

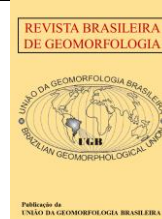


<https://rbgeomorfologia.org.br/>  
ISSN 2236-5664

## Revista Brasileira de Geomorfologia

v. 26, n° 3 (2025)

<http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v26i3.2686>



Artigo de Pesquisa

# Reconhecendo a Biogeomorfologia: análise da produção acadêmico-científica e distribuição dos trabalhos por ambientes geomorfológicos

*Recognizing Biogeomorphology: Analysis of Academic-Scientific Production and Distribution of Studies by Geomorphological Environments*

Jairo Valdati<sup>1</sup>, Pedro Cauê Rocha Souza<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC, Laboratório de Geografia Física (LGEF), Departamento de Geografia (DGEO/FAED), Florianópolis-SC, Brasil. E-mail. [Jairo.valdati@udesc.br](mailto:Jairo.valdati@udesc.br)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7559-5315>

<sup>2</sup> Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC, Laboratório de Geografia Física (LGEF), Departamento de Geografia (DGEO/FAED), Florianópolis-SC, Brasil. E-mail. [pedro.rocha\\_souza@outlook.com](mailto:pedro.rocha_souza@outlook.com)  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-8188-7653>

Recebido: 03/03/2025; Aceito: 14/05/2025; Publicado: 07/07/2025

**Resumo:** A biogeomorfologia trata dos estudos das interações entre fatores bióticos e abióticos em processos geomorfológicos, enfocando a dinâmica entre os seres vivos e os ambientes. É uma área de estudo na interface entre a Geomorfologia e a Ecologia ou Biogeografia, na qual se busca compreender as influências entre as formas de relevo na distribuição e desenvolvimento dos organismos, e vice-versa. O presente trabalho tem por objetivo realizar uma análise bibliométrica da produção acadêmica em biogeomorfologia, utilizando a base de dados *Scopus* como fonte de pesquisa. A pesquisa e análise bibliométricas foram realizadas em duas etapas: na primeira delas, buscou-se retratar o quadro de trabalhos biogeomorfológicos em geral; enquanto na segunda fase de buscas inventariaram-se os trabalhos biogeomorfológicos segundo os diferentes ambientes geomorfológicos aos quais se voltam: i) ambientes costeiros; ii) ambientes fluviais; e iii) ambientes de encostas. Em vista de uma melhor caracterização, a pesquisa considerou apenas trabalhos publicados até dezembro de 2024. Enquanto resultados, o presente trabalho delinea uma evolução histórica da Biogeomorfologia enquanto disciplina, no geral e a partir de suas subáreas, caracterizando seus principais autores e trabalhos; países-eixo de pesquisa; principais fontes bibliográficas e análise da coocorrência das palavras-chave.

**Palavras-chave:** Ecogeomorfologia; Biogeodiversidade; Análise bibliométrica

**Abstract:** Biogeomorphology focuses on the study of interactions between biotic and abiotic factors in geomorphological processes and systems, dealing with the dynamics between living organisms and their physical environments. It is an area of study between Geomorphology and Ecology, aiming to understand the influences between landforms and the distribution and development of organisms, and vice versa. In the present article the authors made a bibliometric analysis of scientific and academic production in biogeomorphology, using the *Scopus* database as the research source. The bibliometric research and analysis were carried out in two stages: in the first, the goal was to depict the state of art biogeomorphological research; while in the second phase, biogeomorphological works were inventoried according to the different geomorphological environments they focus on: i) coastal environments; ii) fluvial environments; and iii) slope environments. For better characterization, the research considered only works published until December 2024. As results, this work presents the historical evolution of Biogeomorphology as a discipline, both in general and through its subfields, identifying its main authors and works, research-leading countries, key bibliographic sources, and an analysis of the co-occurrence of keywords.

**Keywords:** Ecogeomorphology; Biogeodiversity; Bibliometric Analysis

## 1. Introdução

A biogeomorfologia ou ecogeomorfologia pode ser definida como o estudo das interações, correlações e interinfluências entre aqueles fatores de ordem biótica e abiótica em processos e sistemas geomorfológicos (Corenblit; Steiger, 2024; Larsen *et al.*, 2020; Naylor, 2005; Naylor; Viles; Carter, 2002; Prugne *et al.*, 2024; Viles, 2019). Disciplina de interface, conjugando os conhecimentos e avanços da ecologia e da geomorfologia, a biogeomorfologia explica e descreve aqueles complexos ambientes e sistemas geomorfológicos onde os reinos bióticos e os elementos abióticos estão estreitamente conectados, sobretudo naqueles aspectos referentes à evolução e dinâmica da paisagem (Naylor; Viles; Carter, 2002; Viles, 2011; Viles, 2019).

Termo cunhado por Heather Viles, em livro seminal na área (Hausmann, 2010; Jones, 2012; Naylor, 2005; Osterkamp; Hupp, 2010), a disciplina foi definida como o campo do conhecimento cujo estudo é o das “influências das formas de relevo/geomorfologia na distribuição e desenvolvimento das plantas, animais e micro-organismos; [e] das influências de tais organismos nos processos de superfície e no desenvolvimento das formas de relevo (trad. dos autores)” (Viles, 1988<sup>a</sup> apud. Viles, 2019).

Em termos gerais, a biogeomorfologia pode ser subdividida a partir de dois principais recortes temáticos: i) segundo os diferentes reinos bióticos que considera, seja através da zoogeomorfologia (*animalia*) ou da fitogeomorfologia (*plantae*) (Butler, 1995; Howard; Mitchell, 1985; Larsen *et al.*, 2020; Viles, 2019); ou ii) através dos diferentes ambientes geomorfológicos aos quais ela se volta. Evidentemente, como os ambientes geomorfológicos diversificam-se em maior número, podendo um mesmo ambiente geomorfológico, aliás, suportar relações bióticas múltiplas, os trabalhos biogeomorfológicos são preferencialmente divididos por tais ambientes que pelos reinos bióticos considerados (Larsen *et al.*, 2020; Viles, 2019).

Historicamente, embora o termo tenha sido definido apenas no final da década de 1980 (1988) (Hausmann, 2010; Jones, 2012; Naylor, 2005; Osterkamp; Hupp, 2009), os estudos de caráter biogeomorfológico já vêm sendo desenvolvidos há longo tempo. Correlações entre formas de relevo e formas de vida são percebidas desde Alexander von Humboldt (Martin; James, 1993; Marston, 2010), quando o naturalista alemão correlacionou relevo, clima e a distribuição das formas de vida vegetais, ou mesmo por naturalistas como Charles Darwin (Osterkamp *et al.*, 2011; Viles, 2022) quando no estudo dos recifes de coral ou quando destacou que a distribuição vegetal estaria relacionada a eventos de natureza geológica (Marston, 2010; Viles, 2022).

O avanço na compreensão das interrelações e interinfluências entre as formas e processos de esculturação do relevo e dinâmicas ecossistêmicas de determinadas espécies vegetais e animais deu-se sobretudo a partir da criação e do desenvolvimento de conceitos como os de biogeocenose, termo de importância histórica nas literaturas alemã e russa, onde os conceitos de biocenose e biótopo eram conjugados (Howard; Mitchell, 1985). A partir da década de 70, no entanto, o trabalho em conjunto de ecólogos e geomorfólogos, sobretudo em países anglófonos, permitiu o avanço de estudos específicos na área (Viles, 2022). Cita-se, notadamente, o trabalho do geomorfólogo americano James C. Knox, onde surge pela primeira vez a expressão como “retroalimentação biogeomórfica” (*biogeomorphic feedback*) (Viles, 2022), quando este descreve as interrelações entre vegetação e processos hidromorfológicos.

Em meio a publicações pioneiras na área, destaca-se o clássico *Fitogeomorfologia (Phytogeomorphology)*, de J. Howard e C. Mitchell (1985), um trabalho precursor no estudo das relações entre a topografia, as formas de relevo e os padrões de distribuição das espécies vegetais. Em 1995, sete anos após a clássica publicação de Viles (*Biogeomorphology*), é publicado nos Estados Unidos o primeiro livro voltado exclusivamente às interações entre fauna e processos geomorfológicos, *Zoogeomorfologia: Animais Como Agentes Geomorfológicos (Zoogeomorphology: Animals as Geomorphic Agents)*, de autoria de David R. Butler.

Desde então, as pesquisas biogeomorfológicas se diversificaram, desenvolvendo trabalhos não só em ambientes geomorfológicos múltiplos, como voltando-se elas à descrição das dinâmicas ecológicas de determinadas espécies em relação às dinâmicas geomorfológicas. Apesar desse longo histórico de desenvolvimento do pensamento biogeomorfológico e dos avanços cada vez mais expressivos, apenas brevemente apresentados nesta introdução, assinalam-se serem as pesquisas biogeomorfológicas algo relativamente recente nas geociências, com o crescimento no número de trabalhos só tendo se dado sobretudo a partir da segunda metade da primeira década do século XXI, como será demonstrado no presente trabalho.

No Brasil, em específico, os estudos biogeomorfológicos permitem a expansão do escopo das pesquisas geocientíficas, sobretudo no contexto das ciências geográfica e oceanográfica. Na Geografia, por exemplo, a

disciplina é particularmente fértil, visto conjugar duas subáreas já bem definidas nos estudos geográficos brasileiros: a biogeografia e a geomorfologia.

À guisa de exemplo das contribuições da biogeomorfologia, destacam-se, do ponto de vista teórico, o potencial de se compreender a intersecção entre a biodiversidade e a geodiversidade, ou biogeodiversidade; enquanto do ponto de vista aplicado, cita-se a possibilidade do desenvolvimento, promoção e aplicação das NbS (*Nature based solutions*), uma necessidade cada vez maior em se tratando de áreas como as do planejamento urbano e territorial e de questões relativas à conservação ambiental no século XXI (Coombes; Viles, 2021; Richards *et al.*, 2024).

Em vista disso, o objetivo do presente trabalho é delinear, através de uma análise bibliométrica da produção acadêmico-científica, a natureza dos estudos em biogeomorfologia e de suas subdivisões, classificando-os segundo três ambientes geomorfológicos distintos, propostos por Viles (2019): i) ambientes costeiros e marinhos; ii) ambientes fluviais; e iii) ambientes de encosta. Para tanto, os autores valeram-se daqueles documentos disponíveis na base de dados *Scopus* (*Elsevier*).

A ausência de trabalhos que caracterizam, de modo quantitativo, a evolução da biogeomorfologia e de suas subdivisões motivou a escrita do presente trabalho. Enquanto perguntas-diretrizes, buscou-se responder: Quais são os números totais da produção acadêmico-científica em biogeomorfologia? Quais são os autores mais produtivos no atual cenário de pesquisas, e em qual redes de coautoria eles se inserem? Quais são os países-eixo na produção de estudos e, portanto, quais as principais instituições de pesquisa na área? Quais são as redes de coautoria internacional? Os artigos estão distribuídos em quais revistas e periódicos acadêmicos, e quais são os periódicos mais relevantes na área, historicamente? Com o trabalho, pretendeu-se reconhecer a produção científica em biogeomorfologia, bem como representar o modo como os trabalhos encontram-se distribuídos.

## 2. Materiais e Métodos

A metodologia consistiu no método de análise bibliométrica, tendo a base de dados *Scopus* (*Elsevier*) como fonte de consulta. O tratamento dos dados foi realizado a partir de softwares R (*Bibliometrix*), *Zotero*, *VOSviewer* e através do *Excel*. A consulta e o levantamento dos dados foram finalizados em janeiro de 2025 e as análises e redação do texto em fevereiro de 2025. Durante a pesquisa, utilizou-se como recorte temporal aqueles documentos publicados entre 1972, ano de primeira ocorrência dos trabalhos biogeomorfológicos, e dezembro de 2024, mês e ano limites escolhidos pelos autores. A razão do recorte temporal está associada à intenção de que o ainda baixo número de publicações em 2025 (3 produções totais, até o presente momento em que o trabalho é escrito) não interferisse nos resultados da pesquisa.

### 2.1 Da escolha da base de dados

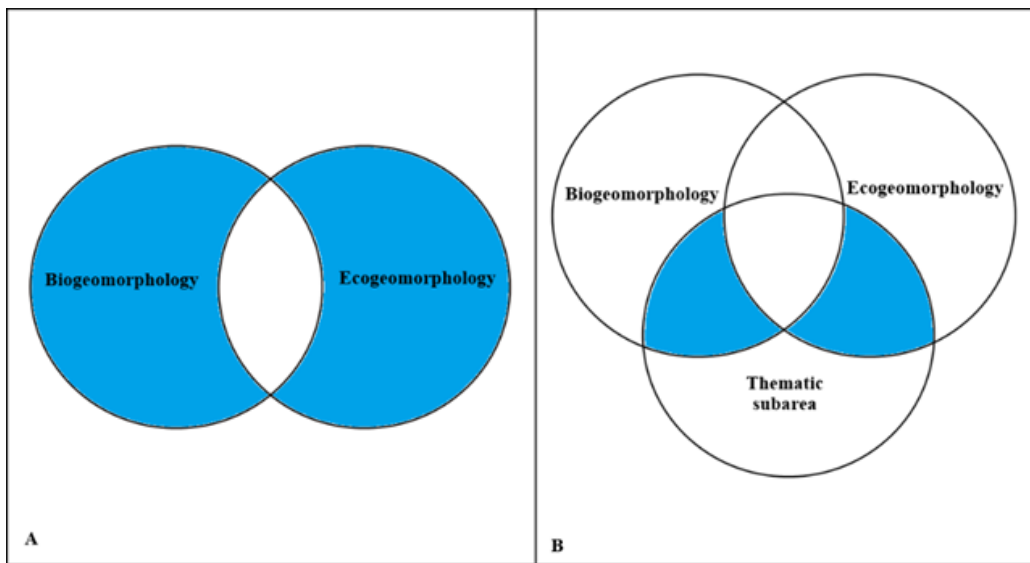
A escolha da base *Scopus* deu-se em vista à qualidade das informações e coleções de dados (Ferreira; Valdati, 2023). Ainda, a *Scopus* é apontada como excelente fonte de dados bibliográficos e bibliométricos na área das geociências (Herrera-Franco *et al.*, 2020), em função não só da praticidade no manejo de dados bibliométricos mas também em função do número de revistas e periódicos científicos disponíveis (locais, regionais, nacionais e internacionais), com mais de 1.7 bilhão de referências citadas desde a década de 70 do século passado, o que maximiza a quantidade de informações analisadas e evita a perda de dados e informações relevantes (Ruban *et al.*, 2018).

Como um segundo argumento para a escolha da *Scopus*, cita-se um maior número de documentos disponíveis à consulta. Construindo-se *strings* equivalentes em duas bases de dados internacionais distintas, *Scopus* (*Elsevier*) e *Web of Science* (*Clarivate*), para um mesmo recorte temporal e temático, enquanto na *Scopus*, através da *string* "TITLE-ABS-KEY ("biogeomorph\*" OR "ecogeomorph\*")", o buscador exibiu um total de 922 documentos totais, na *Web of Science*, através de uma *string* equivalente àquela, ("ALL= ("biogeomorph\*") OR ALL= ("ecogeomorph\*")), encontraram-se um total de 908 documentos. Decidiu-se, portanto, pela utilização da base de dados com um maior número de documentos disponíveis à consulta.

## 2.2. Concepção e prática da 1ª fase de busca

A estrutura da primeira fase de busca partiu da expressão lógico-matemática “*biogeomorphology*  $\Delta$  *ecogeomorphology*”, para, a partir dela, construir-se um diagrama de Venn (Figura 1a). Fez-se tal representação como preâmbulo à construção de uma primeira *string* de busca.

Na intenção de se realizar buscas as mais amplas possíveis, o diagrama resultante constrói uma diferenciação simétrica entre os termos “*biogeomorphology*” e “*ecogeomorphology*”. Apesar de serem termos distintos entre si (Viles, 2019), ambos os termos possuem equivalência, sendo utilizados indistintamente na grande parte dos trabalhos científicos. Portanto, ao se buscar por documentos onde ocorrem ora um ora o outro termo, aumenta-se consideravelmente o número de resultados disponíveis à análise, melhorando, assim, a qualidade da análise bibliométrica resultante. Consequentemente à construção do diagrama a partir daquela expressão, serviu-se dele como base à construção da primeira *string* de busca. Nesse primeiro momento, a *string* utilizada foi a seguinte: “TITLE-ABS-KEY (“*biogeomorph\**” OR “*ecogeomorph\**”) AND PUBYEAR > 1971 AND PUBYEAR < 2025”.



**Figura 1.** (a) Diagrama de primeira fase de buscas; (b) Diagrama da segunda fase de buscas

## 2.3 Concepção e prática da 2ª fase de buscas

A partir dos resultados da primeira fase de buscas, verificou-se que as publicações biogeomorfológicas organizavam-se muito mais em relação dos diferentes ambientes geomorfológicos que a partir do referencial biótico ou ecológico adotado.

Assim, para além da clássica subdivisão da biogeomorfologia entre fitogeomorfologia e zoogeomorfologia, onde as relações classificam-se segundo os diferentes reinos bióticos envolvidos nos processos geomorfológicos, *plantae* e *animalia*, a biogeomorfologia pode ainda ser compreendida segundo os ambientes e processos aos quais os trabalhos se voltam. Assim, e de acordo com a proposta de Viles (2019), optou-se pela subdivisão dos dados obtidos em 3 grandes áreas, de acordo com os ambientes geomorfológicos considerados nos estudos, que são: i) ambientes costeiros e marinhos; ii) ambientes fluviais; iii) ambientes de encostas.

Partindo-se da subdivisão proposta por Viles (2019), organizou-se uma segunda fase de busca. Nesse segundo momento, a expressão lógico-matemática utilizada foi a seguinte: “*biogeomorphology*  $\cap$  subárea temática ou *ecogeomorphology*  $\cap$  subárea temática”. (Figura 1b). A expressão permitiu chegar-se àqueles trabalhos em que ora biogeomorfologia, ora ecogeomorfologia são termos que se encontram associados àqueles termos que caracterizam os novos eixos de pesquisa, através da intersecção entre os termos-chave.

Reescrevendo-se aquela *string* previamente utilizada na primeira fase de buscas a partir do novo diagrama, através da reestruturação frasal chegou-se a seguinte *string*: “TITLE-ABS-KEY (“*biogeomorph\**” OR “*ecogeomorph\**” AND “subárea temática”) AND PUBYEAR > 1971 AND PUBYEAR < 2025”. A nova expressão explica-se: nas pesquisas, através do booleador AND, foram adicionados àquela primeira *string* de busca de termos associados às diferentes subáreas temáticas, mantendo-se, no entanto, o recorte temporal previamente definido.

Quanto aos asteriscos nos sufixos dos termos-chave, explicam-se como ferramenta semântica para que se chegasse de igual modo àquelas possíveis variações dos termos utilizados. Os novos termos-chave utilizados como indexadores das subáreas temáticas foram: “coastal\*” OR “marine\*”, para ambientes costeiros; “fluvial\*” OR “river\*”, para ambientes fluviais; e “hillslope\*” OR “slope\*” para ambientes de encosta.

#### 2.4 Tratamento e interpretação dos dados

O conjunto de dados e referências foram exportados desde a *Scopus* em arquivos CSV e RIS, para tratamento e organização posteriores. Para revisão dos dados, utilizou-se o *software* Zotero. Esta consistiu em corrigir erros aleatórios, a partir da necessidade de uma padronização das *tags* para produção gráfica posterior no *software* VOSviewer (e.g., “process” e “processes” apareciam como *tags* distintas, apesar de serem termos equivalentes), ou ainda a correção de diferenciações aleatórias de um mesmo termo e/ou autor (e.g. “VILES, H”. e “VILES, H. A.”).

Uma vez revisadas e retrabalhadas as inconformidades encontradas, a série de dados foi processada: a análise de performance (métricas) foi realizada sobretudo a partir do *software* R (Bibliometrix) e no Excel em conjunto da análise de dados fornecidos pela própria *Scopus*; para a produção gráfica (*science mapping*), no entanto, utilizou-se o VOSviewer. O esquema conceitual representa as etapas realizadas na pesquisa (Figura 2).

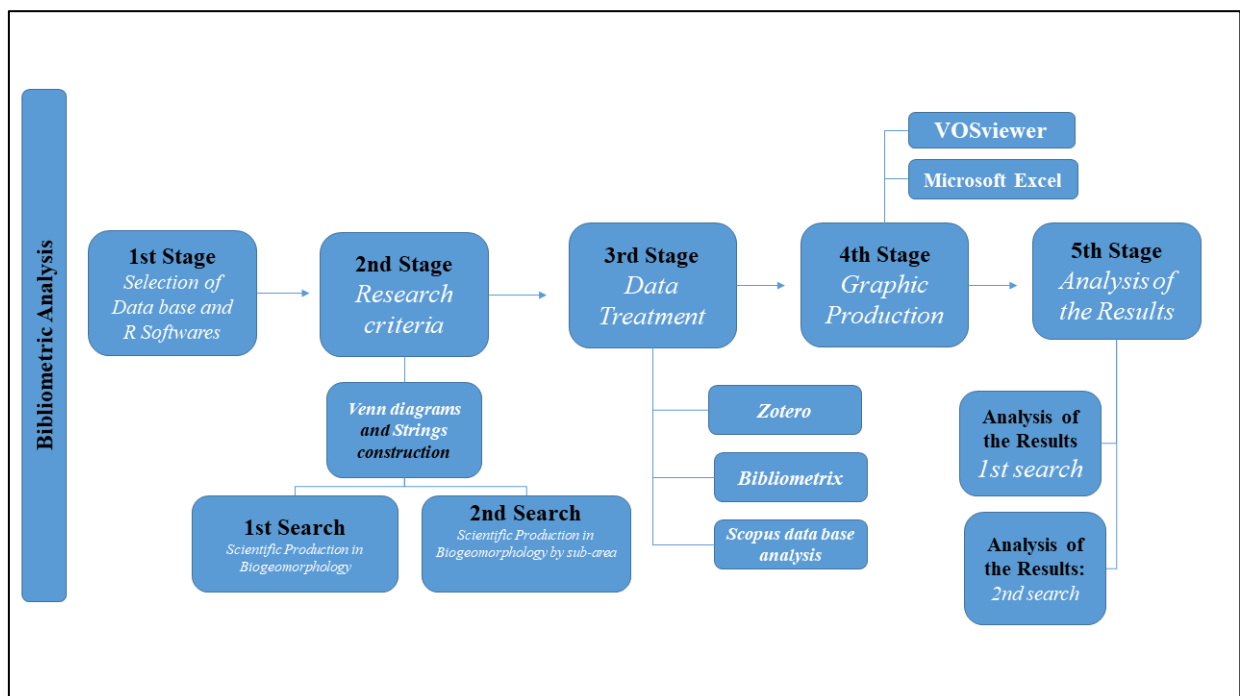


Figura 2. Esquema metodológico

Todos os métodos utilizados no presente trabalho direcionaram-se com fins aos resultados intentados, que foram: assinalar o número total de documentos; o número de publicações por ano; os principais periódicos e revistas por subáreas temática; sinalizar os países-eixo na produção acadêmica; a determinação dos autores mais produtivos, bem como suas redes de colaboração; e, conseqüentemente, a representação gráfica dos dados e redes bibliométricas resultantes como produtos da análise bibliométrica.

### 3. Resultados e discussões

Os resultados foram subdivididos a partir das fases de buscas realizadas. A ordem de apresentação dos resultados não é qualitativa, mas cronológica, em acordo com a data de publicação dos trabalhos. São apresentados, em geral e por área de pesquisa biogeomorfológica, os seguintes dados: número total de publicações; análise da produção científica anual; principais autores e redes de coautoria; principais fontes bibliográficas; e análise de coocorrência das palavras-chave inventariadas.

Ainda quanto à ordem de apresentação dos resultados obtidos, os resultados da 2ª fase de busca, subdivididos por ambientes geomorfológicos, são apresentados em conjunto, com fins de tornar o texto mais claro e cadenciado.

Os resultados da 1ª fase de busca, no entanto, são apresentados, à parte, em razão de representarem a produção científica geral em Biogeomorfologia.

### 3.1. Resultado da 1ª fase de buscas

Em números totais (Figura 3), obteve-se 922 trabalhos, onde ora os termos *biogeomorphology* e *ecogeomorphology*, ora suas variações (e.g. *biogeomorphological* ou *ecogeomorphological*) ocorrem. Dentre os 922 documentos, a pesquisa relevou 745 artigos (80.8%) em periódicos acadêmico-científicos; 69 revisões (7.5%); 55 capítulos de livro (6.0%); 35 resumos em anais de congresso ou conferências (3.8%); 5 notas (0.5%); 2 erratas (0.2%); 1 livro (0.1%); e 1 revisão em conferência.

Os trabalhos inventariados estão associados aos nomes de 2293 autores. O conjunto de documentos analisados apresentando uma taxa de coautoria de 4.29 autores por trabalho. Daqueles mais de 2000 autores, apenas 86 possuem trabalhos que não apresentam coautoria. No que diz respeito à taxa de coautoria internacional, através da qual mede-se a colaboração entre diferentes países em pesquisas acadêmico-científicas, é de 32.86%, um pouco menos de um terço (1/3) do total dos documentos inventariados, o que aponta a uma considerável rede de contribuição internacional entre os autores e instituições de pesquisa.

Quanto aos locais de publicação, os trabalhos foram publicados em 258 fontes bibliográficas, entre revistas acadêmicas, anais de congressos e conferências, e em livros.

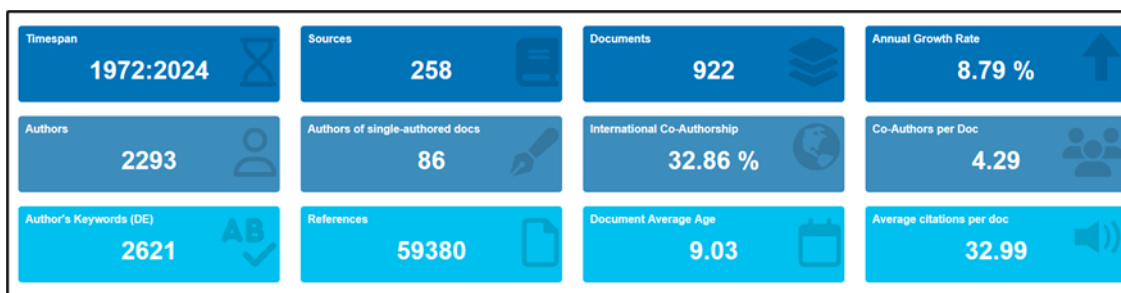


Figura 3. Números totais em Biogeomorfologia

Em se tratando dos trabalhos mais citados, selecionou-se os cinco trabalhos com os maiores números de citações disponíveis à consulta. Dentre esses, 4 deles foram artigos em periódicos científicos e 1 livro.

O documento mais citado é um artigo publicado na revista *Geophysical Research Letters*, de autoria de Kirwan *et al.* (2010), com 630 citações. Em seguida, cita-se um artigo de autoria de Corenblit *et al.* (2007), publicado na *Earth-science Reviews*, com um total de 595 citações. Em terceiro e quarto lugar, respectivamente, surgem os trabalhos na área de zoogeomorfologia de Trimble e Mendel (1995), publicado na revista *Geomorphology*, com 481 citações; e o livro escrito de David M. Butler, *Zoogeomorphology* (1995), com 371 citações. Em quinto lugar, cita-se o artigo de Temmerman *et al.* (2007), publicado na *Geology*, com 353 citações (Tabela 1).

Tabela 1. Principais trabalhos em Biogeomorfologia

Tipo de documento	Título	Autores	Periódico	Ano	Número de citações
Artigo	<i>Limits on the adaptability of costal marshes to rising sea level</i>	Kirwan, M. L. et al	<i>Geophysical Research Letters</i>	2010	630
Artigo	<i>Reciprocal interactions and adjustments between fluvial landforms and vegetation dynamics in river corridors: a review</i>	Corenblit, D. et al.	<i>Earth-science Reviews</i>	2007	595

	<i>of complementary approaches</i>				
Artigo	<i>The cow as a geomorphic agent – A critical review</i>	Trimble, S.W.; Mendel, A. C.	<i>Geomorphology</i>	1995	481
Livro	<i>Zoogeomorphology: animals as geomorphic animals</i>	Butler, D. R.		1995	371
Artigo	<i>Vegetation causes channel erosion in a tidal landscape</i>	Temmerman, S. et al.	<i>Geology</i>	2007	353

### 3.1.2 Produção científica anual

Através da análise a partir dos dados bibliométricos de produção científica anual, há, para o recorte temático e temporal utilizados, uma taxa de crescimento anual de 8.79% ao ano, o que é relativamente significativo.

A partir da análise, percebe-se que embora o primeiro documento surja em 1972, o primeiro ano significativo da produção científica em biogeomorfologia deu-se 1988, com 6 documentos publicados, o maior número desde a primeira ocorrência inventariada. Desses seis trabalhos, 2 são de autoria de Viles (1988a; 1988b), seguidos pelos trabalhos de Hupp (1988); Spencer (1988); Thomas (1988); Williams (1988).

Pós 1988, uma diminuição na produção se dá, com cerca de 1.3 documentos sendo publicados por ano. Há um leve aumento da produção acadêmica em 1995, quando 7 documentos são publicados. No entanto, a esse pico segue-se mais um período de baixa produção, entre 1995 e 2002, quando a média de documentos por ano foi de 3.2 trabalhos. O gráfico retorna a ascender, porém, em 2002, quando 9 trabalhos são publicados.

Entre os anos de 2002 e 2007, os trabalhos na área começam a surgir com ritmo menos sincopado e em números cada vez mais elevados, sendo a média do período de 6.8 trabalhos por ano. É só partir de 2008, no entanto, que se nota um maior crescimento nas pesquisas biogeomorfológicas, quando se publicam 22 trabalhos na área, o maior número de trabalhos em um mesmo ano desde a primeira ocorrência do termo, em 1972. A partir daí, entre 2008 e 2024, os trabalhos em biogeomorfologia seguem em crescimento, apresentando uma média de 49.47 documentos por ano. Assinalam-se os anos de maior produção na área: 2008 (22 trabalhos); 2010 (39 trabalhos); 2013 (64 trabalhos); 2021 (75 trabalhos); e, por fim, 2024 (80 trabalhos) (Figura 4).

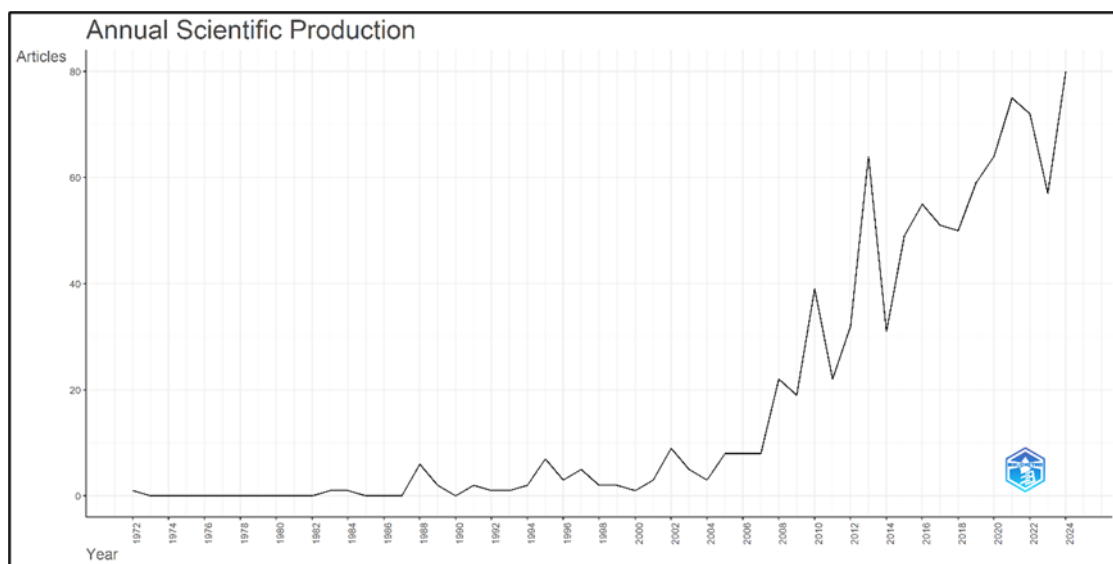


Figura 4. Produção científica anual em Biogeomorfologia

### 3.1.3 Autores mais produtivos e redes de coautoria

Os autores mais produtivos são, considerando-se autoria e coautoria: Tjeerd J. Bouma (Royal Netherlands Institute for Sea Research), com 45 documentos; Dov Corenblit (Université de Toulouse), com 41 trabalhos; Johannes Steiger (Université de Clermont Auvergne), com 34 trabalhos; Stijn Temmerman (University of Antwerp), com 24 trabalhos; e Peter M. J. Hermann (Delft University), com 20 trabalhos publicados.

Apresenta-se os artigos com maior número de citações dos cinco autores acima referidos (Tabela 2), com seus nomes em destaque na tabela.

**Tabela 2.** Trabalhos mais citados dos 5 principais autores na área

Tipo de documento	Título	Autores	Periódico	Ano	Número de citações
Artigo	<i>Limits on the adaptability of coastal marshes to rising sea level</i>	Kirwan, M.L.; Gunterspergen, G.R.; D'Alpaos, A.; Morris, J.T.; Mudd, S.M.; <b>Temmerman, S.</b>	<i>Geophysical Research Letters</i>	2010	630
Artigo	<i>Reciprocal interactions and adjustments between fluvial landforms and vegetation dynamics in river corridors: A review of complementary approaches</i>	<b>Corenblit, D.</b> ; Tabacchi, E.; <b>Steiger, J.</b> ; Gurnell, A.M.	<i>Earth-science Reviews</i>	2007	595
Artigo	<i>Vegetation causes channel erosion in a tidal landscape</i>	<b>Temmerman, S.</b> ; <b>Bouma, T.J.</b> ; Van de Koppel, J.; Van der Wal, D.; De Vries, M.B; <b>Herman, P.M.J.</b>	<i>Geology</i>	2007	353

Nota-se que, com exceção de Stijn Temmerman (4º autor com maior número de documentos disponíveis na *Scopus*), que possui o artigo mais citado em comparação os trabalhos daquela lista de cinco autores, com um total de 630 citações, todos os outros nomes na lista aparecem em relações de coautoria.

Desse modo, o artigo mais citado de Dov Corenblit (2º autor mais produtivo) é o mesmo que o de Johannes Steiger (3º autor mais produtivo), em um trabalho em que ambos são coautores. Do mesmo modo, o trabalho mais citado de Tjeerd Bouma (1º em produção na área) encontra-se associado ao nome Peter Hermann (5º mais produtivo), em um trabalho onde, também, ambos aparecem como coautores.

Cabe assinalar que, da Tabela 2, com exceção do trabalho de Tjeerd Bouma (1º mais produtivo) e Peter Hermann (5º mais produtivo), o trabalho referenciado de Stijn Temmerman (2010), bem como o de Tjeerd Bouma



e Peter Hermann (2007), também aparecem na tabela apresentada na seção 3.1.1. do presente trabalho, onde se trata dos trabalhos mais citados na *Scopus* para atual recorte temático. Com isso, conclui-se que 3 dos 5 autores mais produtivos são, também, coautores em trabalhos presentes na lista dos cinco documentos mais citados na *Scopus*, garantindo assim lugar de destaque de seus nomes no atual desenvolvimento da disciplina.

Já quanto a análise de redes de coautoria (Figura 5), realizada através do software VOSviewer, considerando-se autores que possuíssem no mínimo 4 documentos publicados na área e excluindo-se aqueles que não estavam relacionados a nenhuma rede de colaboração, a presente pesquisa distinguiu 14 redes de coautoria, determinadas a partir de *clusters* obtidos durante a análise, bem como chegou-se a um total de 125 autores associados a tais redes.

Destas redes, destacam-se três delas, as com maior número de trabalhos, e que se encontram associadas, respectivamente, aos nomes de Tjeerd Bouma (*cluster* vermelho), Dov Corenblit (*cluster* verde) e Heather Viles (*cluster* bege).

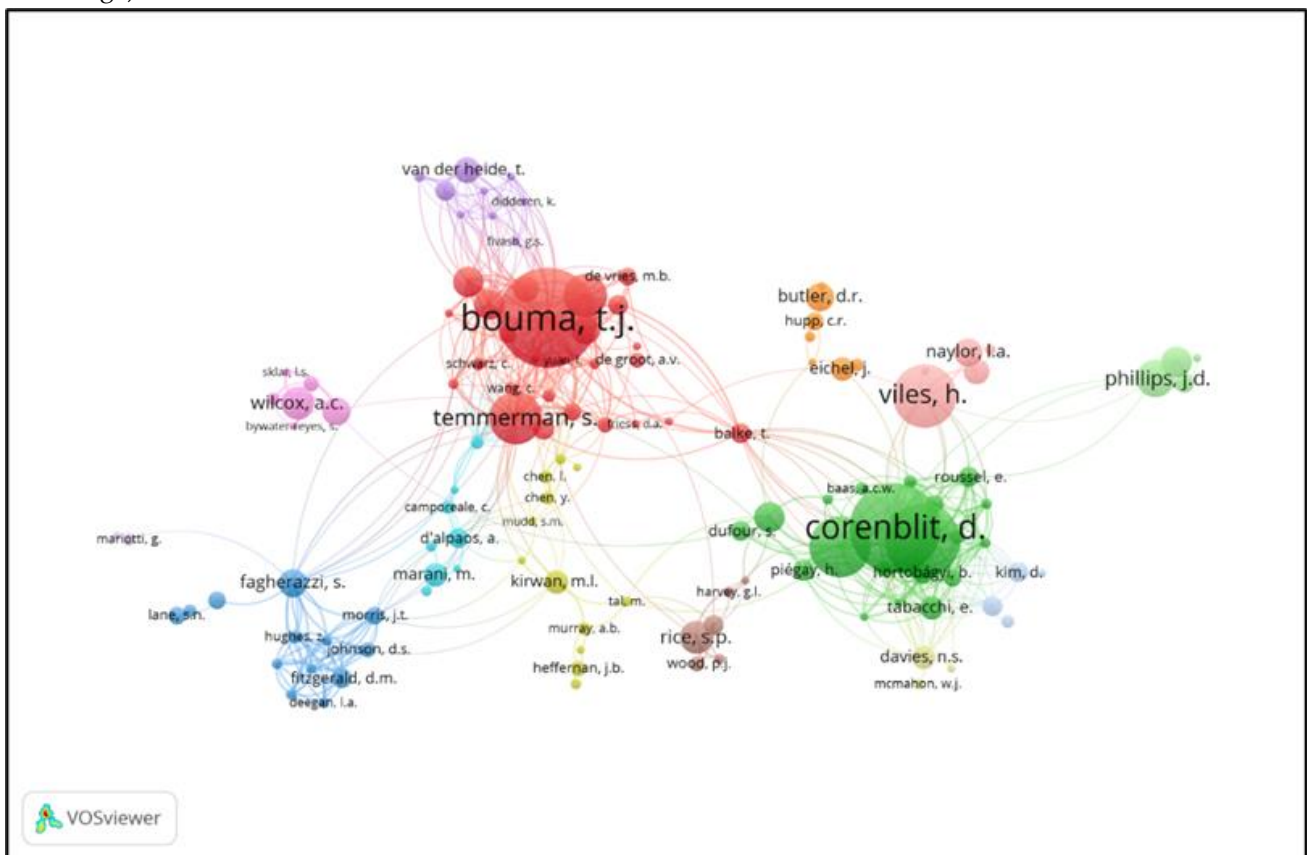


Figura 5. Redes de coautoria

Através da ferramenta de visualização *overlay* (Figura 6), o VOSviewer permite a compreensão de tais redes de coautoria a partir de uma evolução histórica, apresentando ao usuário desde as redes de coautoria mais antigas àquelas mais recentes, sempre considerando um recorte temporal a cada 2 anos.

Partindo-se da Figura 6, tem-se que as redes de coautoria se iniciam em 2012, associadas aos nomes de Naylor, Butler, Hupp, Osterkamp e De Vries, citando as mais expressivas entre aquelas. Entre o período de 2014 a 2020, desenvolvem-se as redes mais expressivas da análise, aqueles com maior número de trabalhos, associadas aos nomes de Viles, Corenblit, Bouma, Bertoldi, Temmerman, Wilcox e Rice. A partir de 2022, desenvolve-se, sobretudo, as redes relacionadas a nomes como os de Van der Heide e Zhou.

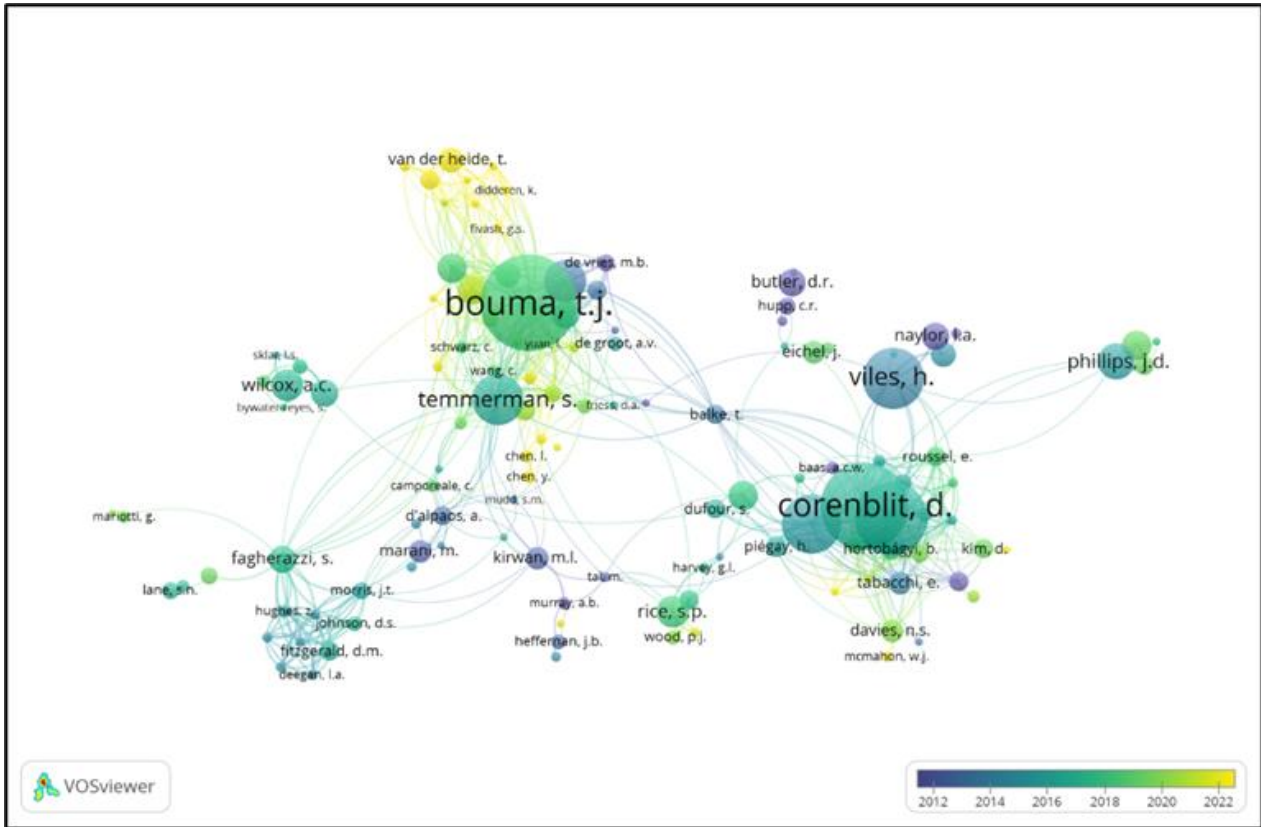


Figura 6. Evolução histórica das redes de coautoria

3.1.4 Países-eixo, coautoria por países e principais instituições de pesquisa

Segundo dados retirados da própria análise da base de dados *Scopus*, considerando-se os cinco países com maior número de publicações, a análise revela que a produção científica em biogeomorfologia e ecogeomorfologia concentra-se majoritariamente em países anglófonos, com um maior número de documentos associados aos Estados Unidos (1º lugar), com 384 documentos (41,64%), e ao Reino Unido (2º lugar), com 184 documentos (19,95%). Em seguida, a análise aponta Holanda (3º lugar) e França (4º lugar), com 103 (11,17%) e 80 (8,67%) documentos, respectivamente. Em quinto lugar, apresenta-se a Itália, com um total de 79 publicações (8,56%) (Figura 7).

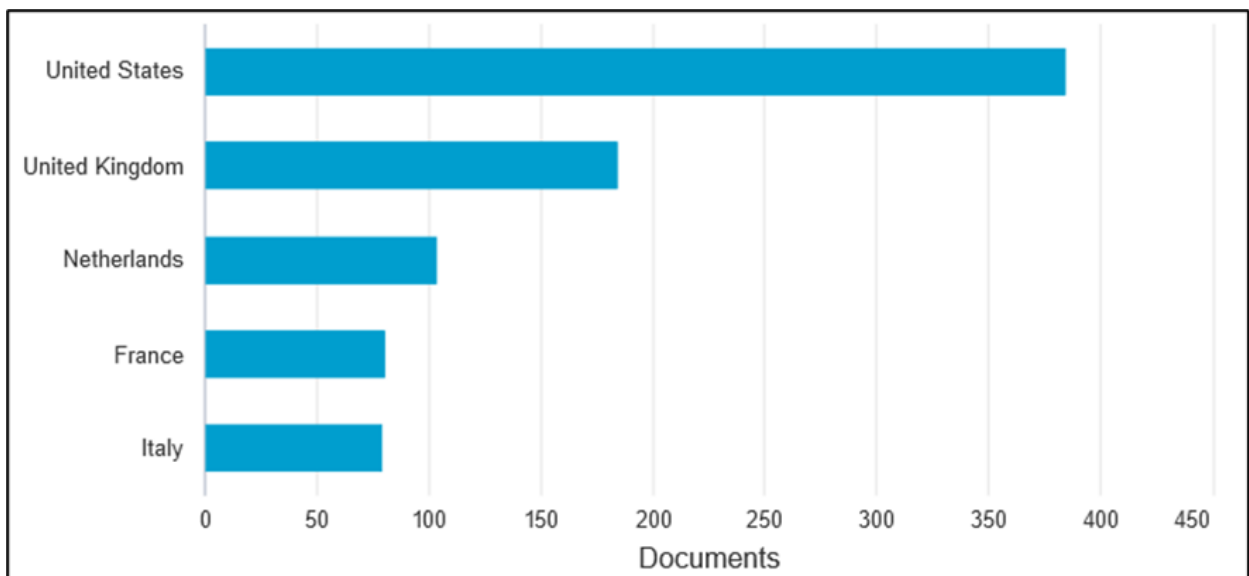


Figura 7. Países-eixo em pesquisas biogeomorfológicas

Quanto à coautoria por países, onde tem-se o número de trabalhos onde um determinado autor de um país específico é considerado como coautor, a análise através do VOSviewer gerou um total de 5 *clusters* (Figura 8), onde se pode avaliar as conexões entre países. Assim, tem-se Estados Unidos (19 conexões), Reino Unido (18 conexões), Itália (15 conexões), Holanda (14 conexões), e França (14 conexões) como nações em destaque. Nota-se que apesar de a Itália encontrar-se em quinto (5º) lugar em número de documentos, o país possui um maior número de conexões em relação a países como França e Holanda, nações que apresentam um maior número de trabalhos, o que demonstra uma maior internacionalização nos trabalhos italianos.

Por outro lado, e quanto ao atributo Total Link Strength (TLS), ou Força de Impacto em Redes, que serve de índice do impacto de um determinado País em relações de coautoria, ocorre uma pequena variação. Apesar de o Estados Unidos possuírem um maior número de documentos e de conexões (*links*), os trabalhos produzidos no Reino Unido possuem uma maior força de impacto em rede em relação àquela apresentada pelos trabalhos estado-unidenses. Assim daqueles cinco países, tem-se, em ordem decrescente: Reino Unido (TLS=172); Estados Unidos (TLS=166); Holanda (TSL=111); França (TLS=92); e, por fim, Itália (TLS=90).

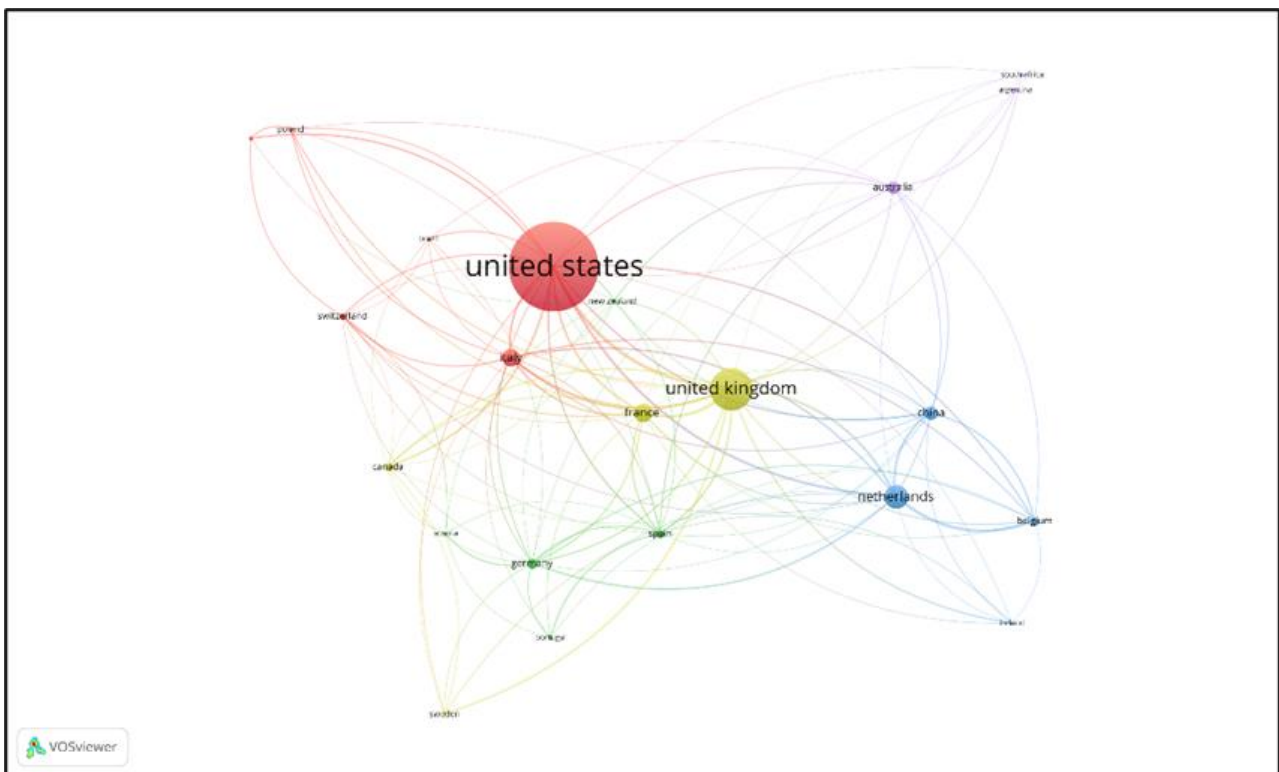
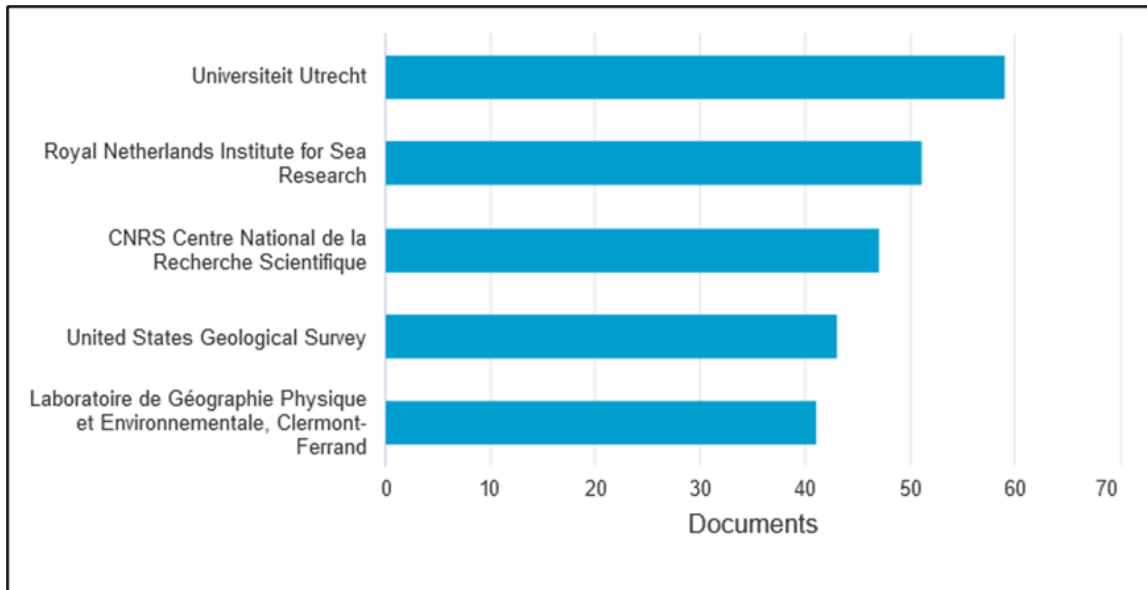


Figura 8. Redes de coautoria por países

A análise dos países leva necessariamente à pergunta de quais são as principais instituições de pesquisa com trabalhos em biogeomorfologia (Figura 9). Segundo a análise realizada pela própria base de dados *Scopus*, as instituições com maior número de documentos associados são, respectivamente: Universidade de Utrecht, Holanda, com 59 documentos (6.39% da produção total); Royal Netherlands Institute for Sea Research (NIOZ), Holanda, com 51 documentos (5.53%); Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), França, com 47 documentos (5.09%); United States Geological Survey (USGS), Estados Unidos, com 43 documentos (4.66%); e Laboratoire de Géographie Physique et Environnementale, Université Clermont Auvergne, França, com 41 documentos (4.44%).

Conclui-se, portanto, que, apesar de países como os Estados Unidos e Reino Unido possuírem um maior número total de trabalhos, as principais instituições de pesquisa em biogeomorfologia hoje se encontram na Holanda (Universidade de Utrecht e NIOZ) e em França (CNRS e Université Clermont Auvergne). O que está de acordo com as conclusões feitas na secção 3.1.3, onde 4 dos 5 autores mais produtivos estão associados a contextos acadêmico-científicos ora holandeses (Bouma, Hermann), ora franceses (Corenblit, Steiger).



**Figura 9.** Principais instituições de pesquisa em Biogeomorfologia

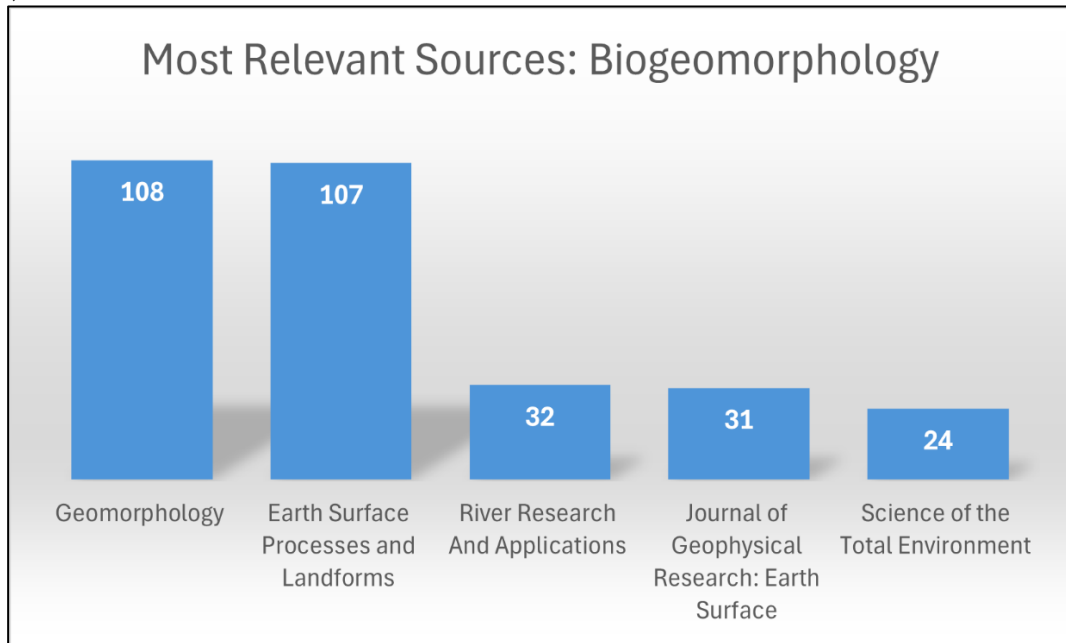
Das principais instituições acima referidas, e em ordem decrescente considerando-se o número total de citações, os documentos mais citados (Tabela 3) são de autoria de: Kirwan *et al.* (2010), associado a USGS, com 630 citações; Corenblit *et al.* (2007), associado ao CNRS e ao Laboratoire de Géographie Physique et Environnementale, 595 citações; Balke *et al.* (2014), associado a NOIZ, com 241 citações; e Temmink *et al.* (2022), associado à Universidade de Utrecht, com 158 citações.

**Tabela 3.** Principais trabalhos por Instituições de Pesquisa

Tipo de documento	Título	Autores	Periódico	Ano	Filiação	Número de citações
Artigo	<i>Limits on the adaptability of coastal marshes to rising sea level</i>	Kirwan et al.	<i>Geophysical Research Letters</i>	2010	<b>United Geological Survey</b>	630
Artigo	<i>Reciprocal interactions and adjustments between fluvial landforms and vegetation dynamics in river corridors: A review of complementary approaches</i>	Corenblit et al.	<i>Earth-Sciences Reviews</i>	2007	<b>CNRS e Laboratoire de Géographie Physique et Environnementale</b>	595
Artigo	<i>Critical transitions in disturbance-driven ecosystems: Identifying windows of opportunity for recovery</i>	Balke et al.	<i>Journal of Ecology</i>	2014	<b>Royal Netherlands Institute for Sea Research</b>	241
Artigo	<i>Recovering wetland biogeomorphic feedbacks to restore the world's biotic carbon hotspots</i>	Temmink et al.	<i>Science</i>	2022	<b>Universiteit Utrecht</b>	158

### 3.1.5. Principais fontes bibliográficas

A partir do software Excel realizou-se a análise das cinco revistas com maior número de publicações em biogeomorfologia (Figura 10). Análise revelou que dentre as principais revistas, encontram-se: Geomorphology, com 108 publicações (11.71% do total de publicações); Earth Surface Processes and Landforms, com 107 publicações (11.60%); River Research And Applications, com 32 publicações (3.47%); Journal of Geophysical Research: Earth Surface, com 31 publicações (3.36%); e, em 5º lugar, a revista Science of the Total Environment, com 24 publicações na área (2.60%).



**Figura 10.** Números de trabalhos nas principais fontes bibliográficas em Biogeomorfologia

A revista Geomorphology é a fonte bibliográfica com publicações mais antigas, que remontam a 1995, quando a revista publicou 5 trabalhos na área. A partir de então, o número de publicações na Geomorphology segue em crescimento, e já na segunda metade da década de 90 a revista possui o maior número de trabalhos na área, o que se mantém até os dias atuais. Por outro lado, a Earth Surface Processes and Landforms, 2ª revista com o maior número de publicações na área, só começa a apresentar um número expressivo de publicações na segunda metade dos anos 2000.

Em verdade, o mesmo poderia ser afirmado para a maior parte das fontes bibliográficas inventariadas: ainda que muitas revistas tenham publicado trabalhos em biogeomorfologia ainda na segunda metade da década de noventa do século passado, a análise gráfica revela que a produção biogeomorfológica no geral só começa a crescer por volta da segunda metade dos anos 2000 (2005 a 2010).

A análise dos documentos mais citados inventariados no presente trabalho, parece assinalar ainda mais esse fato: os documentos mais citados foram publicados entre datas próximas da segunda metade da década de 90 do século passado e a primeira década dos anos 2000. Na Figura 11, gerada a partir da própria análise da *Scopus*, tem-se o número histórico de publicações das cinco revistas com maior número de publicações.

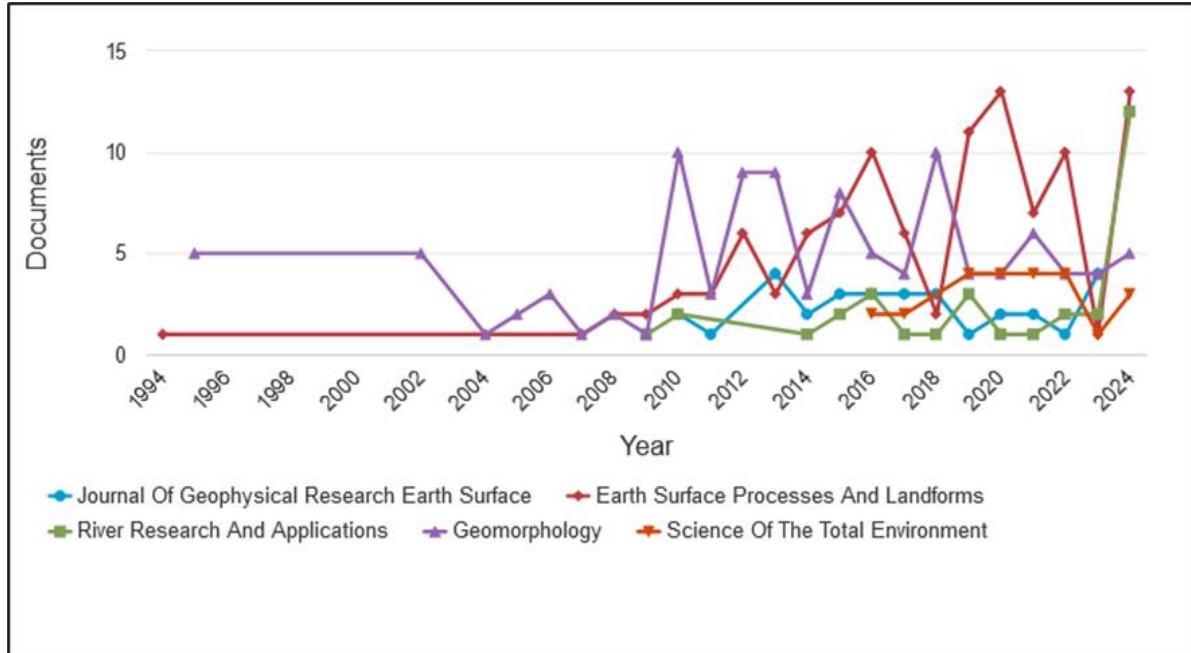


Figura 11. Produção histórica dos principais periódicos

### 3.1.6 Análise da coocorrência das palavras-chave

A análise de coocorrência de palavras-chave (Figura 12), realizada através do software VOSviewer, e filtrando-se pelas palavras que ocorressem em um mínimo de 15 vezes, relevou um total de 144 palavras, apresentadas em 6 clusters distintos.

Dentre as palavras em destaque, tem-se entre as 10 mais citadas: “biogeomorphology”, com 329 ocorrências; “geomorphology”, 285 ocorrências; “vegetation”, com 196 ocorrências; “United States”, 147 ocorrências; “sediment transport”, 127 ocorrências; “fluvial geomorphology”, 108 ocorrências; “ecogeomorphology”, 103 ocorrências; “rivers”, 87 ocorrências; “riparian vegetation”, 86 ocorrências; e, por fim, “climate change”, 85 ocorrências.

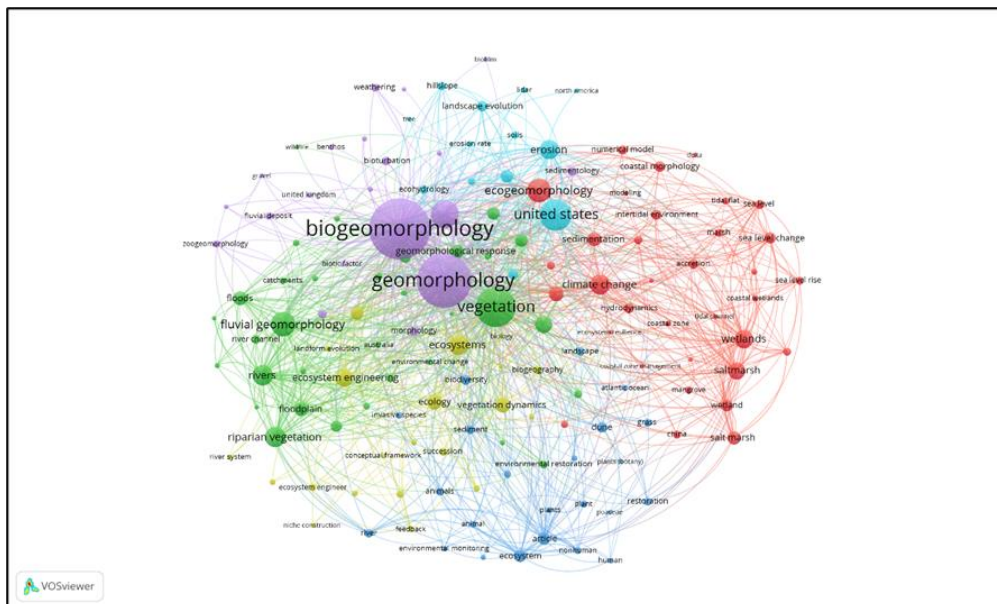


Figura 12. Coocorrência das palavras-chave em Biogeomorfologia

Pela análise dos dados, percebe-se que as pesquisas biogeomorfológicas organizam-se muito mais em função dos ambientes que investigam do que em relação àquela divisão clássica a partir do reino biótico, fitogeomorfologia (*plantae*) ou zoogeomorfologia (*animalia*). De igual modo, nota-se que alguns ambientes são áreas de estudo que recebem um maior enfoque nas pesquisas científicas, em destaque os ambientes fluviais e os costeiros/marinhos.

Também a partir da ocorrência das palavras-chave, constata-se ainda haver uma predominância dos estudos biogeomorfológicos com relação às interações entre processos e ambientes geomorfológicos e vegetação, sobretudo em sistemas fluviais. O termo “vegetation”, como dito anteriormente, é o 3º em número de ocorrência, precisamente 196; enquanto, “riparian vegetation”, ocorre 86 vezes na análise realizada. Com isso, assinala-se que interação entre formas de vida vegetal e processos geomorfológicos já são um objeto de estudo consolidado na ciência biogeomorfológica.

Por outro lado, assinala-se um menor enfoque nos estudos zoogeomorfológicos, onde processos geomorfológicos são associados ao reino *animalia*, área que só recentemente começou a receber uma maior atenção, ainda que obras como as de David Butler (1995) tenham sido escritas já no fim do século passado. A análise realizada pelo VOSviewer assinala que o termo zoogeomorfologia começa a ser usado mais frequentemente sobretudo a partir de 2018, o que demonstra, por sua vez, ser a zoogeomorfologia área de interesse na atualidade.

### 3.2. Especificidades da produção acadêmico-científica por ambientes geomorfológicos

#### 3.2.1 Números totais por ambientes geomorfológicos

Em números totais, daqueles 922 trabalhos inventariados, 756 documentos (81% do total) associados àqueles três ambientes geomorfológicos, e encontram-se distribuídos através de 285 fontes.

Classificando-se por tipo de documento, os trabalhos em biogeomorfologia costeira ou marinha, um total de 291 publicações (Figura 13), dividem-se em: 244 artigos em periódicos (83.8%); 22 revisões (7.5%); 12 capítulos de livro (4.1%); 11 resumos em conferências (3.7%); 1 documento editorial (0.3%); e, por fim, 1 errata (0.3%). Os trabalhos associam-se ao nome de 963 autores, através de um total de 122 fontes. A média de autores por trabalho foi estimada em 4.87. A taxa de crescimento anual sendo estimada em 8.59%. Quanto à taxa de coautoria internacional, que será analisada mais detidamente logo abaixo, estimou-se em 35.74%. Sendo assim, um pouco mais de (1/3) do total de documentos inventariados apresentam relações de coautoria internacional.



Figura 13. Números totais em Biogeomorfologia costeira e marinha

Na biogeomorfologia costeira e marinha, em se tratando dos cinco documentos mais citados (Tabela 4), foram inventariados 4 artigos em revistas acadêmicas e 1 revisão. O artigo de Kirwan *et al.* (2010), publicado na *Geophysical Research Letters*, se destaca na área e em biogeomorfologia como um todo, apresentando um total de 631 citações. Em sequência tem-se: a revisão de Day *et al.* (2008) e o artigo de Ravai *et al.* (2008), com 277 e 240 citações, respectivamente; em quarto lugar, o artigo de Collins *et al.* (2012) igualmente com 240; e, por fim, outro artigo de Kirwan *et al.* (2012), com 208 citações.

**Tabela 4.** Principais trabalhos em Biogeomorfologia costeira e marinha

Tipo de documento	Título	Autores	Periódico	Ano	Número de citações
Artigo	<i>Limits on the adaptability of coastal marshes to rising sea level</i>	Kirwan <i>et al.</i>	<i>Geophysical Research Letters</i>	2010	631
Revisão	<i>Consequences of climate change on the ecogeomorphology of coastal wetlands</i>	Day <i>et al.</i>	<i>Estuaries and Coasts</i>	2008	277
Artigo	<i>Global controls on carbon storage in mangrove soils</i>	Rovai <i>et al.</i>	<i>Nature and Climate Change</i>	2018	240
Artigo	<i>The floodplain large-wood cycle hypothesis: A mechanism for the physical and biotic structuring of temperate forested alluvial valleys in the North Pacific Coastal region</i>	Collins <i>et al.</i>	<i>Geomorphology</i>	2012	240
Artigo	<i>Feedbacks between inundation, root production, and growth in a rapidly submerging brackish marsh</i>	Kirwan; Gunterspergen	<i>Journal of Ecology</i>	2012	208

Quanto aos trabalhos biogeomorfológicos em ambientes fluviais (Figura 14), chegou-se a um total de 357 documentos, estes se dividem em: 272 artigos em periódicos acadêmicos (72.19%); 28 revisões (7.84%); 27 capítulos de livro (7.56%); 22 trabalhos em anais de congresso e conferências (6.16%); 4 editoriais (1.12%); 2 notas (0.56%); 1 livro (0.28%); e 1 errata (0.28%). Os trabalhos estão associados aos nomes de 983 autores, com uma média de 4.3 autores por documento, através de 115 fontes bibliográficas. A taxa de crescimento anual foi calculada em 13.08% ao ano, o que aponta ser a biogeomorfologia fluvial a área de pesquisa que mais cresce no contexto dos estudos biogeomorfológicos.



**Figura 14.** Números totais em Biogeomorfologia Fluvial



Quanto aos cinco trabalhos biogeomorfológicos fluviais mais citados (Tabela 5), inventariou-se as seguintes publicações: Corenblit *et al.* (2007) e Temmerman *et al.* (2007), com 595 e 355 citações, respectivamente; Davies e Gibling (2010), com 275; Fetherston *et al.* (1995), com 255; e, por fim, Balke *et al.* (2014), com 242 citações. Nota-se que Tjeerd Bouma, um dos principais autores em biogeomorfologia costeira, aparece como coautor em 2 dos 5 trabalhos mais citados em publicações que tiveram como recorte espacial ambientes fluviais, o que assinala a abrangência dos trabalhos de Bouma em biogeomorfologia.

**Tabela 5.** Principais trabalhos em Biogeomorfologia Fluvial

<b>Tipo de documento</b>	<b>Título</b>	<b>Autores</b>	<b>Periódico</b>	<b>Ano</b>	<b>Número de citações</b>
Artigo	<i>Reciprocal interactions and adjustments between fluvial landforms and vegetation dynamics in river corridors: a review of complementary approaches</i>	Corenblit <i>et al.</i>	<i>Earth-science Reviews</i>	2007	595
Artigo	<i>Vegetation causes channel erosion in a tidal landscape</i>	Temmerman <i>et al.</i>	<i>Geology</i>	2007	355
Revisão	<i>Cambrian to Devonian evolution of alluvial systems: the sedimentological impact of the earliest land plants</i>	Davies; Gibling	<i>Earth-science Reviews</i>	2010	275
Artigo	<i>Large wood debris, Physical process, and riparian forest development in montane river networks of the Pacific Northwest</i>	Fetherston <i>et al.</i>	<i>Geomorphology</i>	1995	255
Artigo	<i>Critical transitions in disturbance-driven ecosystems: Identifying windows of opportunity for recovery</i>	Balke <i>et al.</i>	<i>Journal of Ecology</i>	2014	242

Já em relação aos estudos biogeomorfológicos em ambientes de encosta, chegou-se a um total de 108 trabalhos (Figura 15), divididos em: 94 artigos em periódicos acadêmicos (87.03%); 9 revisões (8.33%); 3 capítulos de livro (2.85%); e 2 resumos em anais de congresso e conferências (1.90%). Os trabalhos estão associados a um número total de 309 autores, com uma média de 3.55 autores por publicação, e encontram-se através de 48 fontes bibliográficas, com uma taxa de crescimento estimada em 6.94% ao ano.



Figura 15. Números totais em Biogeomorfologia de encostas

Quanto aos cinco trabalhos mais citados na área de encostas (Tabela 6), destaca-se: Lavee *et al.* (1998), com 274 citações; Fetherston *et al.* (1995) e Vandenbruwaene *et al.* (2011), com 255 e 172 citações, respectivamente; Viles *et al.* (2008), 161 citações; e, em quinto lugar, Marston (2010), com 159 citações.

Tabela 6. Principais trabalhos em Biogeomorfologia de encostas

Tipo de documento	Título	Autores	Periódico	Ano	Número de citações
Artigo	<i>The impact of climate change on Geomorphology and desertification along a Mediterranean-arid transect</i>	Lavee <i>et al.</i>	<i>Land Degradation and Development</i>	1998	274
Artigo	<i>Large woody debris, Physical process, and riparian forest development in montane river networks of the Pacific Northwest</i>	Fetherston <i>et al.</i>	<i>Geomorphology</i>	1995	255
Artigo	<i>Flow interaction with dynamic vegetation patches: Implications for biogeomorphic evolution of a tidal landscape</i>	Vandenbruwaene <i>et al.</i>	<i>Journal of Geophysical Research: Earth Surface</i>	2011	172
Artigo	<i>Biogeomorphological disturbance regimes: Progress in linking ecological and geomorphological systems</i>	Viles <i>et al.</i>	<i>Earth Surface Processes and Landforms</i>	2008	161

Artigo	<i>Geomorphology and vegetation: Interactions, dependencies, and feedbacks loops</i>	Marston	<i>Geomorphology</i>	2010	159
--------	--	---------	----------------------	------	-----

3.2.2 Produção científica anual

Das subáreas temáticas, a análise da produção científica anual relevou os seguintes dados: para biogeomorfologia costeira e marinha, uma taxa de crescimento anual foi estimada em 8.59% ao ano (Figura 16).

A ocorrência mais antiga inventariada aponta ao artigo de Babikir (1984), da Universidade do Qatar, publicado na GeoJournal, intitulado *Vegetation and environment on the coastal sand dunes and playas of Khor El-Odaid area, Qatar*. No entanto, à publicação desse artigo, segue-se um hiato de quatro anos, quando 2 artigos são publicados em 1988, os trabalhos de Spencer (1988) e Viles (1988b). Entre 1989 e 2001, a produção científica na área é baixa, não ultrapassando a média de 0.3 artigos ao ano. Em 2002, três artigos são publicados, o maior número desde a primeira ocorrência. No entanto, entre 2002 e 2007, a produção acadêmica decai novamente, para ser retomada em 2008, quando 7 trabalhos são publicados. Entre 2008 e 2024, a produção na área cresce, sendo publicados cerca de 17 artigos ao ano. Quanto ao ano em que se teve o maior número de publicações, tem-se o ano de 2021, quando 31 trabalhos são publicados.

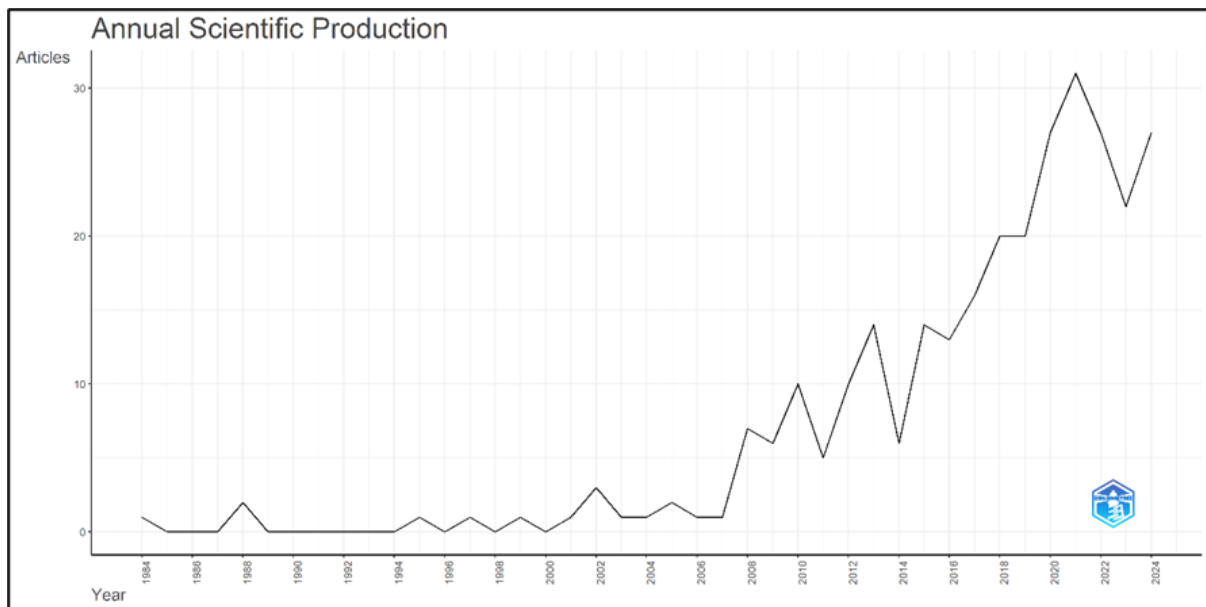
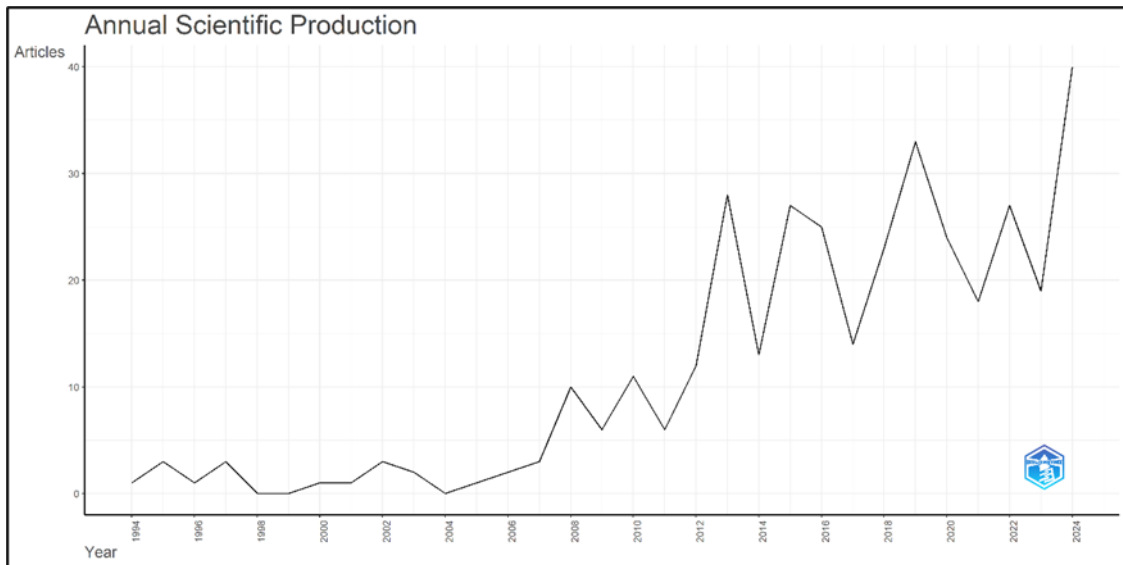


Figura 16. Produção científica anual em Biogeomorfologia costeira e marinha

Quanto aos trabalhos biogeomorfológicos em ambientes fluviais (Figura 17), a taxa de crescimento anual foi estimada em 13.08%, um percentual de 4.49% maior em relação aos estudos em ambientes costeiros e marinhos, pondo os trabalhos em tais ambientes em destaque na disciplina.

O trabalho mais antigo inventariado é o de Trimble (1995), publicado na *Earth Surface Processes and Landforms*, e trata dos efeitos erosivos do gado em margens fluviais. Entre 1994 e 2007 a produção na área foi pouco expressiva, sendo a média de trabalhos 1.6 publicações por ano. Em 2008, no entanto, 10 trabalhos são publicados, ano que marca o início de um crescimento na disciplina, ainda que marcadamente sincopado. Nos 15 anos que separam as datas de 2008 a 2023, chegou-se a um total de 19.7 publicações por ano, um número expressivo. Em 2024, ano limite do recorte temporal analisado, foi quando se publicou o maior número de trabalhos, chegando-se a um total de 40 publicações, o que demonstra a atualidade das pesquisas em ambientes fluviais.

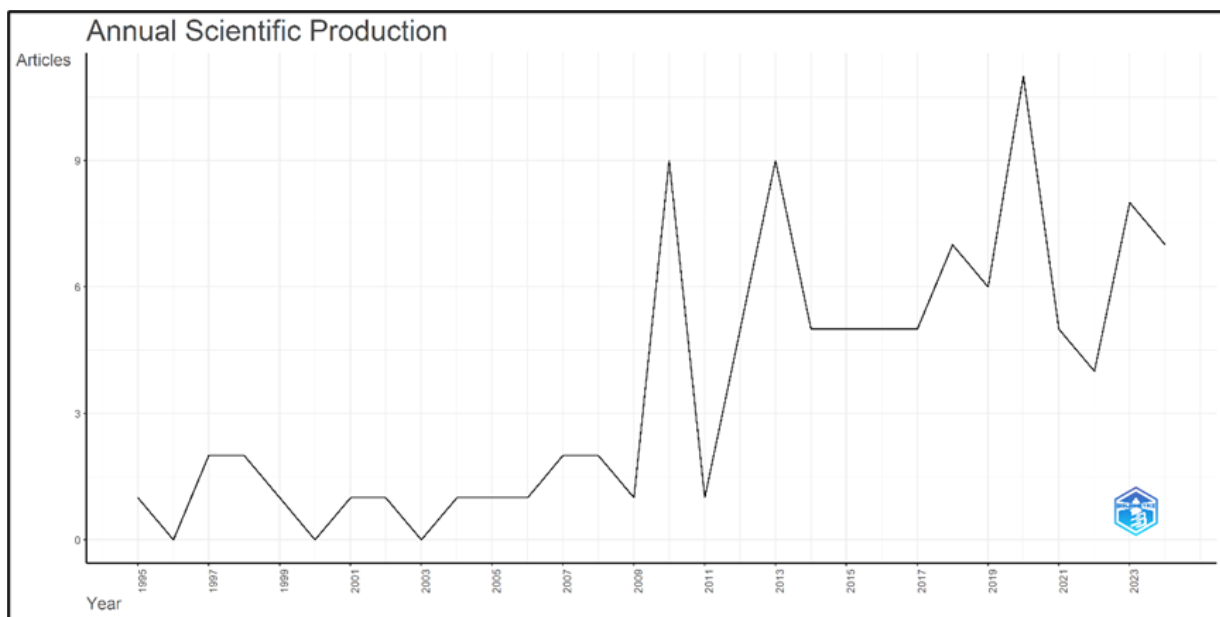
A análise dos anos de publicação permite, assim, apontar um crescimento de 97.5% em 30 anos (1994-2024), e a taxa de crescimento anual de 13.08% permite estimar um crescimento cada vez maior na disciplina. Número expressivo, isso demonstra serem os ambientes fluviais recortes espaciais predominantes na biogeomorfologia.



**Figura 17.** Produção anual em Biogeomorfologia fluvial

Já em relação ao crescimento anual da produção científica em biogeomorfologia em ambientes de encosta (Figura 18), estimou-se uma taxa de crescimento de 6.94%, 1.65% menor em relação aos estudos em ambientes costeiros e marinhos e uma marcante diferença de 6.14% em relação aos estudos biogeomorfológicos fluviais.

O trabalho mais antigo inventariado é de autoria de Fetherston *et al.* (1995), publicado na *Geomorphology*, e trata dos processos físicos envolvendo detritos lenhosos em sistemas fluviais de montanha. Entre 1995 e 2009, a produção na área é baixa, porém contínua, apresentando uma média de 1.06 publicações/ano. Em 2010, no entanto, dá-se um aumento no número de publicações, quando 9 trabalhos são publicados. A partir de 2010, a produção acadêmica aumenta, o gráfico, no entanto, ainda apresentando altos e baixos em descompassos bem mercados. A média de publicações entre 2010-2024 é de 6.57 trabalhos/ano. Entre a série histórica analisada, o ano com um maior número de publicações foi o de 2020, quando 11 documentos foram publicados.



**Figura 18.** Produção anual em Biogeomorfologia de encostas

## 3.2.3. Autores mais produtivos e redes de coautoria

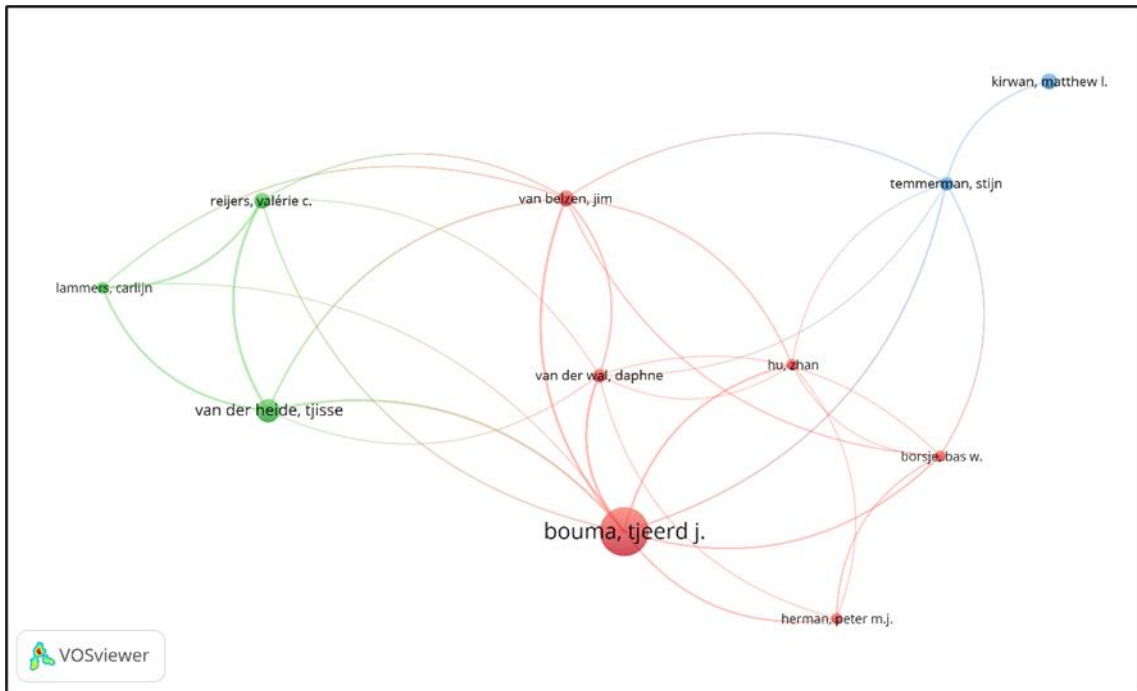
Em relação aos autores mais produtivos, aos seus trabalhos mais citados e às redes de coautoria em que estes se inserem, citam-se: na biogeomorfologia em áreas costeiras e marinhas, Tjeerd Bouma (Royal Netherlands Institute for Sea Research), com 26 documentos; Larissa Naylor (University of Glasgow), com 11 documentos; Peter M.J. Hermann (Delf University of Technology), 10 documentos; Tjisse Van der Heide (University of Groningen), com 10 documentos; e, em quinto lugar, Bas W. Borsje (Universidade de Twente), com 9 documentos.

De tais autores, os cinco trabalhos mais citados (Tabela 7) são: Temmink *et al.* (2022), 163 citações; Viles *et al.* (2008), 161 citações; Reed *et al.* (2018), 76 citações; Hu *et al.* (2021), com 51 citações; e, em quinto lugar, Willemsen *et al.* (2018), com 43 citações. A análise dos documentos releva que Tjeerd Bouma aparece como coautor em 3 dos 5 cinco trabalhos elencados, uma ocorrência de 60% dentre os trabalhos inventariados. Destaca-se igualmente o nome de Bas W. Borsje, que surge como coautor em 2 dos 5 trabalhos, com ocorrência de 40%.

Tabela 7. Trabalhos mais citados dos autores mais relevantes em Biogeomorfologia Costeira e Marinha

Tipo do Documento	Título	Autores	Periódico	Ano	Número de citações
Revisão	<i>Recovering wetland biogeomorphic feedbacks to restore the world's carbon hotspots</i>	Temmink; Lamers; Angelini; <b>Bouma</b> ; Fritz; Koppel; Lexmond; Rietkerk; Silliman; <b>Van der Heide</b>	<i>Science</i>	2022	163
Artigo	<i>Biogeomorphological disturbance regimes: Progress in linking ecological and geomorphological systems</i>	Viles; <b>Naylor</b> , Carter; Chaput	<i>Earth Surface Processes and Landforms</i>	2008	161
Revisão	<i>Tidal flat-wetland systems as flood defenses: Understanding biogeomorphic feedbacks</i>	Reed; Wesenback; <b>Herman</b> ; Meselhe	<i>Estuarine, Coastal and Shelf Science</i>	2018	76
Artigo	<i>Mechanistic Modeling of Marsh Seedling Outlook for Coastal Wetland Restoration Under Global Climate Change</i>	Hu; <b>Borsje</b> ; Belzen; Pim; Willemsen; Wang; Peng; Dominics; Wolf; Stijn; <b>Bouma</b>	<i>Geophysical Research Letters</i>	2021	51
Artigo	<i>Quantifying Bed Level Change at the Transition of Tidal Flat and Salt Marshe: Can We Understand the lateral Location of Marshe Edge?</i>	Willemsen; <b>Borsje</b> ; <b>Hulscher</b> ; Van der Wal; Zhu; Evans; Moller; <b>Bouma</b>	<i>Journal of Geophysical Research: Earth Surface</i>	2018	43

Quanto às redes de coautoria na área costeira (Figura 19), a análise revelou 3 *clusters*. O primeiro deles, está associado ao nome de Matthew Kirwan, com 7 documentos em redes de coautoria. Em seguida, tem-se o cluster associado a Tjeerd Bouma, com 21 trabalhos em relações de coautoria, destacando-se como o autor mais produtivo da área. O terceiro cluster associa-se com o nome de Tjisse Van der Heide, com 10 documentos em rede de coautoria.



**Figura 19.** Redes de coautoria em Biogeomorfologia costeira e marinha

Na biogeomorfologia fluvial, dentre os autores mais produtivos citam-se: em primeiro lugar, Dov Corenblit (CNRS/Université Toulouse), com 31 trabalhos; J. Steiger (CNRS/ Université Clermont Auvergne), com 27 trabalhos; Angela Gurnell (Queen Mary University of London), com 17 trabalhos; Stephen Rice (Manchester Metropolitan University), com 15 trabalhos; e, em quinto lugar, Walter Bertoldi (University of Trento), com 14 trabalhos.

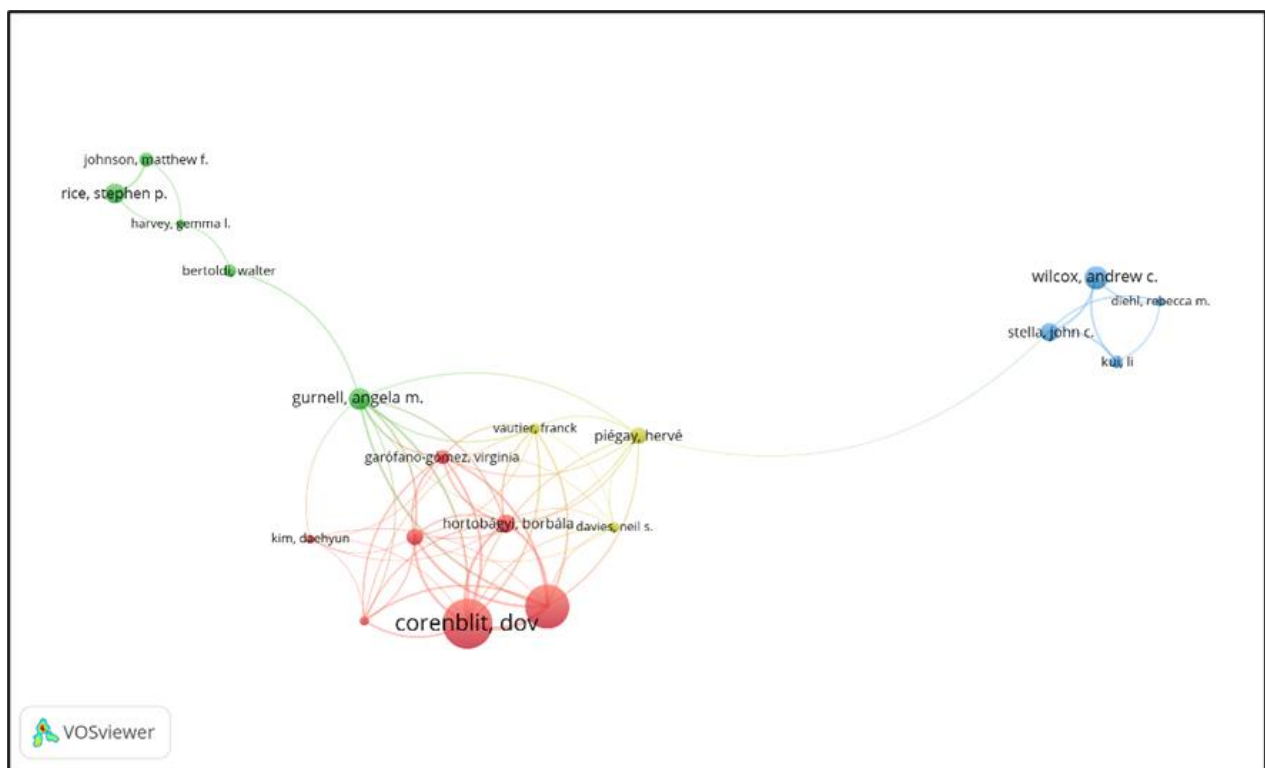
Dos autores, considerando-se trabalhos onde um ou mais surgem como coautores, foram inventariados três trabalhos (Tabela 8), em ordem crescente segundo o número de citações foram: Corenblit *et al.* (2007), com 595; Bertoldi *et al.* (2009), com 135; em terceiro lugar, Harvey *et al.* (2011), com 61 citações. As relações são as seguintes: Corenblit, Steiger e Gurnell aparecem como coautores no trabalho mais citado (Corenblit *et al.*, 2007); Bertoldi e Gurnell são coautores no segundo trabalho mais citado (Bertoldi *et al.*, 2007); e Rice aparece como coautor no terceiro trabalho mais citado (Harvey *et al.*, 2011).

**Tabela 8.** Trabalhos mais citados dos autores mais produtivos em Biogeomorfologia fluvial

Tipo de documento	Título	Autores	Periódico	Ano	Número de citações
Artigo	<i>Reciprocal interactions and adjustments between fluvial landforms and vegetation dynamics in rivers corridors: a review of complementary approaches</i>	Corenblit et al.	<i>Earth-Science Reviews</i>	2007	595
Artigo	<i>Understanding reference processes: linkages between river flows, sediment dynamics and vegetated landforms along the Tagliamento River, Italy</i>	Bertoldi et al.	<i>River Research Applications</i>	2009	135

Artigo	<i>Evaluating the role of invasive aquatic species as drivers of fine sediment-related river management problems: the case of the signal crayfish (Pacifastacus leniusculus)</i>	Harvey et al.	<i>Progress in Physical Geography</i>	2011	61
--------	--	---------------	---------------------------------------	------	----

Quanto às redes de coautoria na biogeomorfologia fluvial, através da análise pelo VOSviewer, chegou-se a um total de 4 clusters (Figura 20). O primeiro cluster está associado aos nomes de Dov Corenblit, com 27 trabalhos com relações de coautoria, e Johannes Steiger, com 24 documentos. O segundo cluster associa-se ao nome de Angela Gurnell, com 12 trabalhos em relações de coautoria. O terceiro e quarto clusters associam-se, respectivamente, aos nomes de John Stella, com 10 trabalhos em coautoria, e Hervé Piégay, com 9 documentos.



**Figura 20.** Redes de coautoria em Biogeomorfologia fluvial

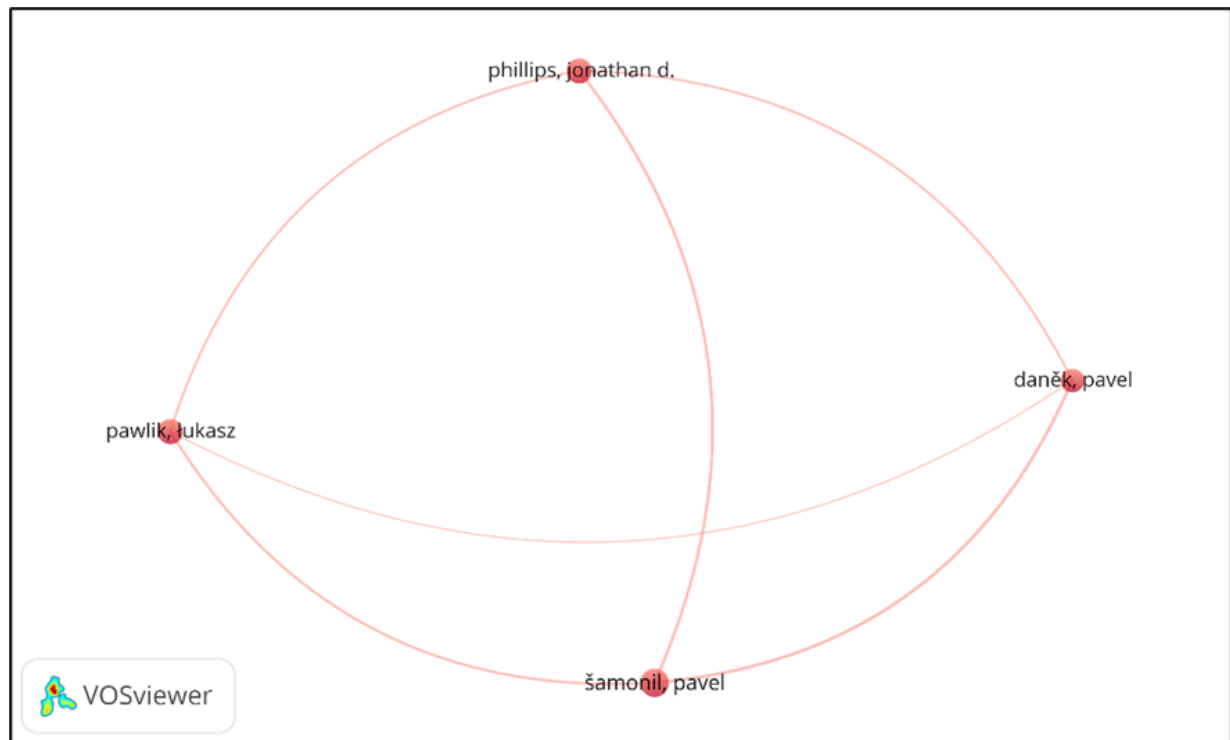
Na biogeomorfologia de encosta, citam-se os seguintes autores: Pavel Šamonil (Mendel University/The Silva Tarouca Research Institute), com 10 publicações; Jonathan Phillips (University of Kentucky), 8 publicações; Pavel Daněk (The Silva Tarouca Research Institute), 7 publicações; Jana Eichel (Utrecht University), 7 publicações; e, em quinto lugar, Łukasz Pawlik (University of Silesia /The Silva Tarouca Research Institute), com 7 trabalhos.

Em relação aos cinco trabalhos em destaque, com ou sem relações de coautoria (Tabela 9), citam-se, de acordo com o número de citações: Pawlik *et al.* (2016), com 125; Eichel *et al.* (2016), com 91; e, em terceiro lugar, Phillips *et al.* (2017), com um total de 56 citações. Dos três documentos inventariados, Pawlik, Phillips e Šamonil aparecem em dois deles em relações de coautoria; Eichel aparece em um deles, no segundo trabalho mais citado. Daněk aparece em um dos documentos, em relação de coautoria com Pawlik, Phillips e Šamonil, no trabalho com menor número de citações dentre aqueles três documentados.

**Tabela 9.** Trabalhos mais citados dos autores mais produtivos em Biogeomorfologia de encostas

Tipo de documento	Título	Autores	Periódico	Ano	Número de citações
Revisão	<i>Roots, rock and regolith: Biomechanical and Biochemical weathering by trees and its impact on hillslopes – A critical literature review</i>	<b>Pawlik;</b> <b>Phillips;</b> <b>Samonil.</b>	<i>Earth-science Reviews</i>	2016	125
Artigo	<i>Conditions for feedbacks between geomorphic and vegetation dynamics on lateral moraine slopes: A biogeomorphic feedback window</i>	<b>Eichel et al.</b>	<i>Earth Surface Processes And Landforms</i>	2016	91
Artigo	<i>Domination of hillslope denudation by tree uprooting in a old-growth forest</i>	<b>Phillips;</b> <b>Samonil;</b> <b>Pawlik;</b> Trochta; <b>Danek</b>	<i>Geomorphology</i>	2017	56

Quanto às redes de coautoria nos trabalhos em ambientes de encosta (Figura 21), filtrando-se por aqueles autores com um número mínimo de 5 documentos, e excluindo-se aqueles que não possuem relações de coautoria, chegou-se a um único *cluster*, representado pelos seguintes autores: Šamonil, 9 trabalhos; Phillips, 7 trabalhos; Pawlik, 7 trabalhos; e, em quarto lugar, Daněk, 6 trabalhos.

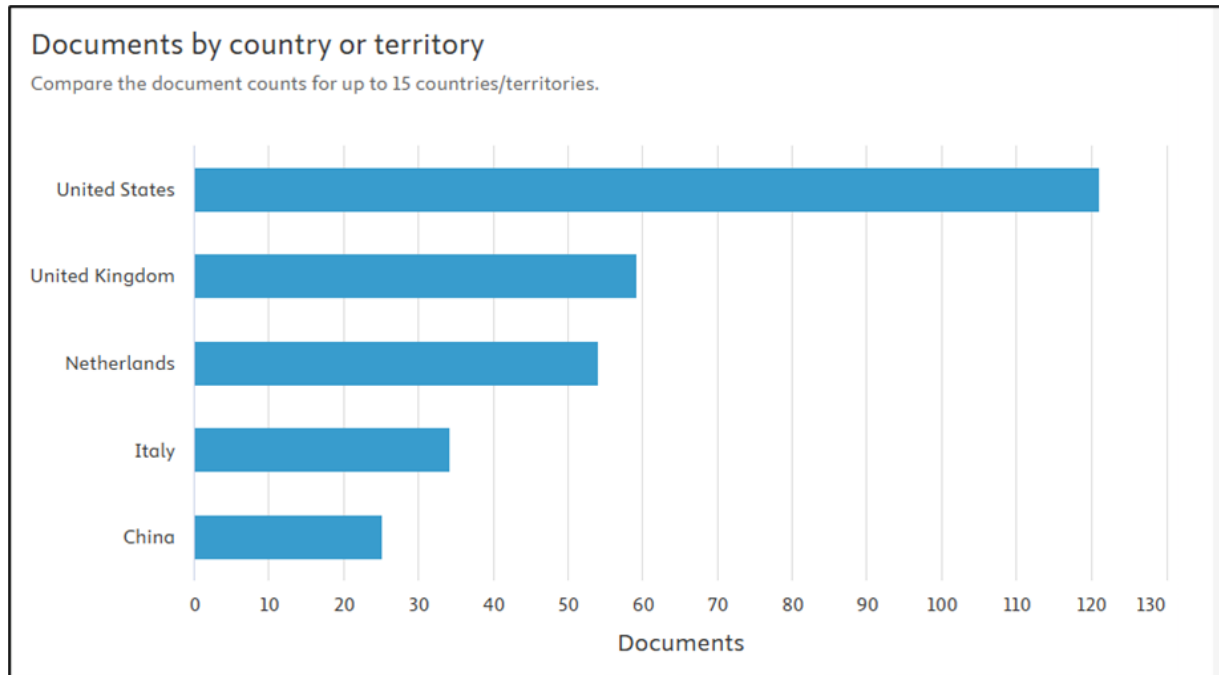


**Figura 21.** Redes de coautoria em Biogeomorfologia de encostas



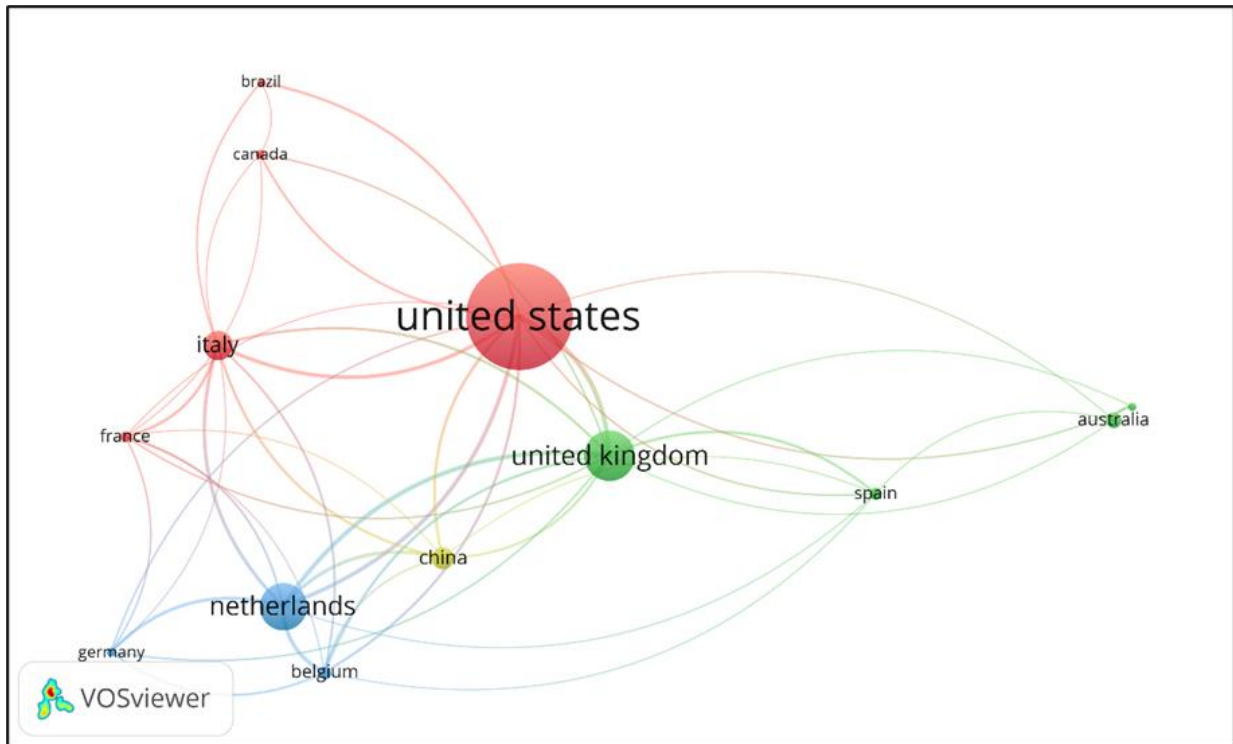
### 3.2.4. Países-eixo, coautoria por países e principais instituições

Quanto aos países-eixo e principais instituições de pesquisa em biogeomorfologia, aponta-se: na biogeomorfologia costeira e marinha (Figura 22), Estados Unidos, com 121 trabalhos, com 41.58% da produção total; Reino Unido, com 59 trabalhos (20.27%); Holanda, com 54 documentos (18.55%); Itália, com 34 trabalhos (11.68%); e, em quinto lugar, a China, com 25 trabalhos (08.59%).



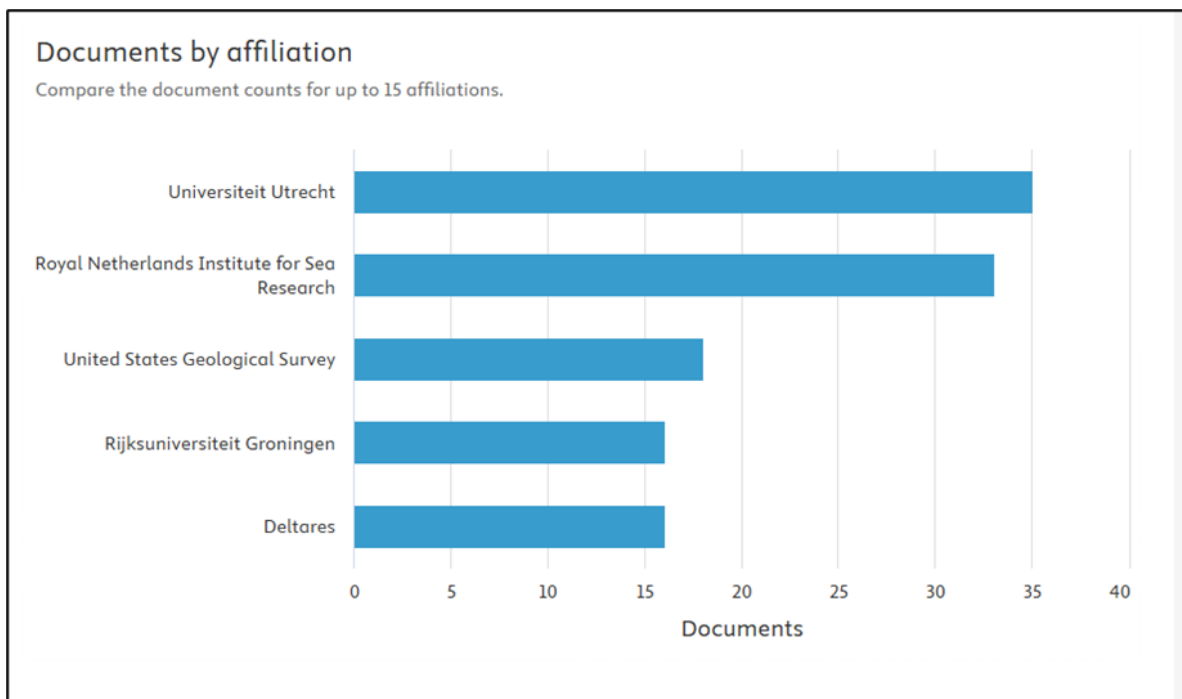
**Figura 22.** Países-eixo em Biogeomorfologia Costeira e Marinha

Através análise das relações de coautoria por países, realizado através do VOSviewer, chegou-se um total de 4 *clusters* (Figura 23). O primeiro deles tem os Estados Unidos como País-eixo, com 121 documentos (TSL=53); o segundo *cluster*, apresenta o Reino Unido em destaque, com 58 documentos (TSL= 46); o terceiro *cluster* apresenta a Holanda, com 54 trabalhos (TSL=53); o quatro e último *cluster* apresenta a China, com 25 documentos (TSL= 23).



**Figura 23.** Redes de coautoria por países em Biogeomorfologia Costeira e Marinha

Em relação às principais instituições de pesquisa em ambientes biogeomorfológicos costeiros e marinhos (Figura 24), citam-se: Universidade de Utrecht, Holanda, com 35 documentos; o Royal Netherlands Institute for Sea Research, Holanda, com 33 documentos; a United States Geological Survey, Estados Unidos, com 18 documentos; Universidade de Groningen, Holanda, com 16 documentos; e, em quinto lugar, Deltares, Holanda, com 16 documentos. Destacam-se as instituições de pesquisa holandesas, que aparecem em 4 vezes nas 5 instituições analisadas, um total de 80%.



**Figura 24.** Principais instituições de pesquisa em Biogeomorfologia Costeira e Marinha

Na biogeomorfologia fluvial (Figura 25), enquanto países-eixo em pesquisas na área citam-se: Estados Unidos, com 158 documentos, com 44.25% de todos os trabalhos na área; Reino Unido, 84 trabalhos (23.52%); França, com 53 trabalhos (14.84%); Itália, 32 documentos (8.96%); e, em quinto lugar, encontra-se o Canadá, com 22 trabalhos (6.16%).

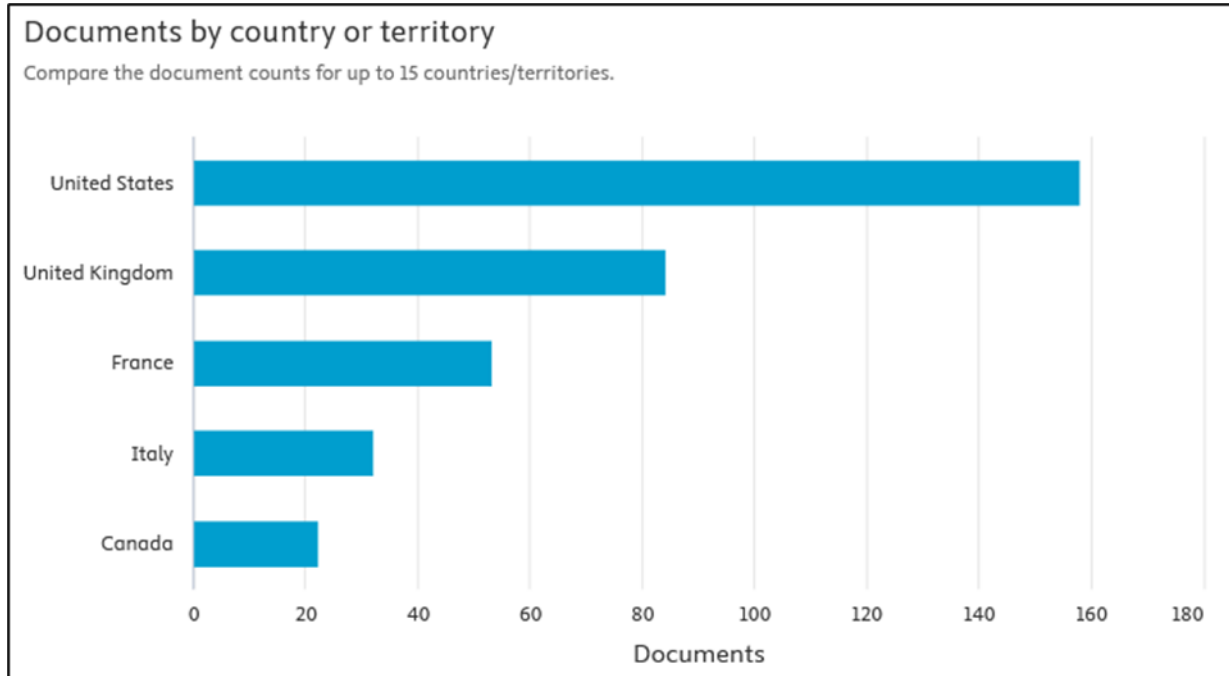
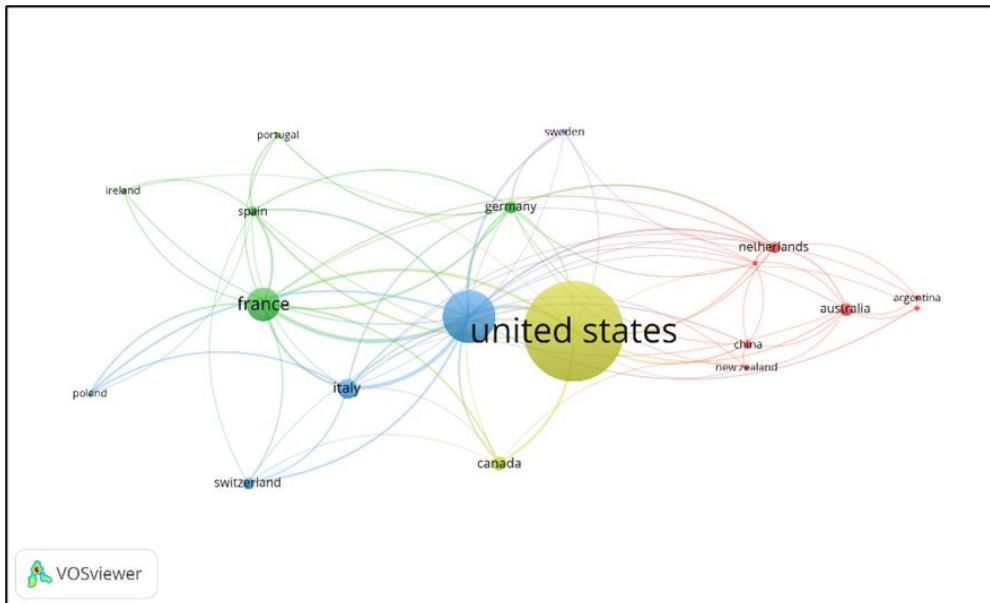


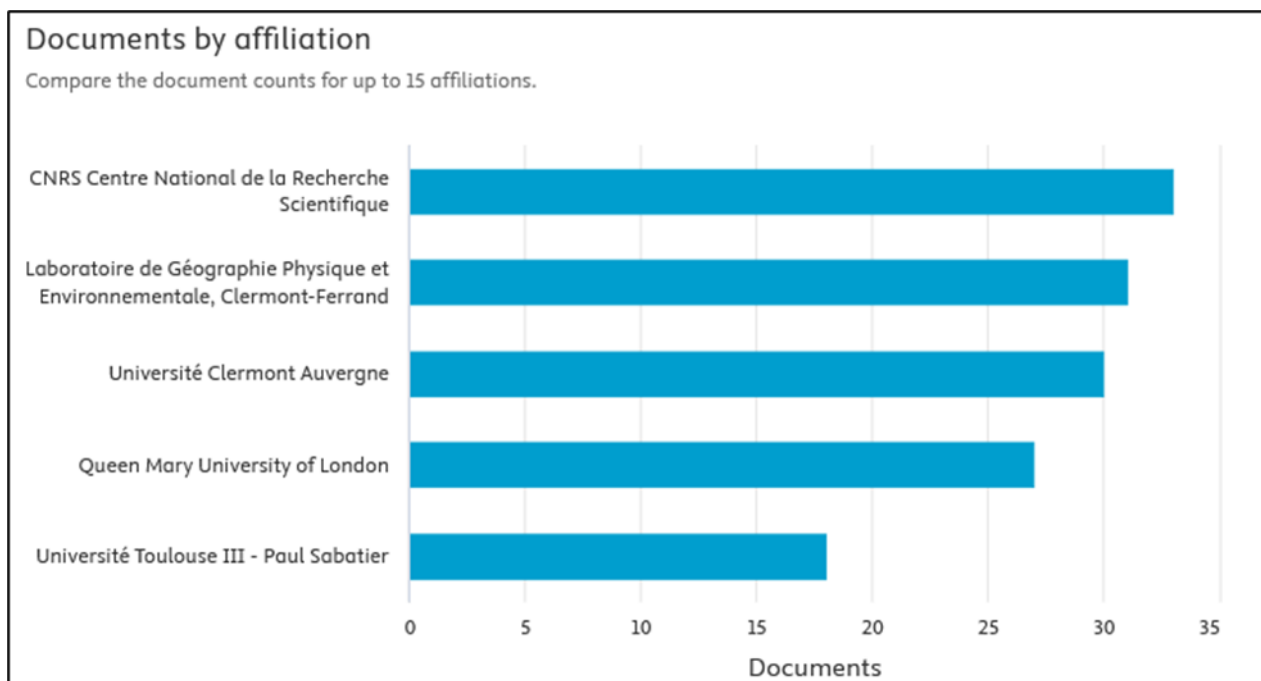
Figura 25. Países-eixo em Biogeomorfologia fluvial

A análise das redes de coautoria revelou os seguintes clusters: em um total de 5 *clusters* (Figura 26), o primeiro deles está associado à Austrália e à Holanda que possuem, respectivamente, 21 trabalhos (TSL=11) e 18 trabalhos (TSL=25). O segundo *cluster*, encontra-se ele associado à França, que possui 53 trabalhos (TSL=70). O terceiro *cluster* associa-se ao Reino Unido, com 83 trabalhos (TSL=101). O quarto *cluster*, que recebe destaque, associa-se aos Estados Unidos, que possui 158 trabalhos (TSL=62). O quinto e último *cluster* encontra-se associado à Suécia, que possui 10 documentos (TSL=12). Nota-se que, embora os Estados Unidos possuam um maior número de trabalhos, as relações de coautoria internacional são maiores em países como Reino Unido e França, dois países-eixo em pesquisa biogeomorfológica e cujas instituições de pesquisa estão entre as mais produtivas na área.



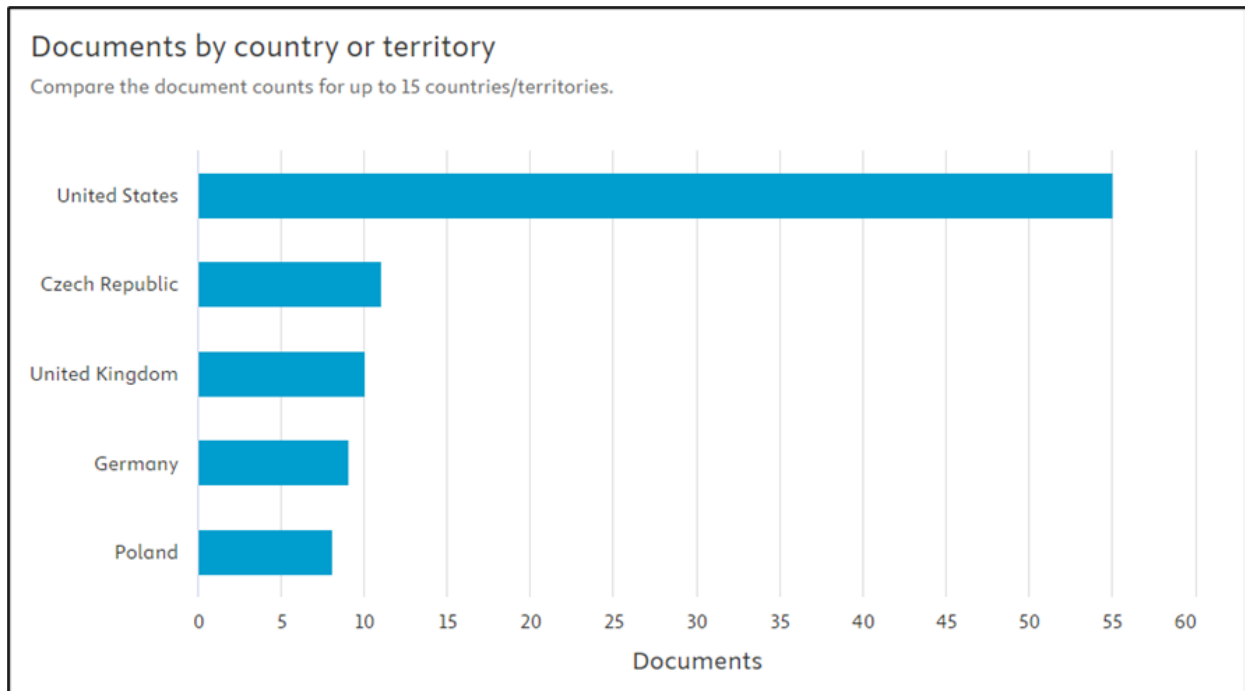
**Figura 26.** Redes de coautoria em Biogeomorfologia fluvial

Quanto às principais instituições de pesquisa em ambientes fluviais (Figura 27), aponta-se às seguintes: Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), França, com 33 trabalhos, 9.24% do total; Laboratoire de Géographie Physique et Environnementale, Clermont-Ferrand, França, com 31 trabalhos (8.68%); Université Clermont Auvergne, França, com 30 documentos (8.40%); Queen Mary University of London, Reino Unido, 27 trabalhos (7.56%); e, em quinto lugar, Université Toulouse, com 18 trabalhos (5.04%). Nota-se que embora a França esteja em terceiro lugar como País com maior número de trabalhos (53), 4 das 5 instituições com maior número de trabalhos encontram-se em solo francês. A razão da liderança das instituições francesas está associada aos nomes de Dov Corenblit (1º autor em número de trabalhos) e Johannes Steiger (2º autor em número de trabalhos), que desenvolveram trabalhos em todas as instituições francesas citadas acima.



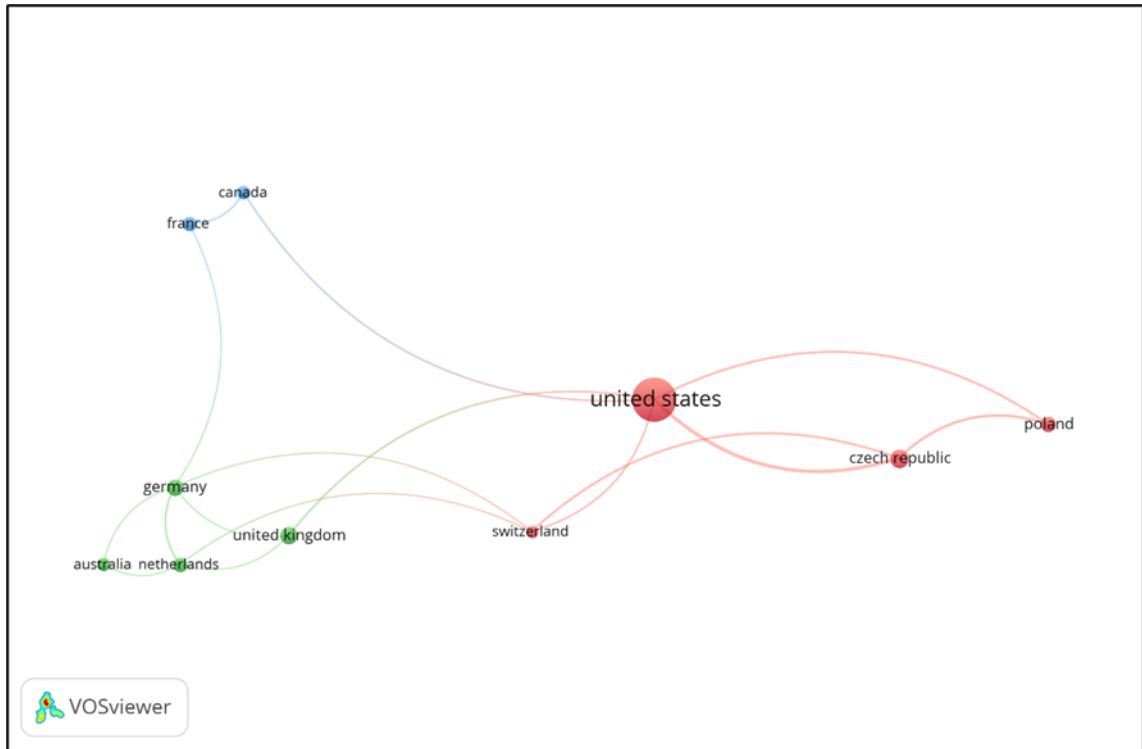
**Figura 27.** Principais instituições em Biogeomorfologia fluvial

A respeito das pesquisas biogeomorfológicas em ambientes de encosta, quanto aos países-eixo (Figura 28) cita-se: Estados Unidos, com 55 publicações (52.38%); Tchêquia, com 11 publicações (10.47%); Reino Unido, 10 publicações (9.52%); Alemanha, em 9 publicações (8.57%); e, em quinto lugar, Polônia, com 8 publicações (7.6%).



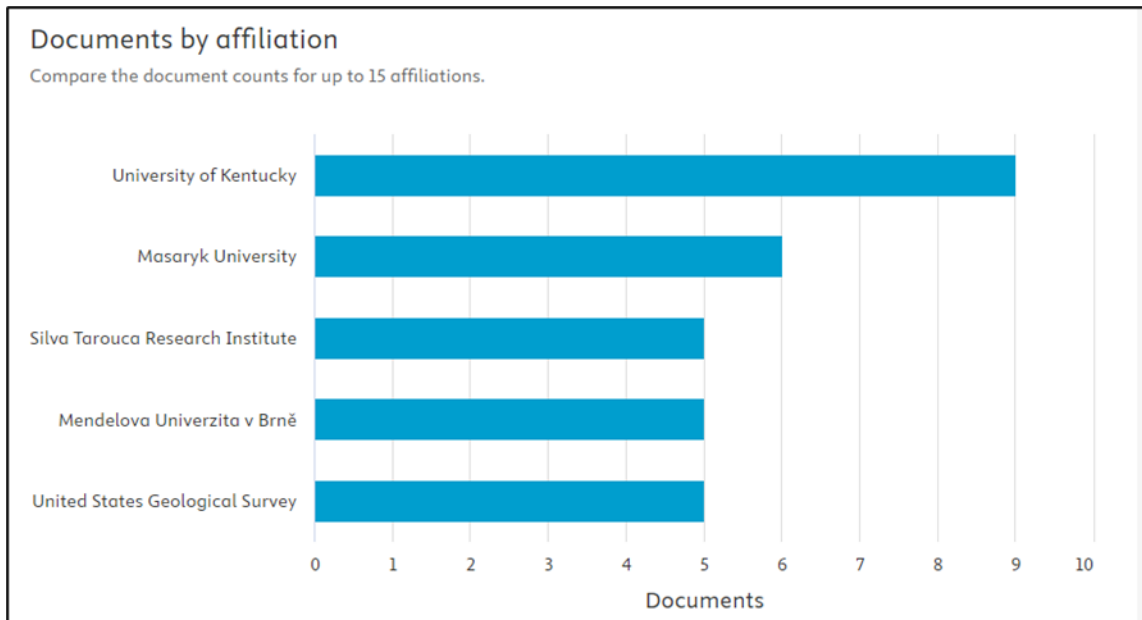
**Figura 28.** Países-eixo em Biogeomorfologia de encostas

Em relação às redes de coautoria por países (Figura 29), através do VOSviewer, chegou-se a um total de 3 *clusters*. O primeiro deles encontra-se associado a países como Estados Unidos, com 55 documentos (TSL=16) e Tchêquia, com 11 documentos (TSL=14). O segundo *cluster*, associa-se às pesquisas desenvolvidas sobretudo na Alemanha, 9 documentos (TSL=6) e Reino Unido, com 10 trabalhos (TSL=4). No terceiro *cluster*, citam-se Canadá, com 6 documentos (TSL=4), e França, com 7 publicações (TSL=3).



**Figura 29.** Redes de coautoria em Biogeomorfologia de encostas

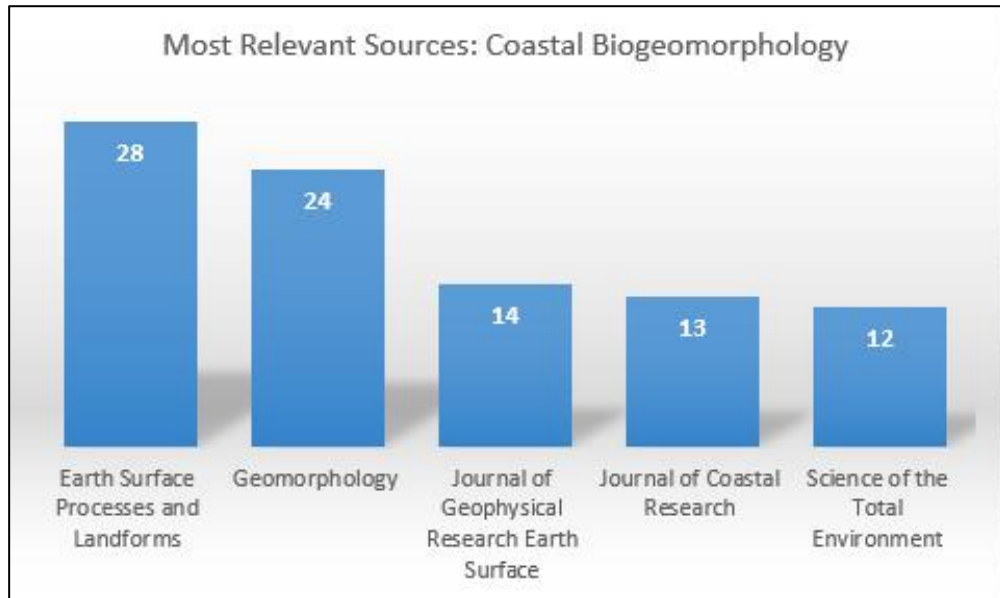
As principais instituições de pesquisa em ambientes de encosta (Figura 30) inventariadas foram: University of Kentucky (Estados Unidos), com 9 trabalhos; Masaryk University (Tchéquia), com 6 trabalhos; Silva Tarouca Research Institute (Tchéquia), com 5 trabalhos; Mendel University in Brno (Tchéquia), com 5 trabalhos; e, em quinto lugar, United States Geological Survey (Estados Unidos), com 5 trabalhos.



**Figura 30.** Principais instituições em Biogeomorfologia de encostas

### 3.2.5. Principais revistas e fontes bibliográficas

A análise das principais revistas e fontes bibliográficas relevou: em biogeomorfologia costeira e marinha (Figura 31), destaca-se, em primeiro lugar, *Earth Surface Processes and Landforms*, com 28 documentos, com 09.62% do total de trabalhos inventariados; *Geomorphology*, com 24 documentos (08.24%); *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, com 14 documentos (04.81%); *Journal of Coastal Research*, com 13 documentos (04.46%); e, em quinto lugar, *Science of Total Environment*, com 12 trabalhos (04.12%).



**Figura 31.** Número de documentos nos principais periódicos em Biogeomorfologia costeira e marinha

Em relação à análise da produção histórica nessas revistas (Figura 32), cita-se a *Geomorphology* é a fonte com a publicações mais antigas, trabalhos que datam de 1996 e 2002. A fonte com maior número de trabalhos, *Earth Surface Processes And Landforms*, só publica em 2008, tendo em 2020 o ano com um maior número de trabalhos, quando são publicados 5 documentos. Dentre as fontes analisadas, as revistas com publicações mais recentes são a *Geomorphology*, com 2 trabalhos em 2024, e *Science of Total Environment*, com 3 trabalhos em 2024.

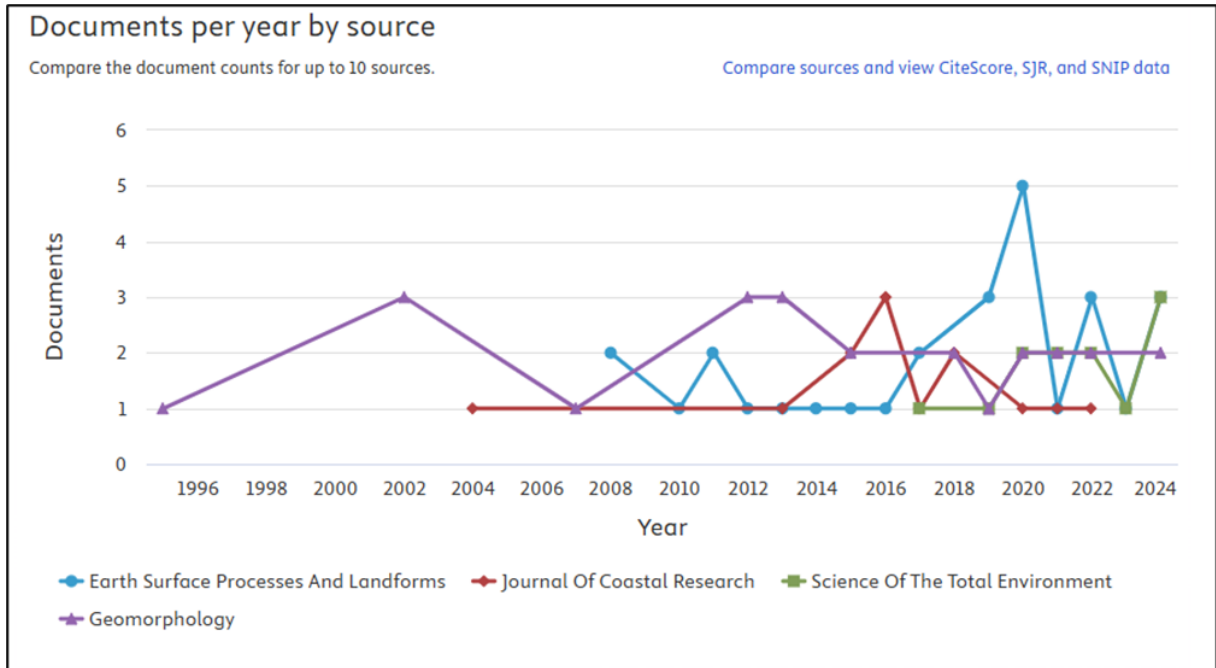


Figura 32. Produção histórica por Periódicos em Biogeomorfologia costeira e marinha

Na biogeomorfologia de ambientes fluviais (Figura 33), as cinco principais revistas foram: Earth Surface Processes and Landforms, com 50 trabalhos (14% do total de documentos); Geomorphology, com 41 trabalhos (11.48%); River Research and Applications, com 32 trabalhos (8.96%); Water Resources Research, com 15 trabalhos (4.20%); e, em quinto lugar, a revista Journal of Geophysical Research: Earth Surface, com 13 trabalhos (3.64%).

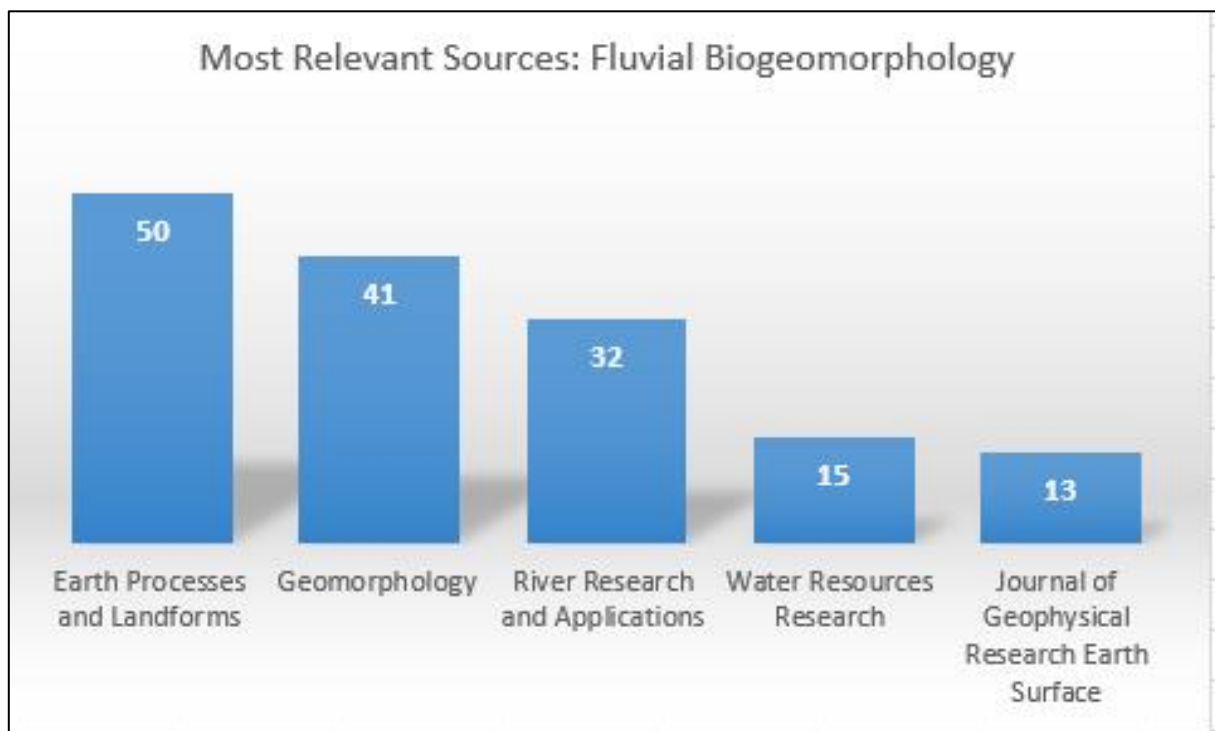


Figura 33. Número de documentos nos principais periódicos em Biogeomorfologia fluvial



A análise histórica da produção biogeomorfológica fluvial em tais revistas (Figura 34) relevou que o trabalho mais antigo na área foi publicado na Earth Surface Processes and Landforms, autoria de Trimble (1995). No ano seguinte, em 1995, a Geomorphology publica dois trabalhos: Fetherston et al (1995) e Butler e Malanson (1995). Em seguida a produção na área não ocorre, com novas publicações somente em 2003, quando a Water Resources Research publica o trabalho de Statzer et al (2003). A partir de 2003, a publicação é contínua sem largos períodos entre as publicações. Atualmente, a produção na área encontra-se sobretudo nas duas revistas com maior número de publicação: Earth Surface Processes and Landforms e Geomorphology.

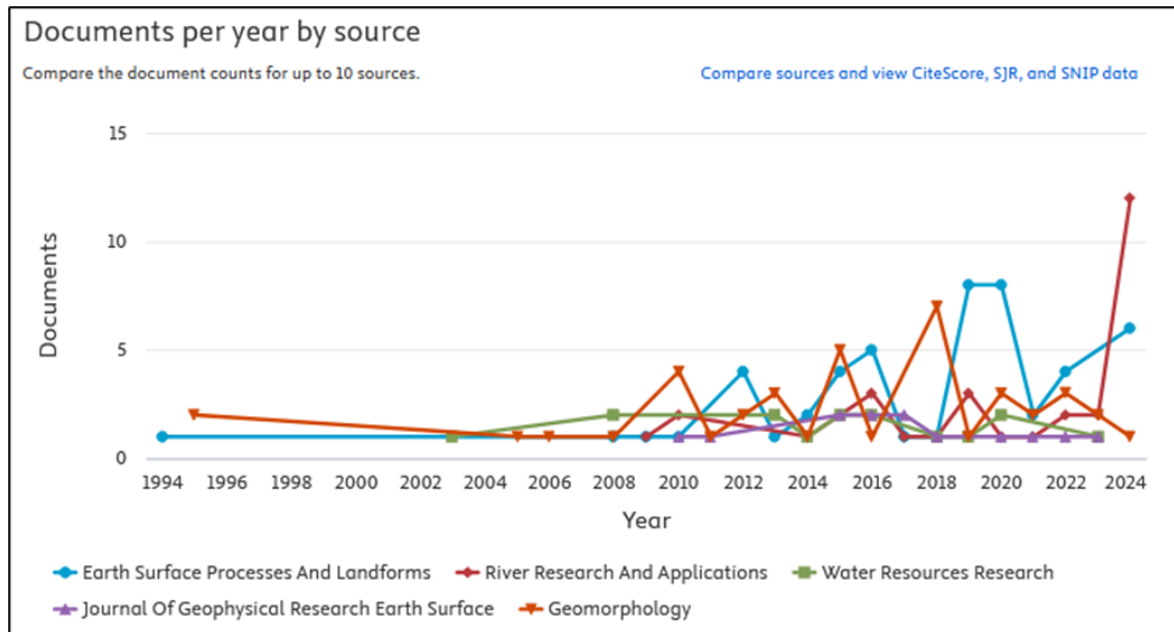


Figura 34. Produção histórica por periódicos em Biogeomorfologia fluvial

Já em relação aos estudos biogeomorfológicos em ambientes de encosta (Figura 35), citam-se as seguintes fontes: Geomorphology, com 22 publicações (20.37%); Earth Surface Processes and Landforms, com 12 publicações (11.11%); Earth-Science Reviews, com 5 publicações (4.62%); Journal of Geophysical Research: Earth Surface, com 4 publicações (3.70%); e, em quinto lugar, Land Degradation and Development, com também 4 publicações (3.70%).

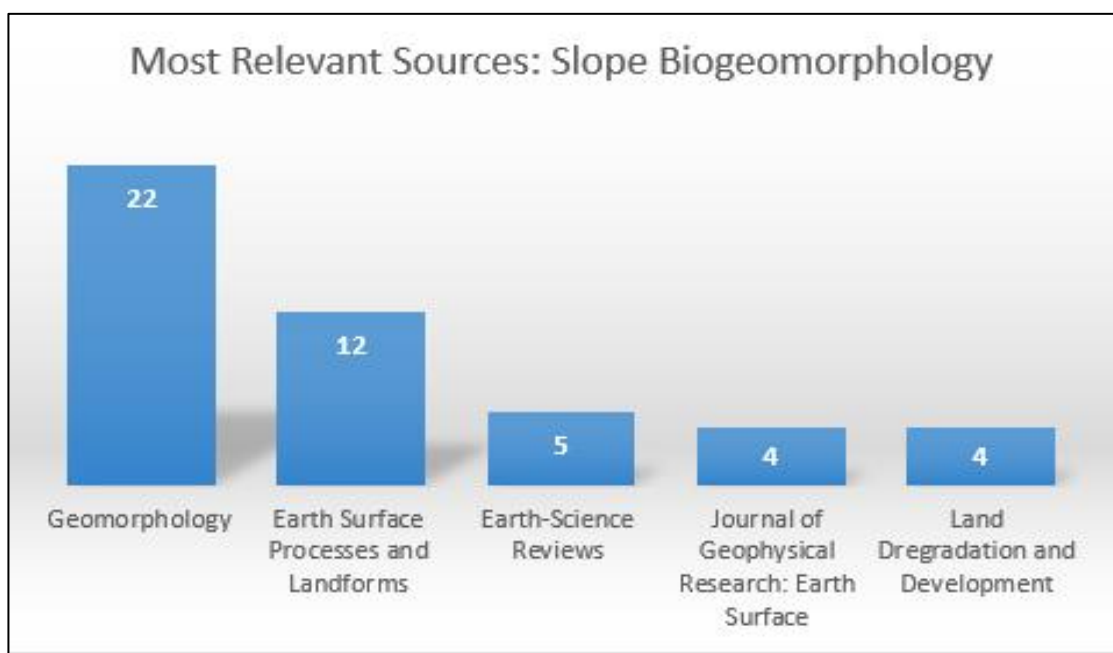


Figura 35. Número de documentos nos principais periódicos em Biogeomorfologia de encostas

Segundo a análise histórica (Figura 36), tem-se a que o trabalho mais antigo na área de encostas foi publicado na *Geomorphology*, tendo por autores Fetherston *et al.* (1995). Em 1998, a *Land Degradation and Development* publica, após um hiato de três anos, o trabalho de Lavee *et al.* (1998). Diferentemente da *Geomorphology* que se mantém como a revista pioneira apresentando, ainda hoje, o maior número de publicações na área, a *Land Degradation*, também pioneira, publica num ritmo mais esporádico. A segunda revista com maior número de trabalhos, *Earth Surface Processes And Landforms*, publicou o primeiro trabalho em meados da primeira década do século, em 2008, um trabalho teórico de autoria de Viles *et al.* (2008). Explicita-se, aliás, que somente a *Geomorphology*, a *Earth Surface Processes and Landforms*, e a *Earth Science Reviews* publicam trabalhos de modo recorrente.

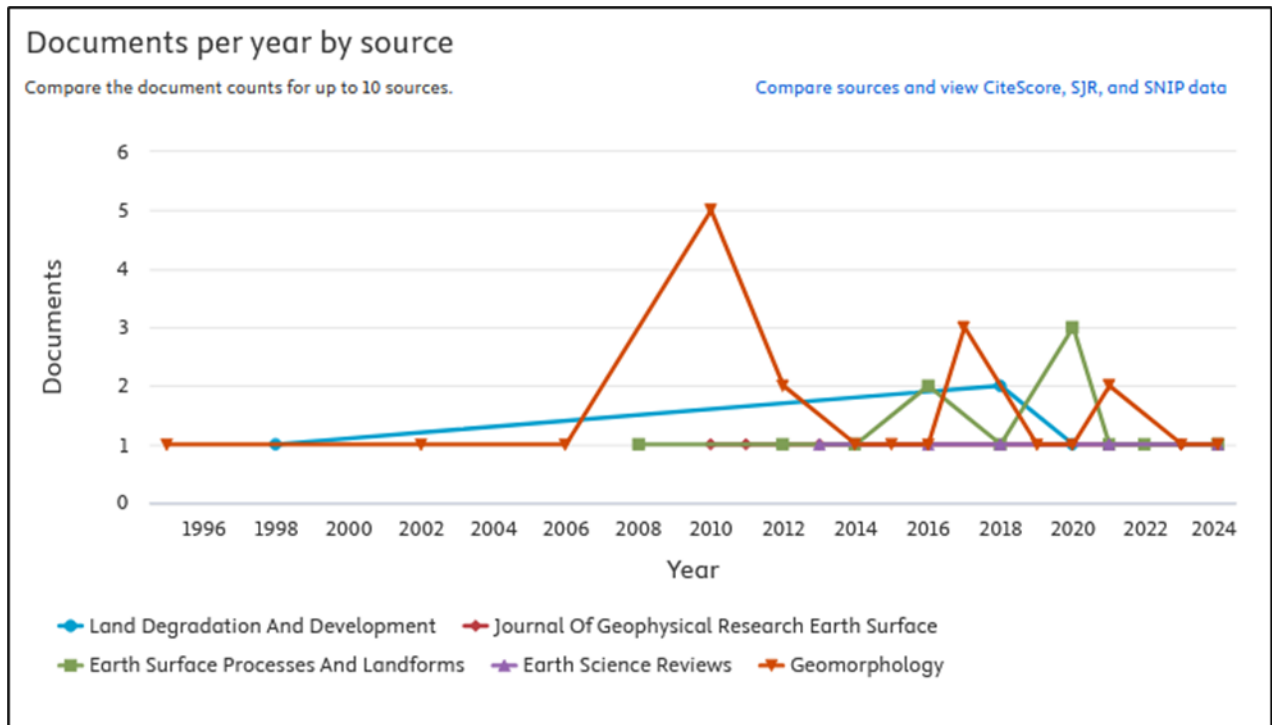


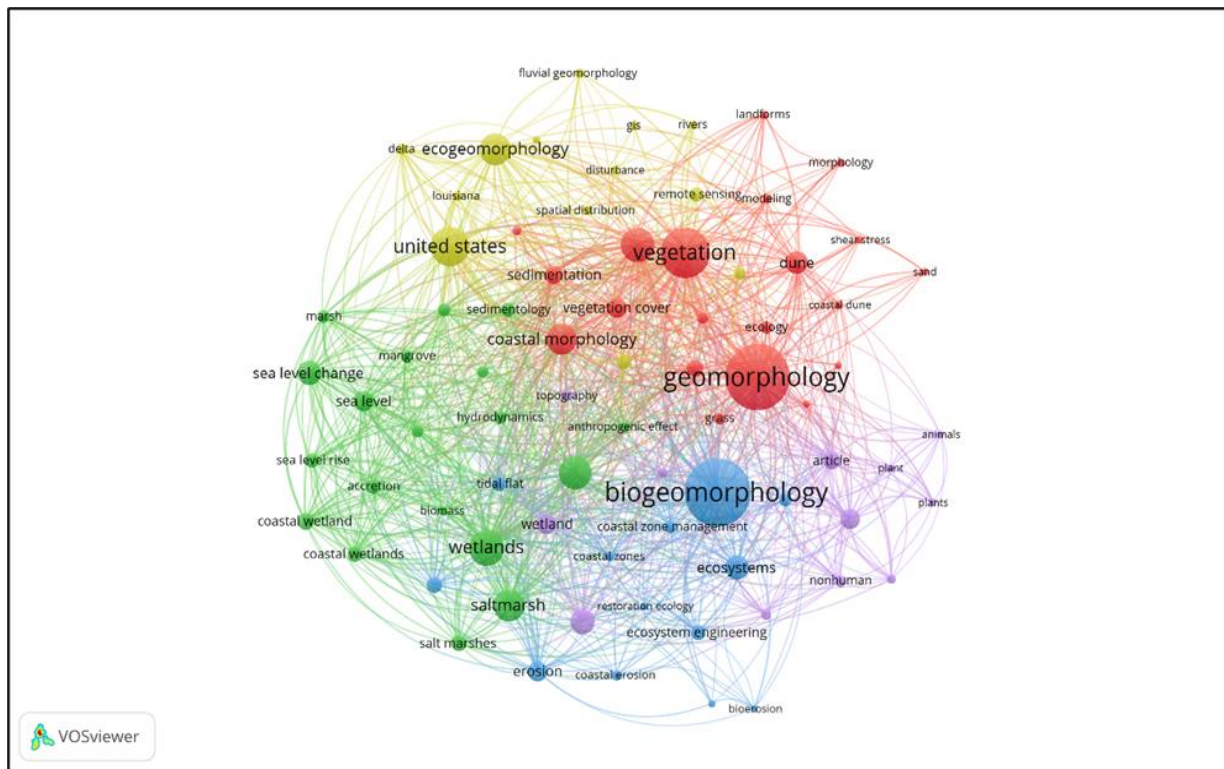
Figura 36. Produção história por periódicos em Biogeomorfologia de encostas

### 3.2.6 Coocorrência das palavras-chave

Através do VOSviewer, realizou-se a análise da coocorrência das palavras-chave utilizadas nos trabalhos inventariados.

Para biogeomorfologia costeira e marinha, e limitando-se àquelas palavras que ocorriam em, pelo menos, 10 vezes, a análise da coocorrência das palavras-chave relevou um mapa com 5 *clusters* (Figura 37). As palavras inventariadas, segundo o maior número de ocorrência, foram as seguintes: no primeiro *cluster*, as cinco palavras-chave com maior ocorrência foram: “geomorphology”, 81 ocorrências; “vegetation”, 61 ocorrências; “sediment transport”, 42 ocorrências; “coastal morphology”, 38 ocorrências; e, em quinto lugar, “dune”, com 28 ocorrências. No segundo *cluster*, tem-se: “wetlands”, 44 ocorrências; “climate change”, 41 ocorrências; “saltmarsh”, 39 ocorrências; “sea level change”, 30 ocorrências; e, em quinto lugar, “sea level”, com 25 ocorrências.

Já no terceiro *cluster*, teve-se: biogeomorphology, 83 ocorrências; “ecosystems”, 30 ocorrências; “erosion”, 25 ocorrências; intertidal environment, 20 ocorrências; e, por fim, “ecosystem engineering”, 19 ocorrências. No quarto *cluster*: United States, 38 ocorrências; ecogeomorphology, 39 ocorrências; “morphodynamics”, 18 ocorrências; “remote sensing”, 18 ocorrências; e “atlantic ocean”, 15 ocorrências. Por fim, no quinto *cluster*: “saltmarsh”, 31 ocorrências; “wetland”, 25 ocorrências; “ecosystem”, 25 ocorrências; “article”, 22 ocorrências; e, em último lugar, “nonhuman”, com 15 ocorrências.

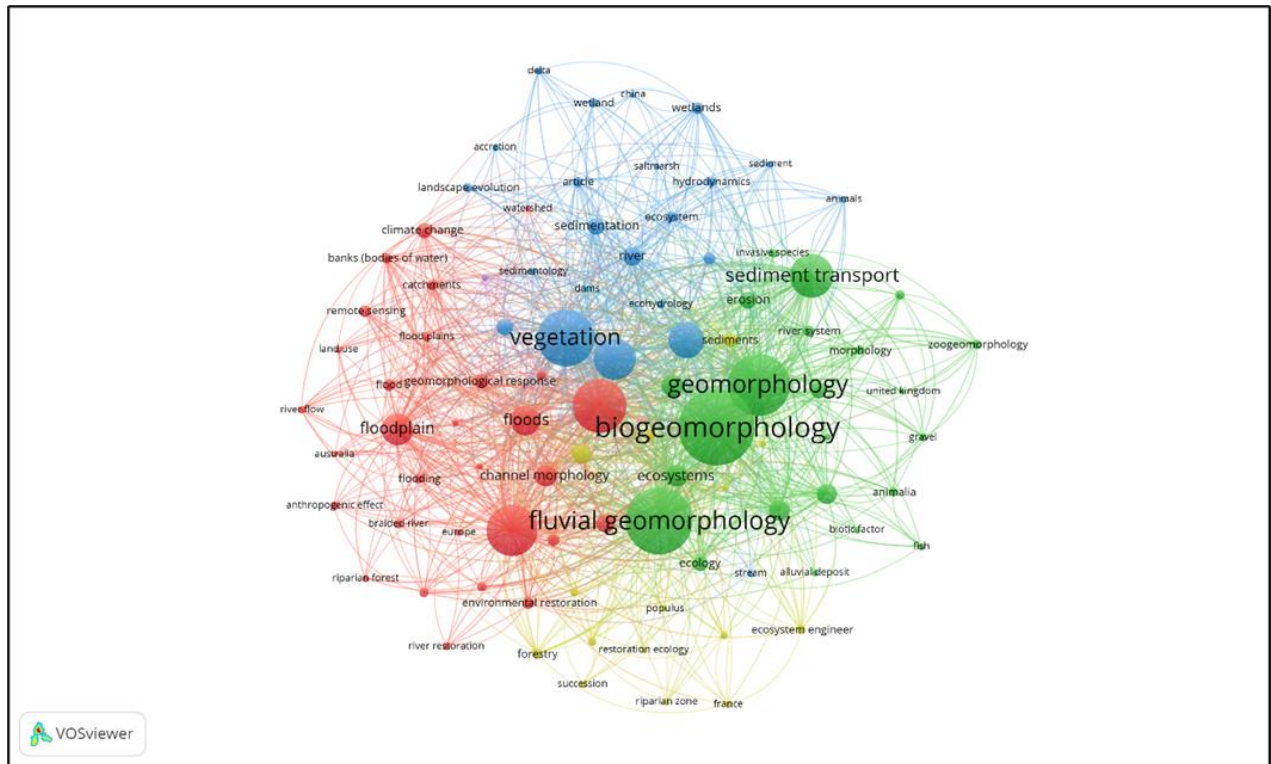


**Figura 37.** Cocorrência de palavras-chave em Biogeomorfologia costeira e marinha

Para biogeomorfologia fluvial (Figura 38), limitando-se a um número mínimo de 10 ocorrências, teve-se: um total de 6 clusters. Do primeiro cluster, citam-se as cinco palavras com maior número de ocorrência, que são: "rivers", 86 ocorrências; "riparian vegetation", 82 ocorrências; "floodplain", 51 ocorrências; "floods", 48 ocorrências; e, em quinto lugar, "channel morphology", com 35 ocorrências.

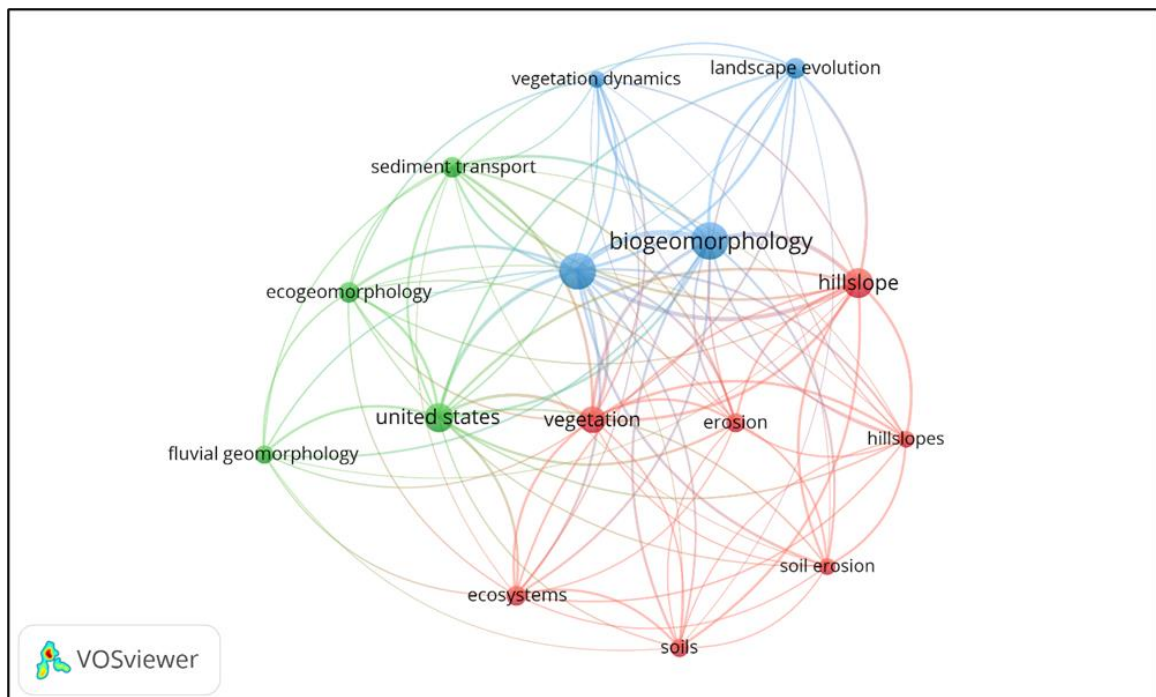
No segundo cluster, citam-se: "biogeomorphology", 122 ocorrências; "fluvial Geomorphology", 108 ocorrências; "Geomorphology", 100 ocorrências; "sediment transport", 70 ocorrências; e, em quinto lugar, "ecosystems", com 36 ocorrências. Do terceiro cluster: ecogeomorphology, 122 ocorrências; vegetation, 91 ocorrências; United States, 67 ocorrências; "sedimentation", 28 ocorrências; e, por último, "vegetation cover", 27 ocorrências.

No quarto cluster: "vegetation dynamics", 31 ocorrências; "sediment", 23 ocorrências; "forestry", 18 ocorrências; deposition, 17 ocorrências; e, em quinto, "ecosystem engineer", com 16 ocorrências. O quinto e sexto clusters são conjuntos de uma única palavra, sendo elas, respectivamente: "biogeomorphic feedbacks", 11 ocorrências; e "dams", 10 ocorrências.



**Figura 38.** Coocorrência de palavras-chave em Biogeomorfologia fluvial

Por fim, para os trabalhos biogeomorfológicos em ambientes de encosta, chegou-se a um total de um total de 3 clusters (Figura 39). Selecionando-se as cinco palavras mais citadas de cada cluster, teve-se no primeiro cluster: “hillslope”, 30 ocorrências; “vegetation”, 24 ocorrências; “ecosystem”, 13 ocorrências; “erosion”, 12 ocorrências; “soils”, 11 ocorrências. No segundo cluster, houve apenas 4 palavras, que foram: “United states”, 28 ocorrências; “ecogeomorphology”, 14 ocorrências; “sediment transport”, 14 ocorrências; e “fluvial Geomorphology”, com 11 ocorrências. No terceiro cluster o número de palavras-chave inventariadas também foram um total de 4, sendo elas: “biogeomorphology”, 46 ocorrências; “geomorphology”, 44 ocorrências; “landscape evolution”, 14 ocorrências; e, em quarto lugar, “vegetation dynamics”, 10 ocorrências.



**Figura 39.** Coocorrência de palavras-chave em Biogeomorfologia de encostas

Através da análise da coocorrência das palavras-chave, percebe-se que os estudos biogeomorfológicos voltam-se, no mais das vezes, à compreensão das interrelações dinâmicas entre os vários elementos de ordem biótico e abiótico num mesmo sistema em diferentes ambientes geomorfológicos. Para as subáreas consideradas no presente trabalho, destaca-se a frequência das seguintes palavras-chave, com ocorrência positiva em todos os ambientes considerados: “sediment transport”; “ecosystems”; “ecosystem engineer” ou “ecosystem engineering”; e “vegetation”.

Percebe-se, com isso, que a grande contribuição dos estudos biogeomórficos dá-se em trazer às discussões geomorfológicas a perspectiva ecossistêmica em tais ambientes, sobretudo evidenciando a função dos fatores bióticos, através de conceitos como os de *ecosystem engineering*. Assinala-se, ainda, a ênfase dos estudos no papel fundamental da cobertura vegetal relacionada em sistema de transporte e deposição de sedimentos em sistemas geomorfológicos, termos estes recorrentes em todas as subáreas consideradas.

Evidentemente, um estudo mais detalhado faz-se necessário à caracterização de tais áreas de pesquisa. O inventariar de termos serve, no entanto, de preâmbulo a trabalhos de metanálise e artigos de revisão onde tais questões científicas possam ser esclarecidas. Os autores, portanto, sugerem um estudo de metanálise, onde o sujeito da pesquisa biogeomorfológica possa ser mais bem caracterizada em suas questões fundamentais.

Os resultados obtidos demonstram que a Biogeomorfologia é um campo de pesquisa em expansão, com crescimento significativo na produção acadêmica ao longo das últimas décadas. Além disso, os dados indicam que a produção acadêmica está concentrada em países como os Estados Unidos, Reino Unido, Holanda e França, onde se encontram as instituições e pesquisadores mais produtivos na área. A análise das redes de coautoria evidenciou uma colaboração internacional expressiva, o que reforça o caráter interdisciplinar da Biogeomorfologia e seu potencial para o desenvolvimento de pesquisas aplicadas em gestão ambiental e conservação da paisagem.

## 5.0 Conclusões

A Biogeomorfologia tem se consolidado como uma disciplina essencial para a compreensão das interações entre processos geomorfológicos e biológicos, apresentando um crescimento significativo na produção científica nas últimas décadas. Este trabalho teve como objetivo caracterizar a Biogeomorfologia e suas áreas temáticas por meio de uma análise bibliométrica, permitindo identificar sua evolução histórica, seus principais autores, redes de coautoria e a distribuição geográfica das pesquisas.

Os resultados indicam que a Biogeomorfologia é uma especialidade da Geomorfologia já bem estabelecida (Naylor; Viles, 2002; Viles, 2020), e que a produção acadêmica se organiza predominantemente em torno de ambientes geomorfológicos específicos: costeiros, fluviais e de encostas, refletindo a diversidade de processos e interrelações existentes entre os sistemas físicos e os biosistemas em tais ambientes. No entanto, assinala-se o potencial da disciplina nas pesquisas geocientíficas, visto que ainda existem lacunas em determinados ambientes geomorfológicos, onde, segundo Larsen et al. (2020), avanços metodológicos e teóricos ainda precisam ser desenvolvidos.

As pesquisas biogeomorfológicas cresceram no recorte temporal analisado, no entanto, em ritmo díspar: entre as subáreas da disciplina, onde demonstrou-se que trabalhos biogeomorfológicos em ambientes fluviais (38.72%) prevalecem em relação àqueles estudos em ambientes costeiros (31.56%) e em ambientes de encostas (11.71%). Aqui, cita-se, no entanto, a necessidade de se expandir o escopo de investigação, considerando ambientes geomorfológicos cársticos ou glaciais, áreas em que pesquisas biogeomorfológicas também vêm sendo desenvolvidas em ritmo crescente.

No que se refere à produção nacional, o Brasil ainda não se destaca nas bases de dados consultadas. Embora a presença brasileira não tenha sido expressiva nesta análise bibliométrica, foram identificados dez trabalhos relevantes de autores ou instituições nacionais (Carvalho, T.M.; Carvalho, C.S., 2012; Ielpi et al., 2018; Kim et al., 2015; Nascimento et al., 2021; Nascimento et al., 2024; Rovai et al., 2018; Santos et al., 2019; Soares et al., 2011; Twilley et al., 2019; Zoffoli et al., 2022). Para uma avaliação mais abrangente da produção científica nacional, sugere-se um levantamento sistemático em bases como o Google Scholar e o Portal de Periódicos Capes, abrangendo artigos,

revisões, dissertações e teses, a fim de mapear de forma mais precisa as contribuições brasileiras para o desenvolvimento da biogeomorfologia.

Conclui-se, portanto, que as pesquisas biogeomorfológicas variam segundo os grupos bióticos (reinos) de pesquisa, mas principalmente em razão dos ambientes geomorfológicos onde as interrelações se desenvolvem. Assinala-se que é sobretudo a partir dos estudos biogeomorfológicos que conceitos como os de bioerosão, bioproteção e bioconstrução são desenvolvidos; conceitos estes que se enquadram dentro da caracterização das funcionalidades de elementos bióticos em sistemas geomorfológicos (biogeocomplexidade). Deste modo, ressalta-se a importância da Biogeomorfologia para compreensão das correlações entre a diversidade abiótica (geodiversidade) e diversidade biótica (biodiversidade), ou simplesmente biogeodiversidade.

**Contribuições dos Autores:** J.V.: Concepção, Metodologia, Investigação, Recursos, Curadoria dos dados, Redação-versão final, Redação-revisão e edição, Supervisão, Administração do projeto, Aquisição de financiamento. P.C.R.S.: Análise formal, Investigação, Curadoria dos dados, Redação-versão final, Redação-revisão e edição, visualização.

**Financiamento:** Esta pesquisa foi financiada por cota de bolsa institucional UDESC. Projeto CNPq: chamada pública CNPQ/MCTI n 10/2023 UNIVERSAL, Processo: 404496/2023-7. Projeto FAPESC/UDESC: Programa de Apoio aos Grupos de Pesquisa – PAP.

**Agradecimentos:** agradecemos ao corpo editorial da Revista Brasileira de Geomorfologia e às sugestões e contribuições dos avaliadores; aos membros do Grupo de Pesquisa em Estrutura, Dinâmica e Conservação da Biodiversidade e da Geodiversidade – BIOGEO (UDESC/CNPq) pelas sugestões e leitura meticulosa do manuscrito durante o processo de escrita; e à coordenação do Laboratório de Geografia Física – LGEF (FAED/UDESC) por ceder o espaço e a infraestrutura necessárias para o desenvolvimento e realização da presente pesquisa. De igual modo, estendemos nossos agradecimentos ao Prof. Dr. Jarbas Bonetti, pelos conhecimentos compartilhados no decorrer da disciplina “Análise Bibliométrica como Apoio às Pesquisas em Geociências” (2024) no Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Santa Catarina (PPGG/UFSC).

**Conflitos de Interesse:** os autores declaram não haver conflito de interesse.

## Referências

1. BABIKIR, A. Vegetation and environment on the coastal sand dunes and playas of Khor El-Odaid area, Qatar. **GeoJournal**, v. 9, n. 4, dez. 1984. DOI: 10.1007/BF00171602
2. BALKE, T.; HERMAN, P. M. J.; BOUMA, T. J. Critical transitions in disturbance-driven ecosystems: identifying Windows of Opportunity for recovery. **Journal of Ecology**, v. 102, n. 3, p. 700–708, 17 mar. 2014. DOI: 10.1111/1365-2745.12241
3. BERTOLDI, W. et al. Understanding reference processes: linkages between river flows, sediment dynamics and vegetated landforms along the Tagliamento River, Italy. **River Research and Applications**, v. 25, n. 5, p. 501–516, jun. 2009. DOI: 10.1002/rra.1233
4. BUTLER, D. R. **Zoogeomorphology Animals as Geomorphic Agents**. Cambridge University Press, 1995. 240pp.
5. BUTLER, D. R.; MALANSON, G. P. Sedimentation rates and patterns in beaver ponds in a mountain environment. **Geomorphology**, v. 13, n. 1-4, p. 255–269, set. 1995. DOI: 10.1016/0169-555X(95)00031-Y
6. DE CARVALHO, T. M.; DE CARVALHO, C. M. Interrelation of geomorphology and fauna of Lavrado region in Roraima, Brazil – suggestions for future studies. **E&G Quaternary Science Journal**, v. 61, n. 2, p. 146–155, 4 dez. 2012. DOI: 10.3285/eg.61.2.03
7. COLLINS, B. D. et al. The floodplain large-wood cycle hypothesis: A mechanism for the physical and biotic structuring of temperate forested alluvial valleys in the North Pacific coastal ecoregion. **Geomorphology**, v. 139-140, p. 460–470, fev. 2012. DOI: 10.1016/j.geomorph.2011.11.011
8. COOMBES, M. A.; VILES, H. A. Integrating nature-based solutions and the conservation of urban built heritage: Challenges, opportunities, and prospects. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 63, p. 127192, ago. 2021. DOI: 10.1016/j.ufug.2021.127192

9. CORENBLIT, D. et al. Reciprocal interactions and adjustments between fluvial landforms and vegetation dynamics in river corridors: a review of complementary approaches A review of complementary approaches. **Earth-Science Reviews**, v. 84, n. 1-2, p. 56–86, set. 2007. DOI: 10.1016/j.earscirev.2007.05.004
10. CORENBLIT, D.; STEIGER, J. Fluvial biogeomorphological feedbacks from plant traits to the landscape: Lessons from selected French rivers in line with A.M. Gurnell’s influential contribution. **River Research and Applications**, v. 40, n. 6, p. 1012–1030, 14 maio 2024. DOI: 10.1002/rra.4307
11. DAVIES, N. S.; GIBLING, M. R. Cambrian to Devonian evolution of alluvial systems: The sedimentological impact of the earliest land plants. **Earth-Science Reviews**, v. 98, n. 3-4, p. 171–200, fev. 2010. DOI: 10.1016/j.earscirev.2009.11.002
12. DAY, J. W. et al. Consequences of Climate Change on the Ecogeomorphology of Coastal Wetlands. **Estuaries and Coasts**, v. 31, n. 3, p. 477–491, 8 maio 2008. DOI: 10.1007/s12237-008-9047-6
13. EICHEL, J.; CORENBLIT, D.; DIKAU, R. Conditions for feedbacks between geomorphic and vegetation dynamics on lateral moraine slopes: a biogeomorphic feedback window. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 41, n. 3, p. 406–419, 25 nov. 2015. DOI: 10.1002/esp.3859
14. FETHERSTON, K. L.; NAIMAN, R. J.; BILBY, R. E. Large woody debris, physical process, and riparian forest development in montane river networks of the Pacific Northwest. **Geomorphology**, v. 13, n. 1, p. 133–144, 1 set. 1995. DOI: 10.1016/0169-555X(95)00033-2
15. FERREIRA, D. R.; VALDATI, J.. Geoparks and Sustainable Development: Systematic Review. **Geoheritage**, v. 15, n. 1, 15 dez. 2022. DOI: 10.1007/s12371-022-00775-9
16. HARVEY, G. L. et al. Evaluating the role of invasive aquatic species as drivers of fine sediment-related river management problems: The case of the signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus*). **Progress in Physical Geography: Earth and Environment**, v. 35, n. 4, p. 517–533, 10 maio 2011. DOI: 10.1177/0309133311409092
17. HAUSSMANN, N. S. Biogeomorphology: understanding different research approaches. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 36, n. 1, p. 136–138, 26 out. 2010. DOI: 10.1002/esp.2097
18. HERRERA-FRANCO, G. et al. Research Trends in Geotourism: A Bibliometric Analysis Using the Scopus Database. **Geosciences**, v. 10, n. 10, p. 379, 23 set. 2020. DOI: 10.3390/geosciences10100379
19. HOWARD, J. A.; MITCHELL, C. W. **Phytogeomorphology**. 1ª Ed. Wiley-Interscience, 1985. 222p.
20. HU, Z. et al. Mechanistic Modeling of Marsh Seedling Establishment Provides a Positive Outlook for Coastal Wetland Restoration Under Global Climate Change. **Geophysical Research Letters**, v. 48, n. 22, p. 1-12, 11 nov. 2021. DOI: 10.1029/2021GL095596
21. HUPP, C. R. Plant Ecological Aspects of Flood Geomorphology and Paleoflood History. In: BAKER, V.R.; KOCHER, R.C.; PATTON, P.C. (org.), **Flood Geomorphology**, Nova Iorque: Wiley, p.335-356, 1988.
22. IELPI et al. Fluvial floodplains prior to greening of the continents: Stratigraphic record, geodynamic setting, and modern analogues. **Sedimentary Geology**, v. 372, p. 140–172, 1 out. 2018. DOI: 10.1016/j.sedgeo.2018.05.009
23. JONES, C. G. Ecosystem engineers and geomorphological signatures in landscapes. **Geomorphology**, v. 157-158, p. 75–87, jul. 2012. DOI: 10.1016/j.geomorph.2011.04.039
24. KIM et al. Beyond bivariate correlations: three-block partial least squares illustrated with vegetation, soil, and topography. **Ecosphere**, v. 6, n. 8, p. 1–32, 1 ago. 2015. DOI: 10.1890/ES15-0074.1
25. KIRWAN, M. L. et al. Limits on the adaptability of coastal marshes to rising sea level. **Geophysical Research Letters**, v. 37, n. 23, p.1-5, dez. 2010. DOI: 10.1029/2010GL045489
26. KIRWAN, M. L.; GUNTENSPERGEN, G. R. Feedbacks between inundation, root production, and shoot growth in a rapidly submerging brackish marsh. **Journal of Ecology**, v. 100, n. 3, p. 764–770, 9 fev. 2012. DOI: 10.1111/j.1365-2745.2012.01957.x
27. LARSEN, A. et al. Biogeomorphology, quo vadis? On processes, time, and space in biogeomorphology. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 46, n. 1, p. 12–23, 22 nov. 2020. DOI: 10.1002/esp.5016
28. LAVÉE, H.; IMESON, A. C.; SARAH, P. The impact of climate change on geomorphology and desertification along a mediterranean-arid transect. **Land Degradation & Development**, v. 9, n. 5, p. 407–422, set. 1998. DOI: 10.1002/(SICI)1099-145X(199809/10)9:5<407::AID-LDR302>3.0.CO;2-6
29. MARSTON, R. A. Geomorphology and vegetation on hillslopes: Interactions, dependencies, and feedback loops. **Geomorphology**, v. 116, n. 3-4, p. 206–217, abr. 2010. DOI: 10.1016/j.geomorph.2009.09.028

30. MARTIN, G.J.; JAMES, P.E. **All possible worlds: a history of geographical ideas**. 3ª edição. Nova Iorque: Wiley, 1993.
31. NAYLOR, L. A.; VILES, H. A.; CARTER, N. E. A. Biogeomorphology revisited: looking towards the future. NASCIMENTO, D. L. et al. Biogeomorphological evolution of rocky hillslopes driven by roots in campos rupestres, Brazil. **Geomorphology**, v. 395, p. 107985, dez. 2021. DOI: 10.1016/j.geomorph.2021.107985
32. NASCIMENTO, D. L. et al. The underestimated role of leaf-cutting ants in soil and geomorphological development in neotropical America. **Earth-Science Reviews**, v. 248, p. 104650, 1 jan. 2024. DOI: 10.1016/j.earscirev.2023.104650
33. OSTERKAMP, W. R.; HUPP, C. R. Fluvial processes and vegetation — Glimpses of the past, the present, and perhaps the future. **Geomorphology**, v. 116, n. 3-4, p. 274–285, abr. 2010. DOI: 10.1016/j.geomorph.2009.11.018
34. OSTERKAMP, W. R.; HUPP, C. R.; STOFFEL, M. The interactions between vegetation and erosion: new directions for research at the interface of ecology and geomorphology. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 37, n. 1, p. 23–36, 18 jul. 2011. DOI: 10.1002/esp.2173
35. PAWLIK, Ł.; PHILLIPS, J. D.; ŠAMONIL, P. Roots, rock, and regolith: Biomechanical and biochemical weathering by trees and its impact on hillslopes—A critical literature review. **Earth-Science Reviews**, v. 159, p. 142–159, 1 ago. 2016. DOI: 10.1016/j.earscirev.2016.06.002
36. PHILLIPS, J. D. et al. Domination of hillslope denudation by tree uprooting in an old-growth forest. **Geomorphology**, v. 276, p. 27–36, jan. 2017. DOI: 10.1016/j.geomorph.2016.10.006
37. PRUGNE et al. Soil and water bioengineering in cold rivers: A biogeomorphological perspective. **Ecological Engineering**, v. 204, p. 107261–107261, 6 maio 2024. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2024.107261
38. REED, D. et al. Tidal flat-wetland systems as flood defenses: Understanding biogeomorphic controls. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 213, p. 269–282, nov. 2018. DOI: 10.1016/j.ecss.2018.08.017
39. RICHARDS, J. et al. Evaluating the robustness of nature-based solutions: future resilience of sedum-based soft capping as a conservation approach for heritage sites in Britain and Ireland. **Physical Geography**, v. 45, n. 1, p. 20–38, 11 maio 2023. DOI: 10.1080/02723646.2023.2212422
40. ROVAL, A. S. et al. Global controls on carbon storage in mangrove soils. **Nature Climate Change**, v. 8, n. 6, p. 534–538, 28 maio 2018. DOI: 10.1038/s41558-018-0162-5
41. RUBAN, D.; PONEDELNIK, A.; YASHALOVA, N. Megaclasts: Term Use and Relevant Biases. **Geosciences**, v. 9, n. 1, p. 14, 27 dez. 2018. DOI: 10.3390/geosciences9010014
42. SANTOS, M.G.M. et al. Meandering rivers in modern desert basins: Implications for channel planform controls and prevegetation rivers. **Sedimentary Geology**, v. 385, p. 1–14, 1 maio 2019. DOI: 10.1016/j.sedgeo.2019.03.011
43. SPENCER, T. Coastal Biogeomorphology. In: VILES, H. A. **Biogeomorphology**, Oxford: Blackwell p.255-318, 1988
44. STATZNER, B. et al. Contribution of benthic fish to the patch dynamics of gravel and sand transport in streams. **Water Resources Research**, v. 39, n. 11, nov. 2003. DOI: 10.1029/2003WR002270
45. TEMMERMAN, S. et al. Vegetation causes channel erosion in a tidal landscape. **Geology**, v. 35, n. 7, p. 631, 2007. DOI: 10.1130/G23502A.1
46. TEMMINK, R. J. M. et al. Recovering wetland biogeomorphic feedbacks to restore the world’s biotic carbon hotspots. **Science**, v. 376, n. 6593, 6 maio 2022. DOI: 10.1126/science.abn1479
47. THOMAS, D.S.G. The biogeomorphology of arid and semi-arid environments. In: VILES, H. A. **Biogeomorphology**. Oxford: Blackwell p.193-221, 1988.
48. TRIMBLE, S. W.; MENDEL, A. C. The cow as a geomorphic agent — A critical review. **Geomorphology**, v. 13, n. 1-4, p. 233–253, set. 1995. DOI: 10.1016/0169-555X(95)00028-4
49. VANDENBRUWAENE, W. et al. Flow interaction with dynamic vegetation patches: Implications for biogeomorphic evolution of a tidal landscape. **Journal of Geophysical Research: Earth Surface**, v. 116, n. F1, p. n/a-n/a, 16 fev. 2011. DOI: 10.1029/2010JF001788
50. VILES, H. A. **Biogeomorphology**. 352 p. Oxford: Blackwell, 1988 (a)
51. VILES, H. A. Coastal landforms. **Progress in Physical Geography: Earth and Environment**, v. 12, n. 2, p. 293–301, jun. 1988 (b) DOI: 10.1177/030913338801200209



52. VILES, H. A.; NAYLOR, L.; CARTER, N.E.A.; CHAPUT, D. Biogeomorphological disturbance regimes: Progress in linking ecological and geomorphological systems. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 33, n. 9, p. 1419-1435, ago. 2008. DOI: 10.1002/esp.1602
53. VILES, H. Biogeomorphology: Past, present and future. **Geomorphology**, p. 106809, jul. 2019. DOI: 10.1016/j.geomorph.2019.06.022
54. VILES, H. Biogeomorphology. Geological Society, London, Memoirs, p. M58-20226, 19 abr. 2022. DOI: 10.1144/M58-2022-6
55. WILLEMSSEN, P. W. J. M. et al. Quantifying Bed Level Change at the Transition of Tidal Flat and Salt Marsh: Can We Understand the Lateral Location of the Marsh Edge? **Journal of Geophysical Research: Earth Surface**, v. 123, n. 10, p. 2509–2524, out. 2018. DOI: 10.1029/2018JF004742
56. WILLIAMS, L. M.; BLACKBURN, J. F. Biogeomorphology and the Great Barrier Reef: a marine-terrestrial nexus. **Coral Reefs**, v. 39, n. 2, p. 195-208, 2020. DOI: 10.1007/s00338-019-01886-3
57. WILLIAMS, R.B.G. The biogeomorphology of periglacial environments. In: VILES, H. A. **Biogeomorphology**, Oxford: Blackwell, 1988.
58. ZOFFOLI et al. Spatial distribution patterns of coral reefs in the Abrolhos region (Brazil, South Atlantic Ocean). **Continental Shelf Research**, v. 246, p. 104808–104808, 1 set. 2022. DOI: 10.1016/j.csr.2022.104808
59. **Geomorphology**, v. 47, n. 1, p. 3–14, set. 2002. DOI: 10.1016/S0169-555X(02)00137-X
60. NAYLOR, L. A. The contributions of biogeomorphology to the emerging field of geobiology. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 219, n. 1-2, p. 35–51, abr. 2005. DOI: 10.1016/j.palaeo.2004.10.013



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.