorfologia da Ilha da Trindade: Fatores físicos condicionantes da única rede hidrográfica permanente nas ilhas oceânicas brasileiras.** Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017. 124p.

MARQUES, C.P.M.; MAGALHÃES JR., A.P.; OLIVEIRA, F.S. Hidrogeomorfologia da Ilha da Trindade: A única rede hidrográfica permanente nas ilhas oceânicas brasileiras. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.20, n.2, p.317-338, 2019.

MARTINI, A.F. **Uso e manejo do solo: Impactos na qualidade da água em microbacias hidrográficas agrícolas na região sul do Brasil.** Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2018. 39p.

MENDIONDO, E.M.; TUCCI, C.E. Escalas hidrológicas II: Diversidade de processos na bacia vertente. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.2, p.81-100, 1997a.

MENDIONDO, E.M.; TUCCI, C.E. Escalas hidrológicas III: hipótese integradora de processos na bacia vertente. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.2, p.101-122, 1997b.

MERTEN, G.H.; BARBOSA, M.C.; MINELLA, J.P.G.; OLIVEIRA, J.F.; DIDONÉ, E.J.; LONDERO, A.L.; OLIVEIRA, J.C.S. Hydro-sedimentologic monitoring as a tool for natural resource management in Paraná, Brazil. In: Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos, 14, 2020, Campinas, **Anais**. Porto Alegre: ABRHidro, 2020. 10p.

MIYAZAKI, L.C.P. Elaboração da carta de compartimento de comportamentação geomorfológica para estudo do relevo na área urbana de Ituiutaba (MG). **Espaço em Revista**, v.19, n.2, p.1-17, 2017.

MOLINARI, D.C.; CARVALHO, D.P. Neotectônica no Amazonas: análise geomorfológica-geológica na BR 174. **Confins [Online]**, v.43, 2019. DOI: <https://doi.org/10.4000/confins.25146>

MOTA, A.D.A. **Mecanismo de geração de vazão em pequena bacia experimental do Bioma Mata Atlântica.** Porto Alegre: Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2017. 132p. (Tese de Doutorado)

MOTA, A.D.A.; GRISON, F.; KOBİYAMA, M.; GIGLIO, J.N. Instalação de uma pequena bacia experimental florestal: estudo de caso da bacia do Rio Araponga. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.22, p.73-80, 2017.

MOTOMIYA, S.; UWADE, S. Observation point to estimate the disaster magnitude due to debris flow: 0 order basin identification. In: GeoTechForum, 2008, Kochi. **Anais**. 2008. (em japonês).

MOURA, J. R. S.; PEIXOTO, M. N. O.; SILVA, T. M. Geometria do relevo e estratigrafia do quaternário como base à tipologia de cabeceiras de drenagem em anfiteatro – médio Vale do Rio Paraíba do Sul. **Revista Brasileira de Geociências**, v.21, n.3, p.255-265, 1991

OGUCHI, T. Drainage density and relative relief in humid steep mountains with frequent slope failure. **Earth Surface Processes and Landforms**, v.22, p.107-120, 1997.

OKUNISHI, K. Introduction to hydrogeomorphology. In: ONDA, Y.; OKUNISHI, K.; IIDA, T.; TSUJIMURA, M. (eds.)

Hydrogeomorphology: The interaction of hydrologic and geomorphic processes. Tokyo: Kokon-shoin, 1996. p.5-10. (em japonês).

PAISANI, J.C.; PONTELLI, M.E.; GEREMIA, F. Cabeceiras de drenagem da bacia do rio quatorze-formação serra geral (SW do Paraná): distribuição espacial, propriedades morfológicas e controle estrutural. **Raega**, v.12, p. 211-217, 2006.

PEREZ, A.B.A.P. SANTOS, C.I.; ARIENTI, P.F. AS, J.H.M.; CHAFFE, P.L.B. Identificação dos limiares para o início do escoamento superficial em uma bacia de encosta. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 23, 2019, Foz do Iguaçu, **Anais**. Porto Alegre: ABRHidro, 2019. 8p.

PERICINOTO, J.S. **Utilização de geotecnologias para caracterização dos canais de ordem zero da APA na Bacia hidrográfica Rio Piava - Umuarama, PR.** Dissertação (Mestrado em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2021. 77p.

PINTO, K.K.Q. **Análise socioambiental da microbacia hidrográfica do Zé Açú, Parintins-Amazonas.** Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2017. 68p.

SACRAMENTO, M.F.; REGO, M.J.M. A bacia de drenagem enquanto unidade integradora nos estudos geoambientais. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia, 6, 2006, Goiânia, **Anais**. União da Geomorfologia Brasileira, 2006.

SALEMI, L.P. **Balço de água e de nitrogênio em uma microbacia coberta por pastagem no litoral norte do Estado de São Paulo.** Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009. 89p.

SALGADO, A.A.R.; CHEREM, L.F.S.; SORDI, M.V. Grandes capturas fluviais no Brasil: Síntese das novas descobertas. **Estudos do Quaternário**, v.19, p.23-31, 2018.

SANTOS, O.M.; ARRUDA, E.M. Análise da morfodinâmica na distribuição dos depósitos quaternários na bacia do Ribeirão Jurupará, Serra de São Francisco-SP. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia, 8, 2010, Recife, **Anais**. União da Geomorfologia Brasileira, 2010.

SCHMITT, A.; MOREIRA, C.R. Manejo e gestão de bacia hidrográfica utilizando o software gratuito Quantum-GIS. **Revista Cultivando o Saber**, v.8, Edição Especial, p.125-137, 2015.

SCHNEIDER, F.J.A. **Modelagem matemática do escoamento superficial na escala de encosta sob plantio direto.** Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017. 78p.

SHERIDAN, C.D.; SPIES, T.A. Vegetation-environment relationships in zero-order basins in coastal Oregon. **Canadian Journal of Forest Research**, v.35, p.340-355, 2005.

SIDLE, R.C.; GOMI, T.; TSUKAMOTO, Y. Discovery of zero-order basins as an important link for progress in hydrogeomorphology. **Hydrological Processes**, v.32, p.3059–3065, 2018.

SIDLE, R.C.; TSUBOYAMA, Y.; NOGUCHI, S.; HOSODA, I.; FUJIEDA, M.; SHIMIZU, T. Seasonal hydrologic response at various spatial scales in a small forested catchment, Hitachi Ohta, Japan. **Journal of Hydrology**, v.168, p.227-250, 1995.

SIDLE, R.C.; TSUBOYAMA, Y.; NOGUCHI, S.; HOSODA, I.; FUJIEDA, M.; SHIMIZU, T. Stormflow generation in steep forested headwaters: a linked hydrogeomorphic paradigm. **Hydrological Processes**, v.14, p.369-385, 2000.

SIEFERT, C.A.C.; SANTOS, I. Linking dissolved organic carbon spatial heterogeneity to groundwater dynamics and soil organic carbon content in a subtropical headwater catchment. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.22, n.1, p.27-46, 2021.

SILVA, T.M. Mapeamentos geomorfológicos: escalas, aplicações e técnicas de compartimentação do relevo. **Geo Uerj**, v.1, n.17, p.70-94, 2007.

SILVA, R.V.; KOBİYAMA, M. Delineamento automático da rede de drenagem em bacias hidrográficas com ênfase em trechos de zero ordem. In: Congresso Latinoamericano de Hidráulica, 21, 2004, São Pedro, **Anais**. Campinas, 2004.

SILVA, R.V.; KOBİYAMA, M. Potential Erosion Mapping on Hillslopes with Automatic Delineation of Overland Flow.

- In: International Conference on Monitoring, Prediction and Mitigation of Water-Related Disasters, 1., 2005, Kyoto. **Proceedings**. Kyoto: Disaster Prevention Research Institute, 2005. p.527-532.
- SILVA, T.P.; SALGADO, C.M.; GONTIJO, A.H.F.; MOURA, J.R.S. A influência de aspectos geológicos na erosão linear - médio-baixo vale do Ribeirão do Secretário, Paty do Alferes (RJ). **Geosul**, v.18, n.36, p131-150, 2003.
- STRAHLER, A.N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Eos, Transactions American Geophysical Union**, v.38, p.913-920, 1957.
- TANAKA, T.; YASUHARA, M.; SAKAI, H.; MARUI, A. The Hachioji Experimental Basin Study — Storm runoff processes and the mechanism of its generation. **Journal of Hydrology**, v.102, p.13-164, 1988.
- TSUBOYAMA, Y.; SIDLE, R.C.; NOGUCHI, S.; MURAKAMI, S.; SHIMIZU, T. A zero order basin—Its contribution to catchment hydrology and internal hydrological processes. **Hydrological Processes**, v.14, p.387-401, 2000.
- TSUKAMOTO, Y. Study on the growth of stream channel (I). Relationship between stream channel growth and landslides occurring during heavy storm. **Journal of Japan Erosion Control Society**, v.25 n.4, p.4-13, 1973. (em japonês).
- TSUKAMOTO, Y. Study on the growth of stream channel (V). On a hypsometric curve synthesized from channel network in equilibrium stage. **Journal of Japan Erosion Control Society**, v.27, n.2, p.19-28, 1974. (em japonês com resumo inglês).
- TSUKAMOTO, Y.; KUSAKABE, O. Study on the growth of stream channel (IV). On the estimation of the number of 0 order channels. **Journal of Japan Erosion Control Society**, v.26, n.3, p.20-27, 1973. (em japonês com resumo inglês).
- TSUKAMOTO, Y.; MINEMATSU, H. Hydrogeomorphological characteristics of a zero-order basin. **IAHS- publication**, n.165, p.61-70, 1987.
- TSUKAMOTO, Y.; NOGUCHI, H. Study on the growth of stream channel (VIII). Characteristics of basin morphology in equilibrium stage. **Journal of Japan Erosion Control Society**, v.32, n.2, p.6-9, 1979. (em japonês com resumo inglês).
- TSUKAMOTO, Y.; OHTA, T. Runoff process on a steep forested slope. **Journal of Hydrology**, v.102, p.165-178, 1988.
- TSUKAMOTO, Y.; YUMOTO, T. Study on the growth of stream channel (II). On the characteristic of branching of tributaries from a main channel. **Journal of Japan Erosion Control Society**, v.26, n.1, p.1-6, 1973. (em japonês).
- TSUKAMOTO, Y.; HIRAMATSU, S.; SHINOHARA, S. Study on the growth of stream channel (III). Relationship between 0 (zero) order channels and landslides. **Journal of Japan Erosion Control Society**, v.26, n.2, p.14-20, 1973. (em japonês com resumo inglês).
- TSUKAMOTO, Y.; MATSUOKA, M. & KURIHARA, K. Study on the growth of stream channel (VI). Landslides as the process of erosional development of basin morphology. **Journal of Japan Erosion Control Society**, v.30, n.4, p.25-32, 1978a. (em japonês com resumo inglês).
- TSUKAMOTO, Y.; NOGUCHI, H.; YAMAKADO, A.. Study on the growth of stream channel (VII). Geomorphological characteristics of 1st order basin in equilibrium stage. **Journal of Japan Erosion Control Society**, v.31, n.1, p.1-6, 1978b. (em japonês com resumo inglês).
- TSUKAMOTO, Y.; OHTA, T.; NOGUCHI, H. Hydrological and geomorphological studies of debris slides on forested hillslopes in Japan. **IAHS Publication**, n.137, p.89-98, 1982.
- WU, W.; SIDLE, R.C. A distributed slope stability model for steep forested basins. **Water Resources Research**, v.31, p.2097-2110, 1995.
- ZANANDREA, F.; CARDOZO, G.; MICHEL, G.P.; KOBİYAMA, M. Parâmetros geomorfológicos para avaliação pós-desastre de escorregamentos estudo de caso da bacia hidrográfica do rio mascarada RS. In: Encontro Nacional de Desastres, 1, 2018, Porto Alegre. **Anais Porto Alegre: ABRHidro**, 2018. 8p.