

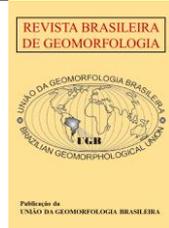


<https://rbgeomorfologia.org.br/>
ISSN 2236-5664

Revista Brasileira de Geomorfologia

v. 26, n° 1 (2025)

<http://dx.doi.org/10.20502/rbgeomorfologia.v26i1.2579>



Artigo de Pesquisa

Panorama bibliométrico da abordagem sistêmica na produção em Geomorfologia: periódicos Q1 e Q2, Earth-Surface Processes (SJR)

Bibliometric overview of the systems approach in Geomorphology production: journals Q1 and Q2, Earth-Surface Processes (SJR)

Gabriel Santos da Mota ¹, Thayara Silveira Carrasco ², Jonathas Jesus dos Santos ³, Cleide Rodrigues ⁴

¹ Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Programa de Pós-graduação em Geografia Física, São Paulo, Brasil. motags@alumni.usp.br.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-4484-9715>

² Universidade de São Paulo, Instituto de Biociências, Departamento de Zoologia, São Paulo, Brasil.

thayaracarrasco@usp.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8890-2249>

³ Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Programa de Pós-graduação em Geografia Física, São Paulo, Brasil. jonathas@usp.br.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4558-7602>

⁴ Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Programa de Pós-graduação em Geografia Física, São Paulo, Brasil. cleidrig@usp.br.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4481-7445>

Recebido: 01/05/2024; Aceito: 09/10/2024; Publicado: 21/02/2025

Resumo: No século XX, a abordagem sistêmica se consolidou como uma alternativa à abordagem reducionista na proposição de métodos e modelos científicos em Geomorfologia, mas qual a dimensão de sua influência e como se manifestou a apropriação de tais conceitos pela disciplina? Esta pesquisa objetivou realizar um panorama histórico da influência da abordagem sistêmica na produção em Geomorfologia a partir da análise bibliométrica de 20 periódicos classificados como Q1 e Q2 (*Scimago Journal Rank* — SJR 2019) na categoria *Earth-Surface Processes*. Os dados provenientes do *Web of Science Core Collection* foram trabalhados com o uso do *VOSViewer* e ferramentas de estatística, totalizando um campo amostral de 1129 documentos. Os resultados obtidos trouxeram à tona similaridades e diferenças, seja no protagonismo de países, autores e subcampos da disciplina. De modo geral, constatou-se um cenário de crescimento do emprego de termos e conceitos correlatos à abordagem sistêmica na Geomorfologia e um significativo distanciamento conceitual, com a perda de elos referenciais com o passado. Assim, mesmo distante do cenário idealizado por Ludwig von Bertalanffy, de uma ciência unitária e transdisciplinar, as abordagens sistêmicas consolidaram-se como parte do trabalho dos geomorfólogos e geocientistas há décadas, fortemente impulsionada pelo uso de modelos e métodos quantitativos.

Palavras-chave: abordagem sistêmica, complexidade, Geomorfologia, bibliometria, *VOSViewer*.

Abstract: In the 20th century, the systems approach was consolidated as an alternative in proposing scientific methods and models in Geomorphology, but what is the extent of its influence and how did the appropriation of these concepts by the discipline manifest itself? This research aimed to provide a historical overview of the impact of the systems approach on the production in Geomorphology based on the bibliometric analysis of 20 journals classified as Q1 and Q2 (*Scimago Journal Rank* — SJR 2019) in the *Earth-Surface Processes* category. Data from the *Web of Science Core Collection* were processed using *VOSViewer* and statistical tools, totaling a sample field of 1129 documents. The results brought to light similarities and differences, either in the protagonism of countries, authors and subfields of the discipline. In general, it was observed a scenario of growth in the use of terms and concepts related to the systems approach in Geomorphology and a significant conceptual distancing, with the loss of referential links with the past. Thus, even distant from the idealized scenario by Ludwig von Bertalanffy, of a unitary and transdisciplinary science, the systems approaches consolidated themselves as part of the work of geomorphologists and geoscientists for decades, strongly impelled by the use of models and quantitative methods.

differences, whether in the protagonism of countries, authors, and subfields of the discipline. In general, there was a scenario of growth in the use of terms and concepts related to the systems approach in Geomorphology and a significant conceptual distance, with the loss of referential links with the past. Thus, even far from the unitary and transdisciplinary science idealized by Ludwig von Bertalanffy, systems approaches have been consolidated as part of the work of geomorphologists and geoscientists for decades, strongly driven by the use of models and quantitative methods.

Keywords: systems approach, complexity, Geomorphology, bibliometrics, VOSviewer.

1. Introdução

Na segunda metade do século XX, a abordagem sistêmica se consolidou como uma alternativa ao reducionismo, consagrado por Descartes (1596 – 1650), no séc. XVII, uma vez que auxiliou a proposição de métodos e modelos científicos. Sua contribuição para as Ciências da Terra, em especial para a Geomorfologia, também merece reconhecimento visto sua recorrente presença na produção científica, com influências sobre metodologias ou mesmo no campo da abordagem adotada frente a um determinado problema de pesquisa. Nesse contexto, surge o questionamento: seria possível dimensionar a influência, no plano metodológico, resultante da publicação *General System Theory* (BERTALANFFY, 1968) e outras obras de referência da abordagem sistêmica sobre a produção científica em Geomorfologia?

Considerou-se aqui como influência no plano metodológico o emprego direto (referenciado) ou indireto (não referenciado) dos conceitos e pressupostos da abordagem sistêmica em artigos científicos do campo da Geomorfologia. Em termos de definição, abordagem sistêmica é uma nomenclatura simplificada para um amplo rol de metodologias científicas que se apoiam sobre fundamentos holísticos, priorizando um campo de observação global. Interdisciplinar em sua essência, contempla, por exemplo, a ideia da unitária Teoria Geral dos Sistemas ou Ciência dos Sistemas proposta por Bertalanffy (1968). De modo geral, os sistemas são compostos por elementos, conexões e funções, analisados de forma integral. Por vezes, a abordagem sistêmica renovada também poderá ser nomeada como Ciências da Complexidade, com o intuito de contemplar a sua ampla e diversa teorização e aplicação nos diferentes ramos científicos (MITCHELL, 2009; CASTELLANI, 2018).

Em meio a essa problemática, outros questionamentos podem também ser levantados, tais como: quais subcampos da Geomorfologia mais se apropriaram de conceitos-chave da abordagem sistêmica? Quais os autores e obras, sob influência da abordagem sistêmica, foram mais influentes em diferentes subcampos da Geomorfologia? Qual a distância conceitual entre o uso desses conceitos na produção recente e sua definição clássica, presente na literatura de referência? Possivelmente, nem todos esses questionamentos poderão ser aqui plenamente respondidos, mas espera-se que o presente trabalho possa ser uma fagulha para discussões mais aprofundadas acerca do tema. Como hipótese de trabalho se considerou que: mesmo diante de registros crescentes no uso de palavras-chave correlatas à abordagem sistêmica na produção em Geomorfologia e Geografia Física, as propostas metodológicas apresentam certo distanciamento conceitual frente aos termos originais, em um contexto de influências interdisciplinares sempre atuantes.

Portanto, a presente pesquisa objetivou realizar um panorama histórico da influência da abordagem sistêmica, em suas diversas manifestações, na produção em Ciências da Terra e, especialmente, no campo da Geomorfologia a partir de análise bibliométrica de 20 periódicos classificados como Q1 e Q2 (*Scimago Journal Rank* – SJR 2019) na categoria *Earth-Surface Processes*.

2. Materiais e Métodos

Para a plena efetivação do objetivo geral proposto, três etapas operacionais foram estabelecidas, aqui respectivamente elencadas.

Delimitação dos conceitos-chave da abordagem sistêmica (etapa 1): análise bibliográfica (qualitativa) baseada em obras de referência da abordagem sistêmica com o intuito de identificar os conceitos-chave que a caracterizam como uma distinta corrente metodológica e de pensamento científico nos séculos XX e XXI.

Nessa primeira etapa, foram identificados os conceitos-chave da abordagem sistêmica através de revisão bibliográfica qualitativa. Esses termos foram posteriormente empregados como variável principal na coleta de dados da etapa seguinte (análise bibliométrica quantitativa a partir de palavras-chave).

Visto o amplo rol de publicações que apresentam conceitos da abordagem sistêmica nas mais diversas áreas das Ciências (vide árvore filogenética de Castellani, 2018), optou-se pela indicação de duas publicações principais como referência para a identificação dos conceitos-chave: *General System Theory: Foundations, Development, Applications* (BERTALANFFY, 1968) e *Complexity: A Guided Tour* (MITCHELL, 2009).

A escolha dessas publicações, em específico, se fez por três motivos principais: primeiramente, por serem obras de referência internacional no que diz respeito à idealização das Ciências dos Sistemas e da Complexidade, de escopo universal, interdisciplinar e conceitual; em segunda instância, por representarem dois momentos diferentes na discussão em torno do tema, sob influências históricas, geopolíticas, tecnológicas e metodológicas específicas; por fim, as publicações em destaque representam uma evolução natural de um mesmo problema de pesquisa, mesmo que apresentando metodologia, fundamentação teórica e aplicações distintas. Desta forma, buscou-se identificar, em ambas as publicações, quais são os conceitos recorrentes na fundamentação teórica de suas propostas, bem como suas similaridades e diferenças no emprego desses termos.

De forma complementar e interdisciplinar, foram utilizadas outras bibliografias de referência com o intuito de ampliar a delimitação conceitual anterior, complementando e comparando o significado dos termos quando necessário. Dentre elas estão Modelagem de Sistemas Ambientais (CHRISTOFOLETTI, 1999), *Thinking in Systems: A Primer* (MEADOWS, 2008), Inteligência da Complexidade. Epistemologia e Pragmática (MORIN; MOIGNE, 2009) e *The Basics of Geomorphology: Key Concepts* (LEWIN; GREGORY, 2014).

Após revisão bibliográfica, os principais conceitos selecionados para embasar a etapa de pesquisa bibliométrica foram: sistema, complexidade, não-linearidade, hierarquia, auto-organização, caos, resiliência, equifinalidade, feedback loop e sistemas complexos/dinâmicos/adaptativos/abertos, além de conceitos correlatos com a temática da prognose e modelagem (vide rotina de busca apresentada na Tabela 1).

Reconhecimento dos padrões históricos da produção científica em Geomorfologia sob influência da abordagem sistêmica (etapa 2): análise bibliométrica (quantitativa) destinada a identificar o uso de conceitos-chave da abordagem sistêmica em publicações de periódicos de referência em Geomorfologia.

Com o intuito de dimensionar e quantificar o número de publicações em Geomorfologia sob influência dos fundamentos da abordagem sistêmica, foram utilizados métodos bibliométricos baseados na ocorrência de palavras-chave em periódicos previamente selecionados. Esta etapa buscou: identificar o uso de conceitos da abordagem sistêmica em publicações de periódicos de Geomorfologia; delimitar estatisticamente a frequência de ocorrência, o período temporal, os autores/obras mais recorrentes e os subcampos em que houve maior ocorrência de conceitos correlatos.

O campo de observação foi delimitado como a produção científica em periódicos de Geomorfologia e Geografia Física de referência internacional, seguindo a classificação *Scimago Journal Rank – SJR (Scopus/Elsevier)* Q1 e Q2 (avaliação de 2019). Foram considerados apenas os periódicos classificados como pertencentes à área *Earth and Planetary Sciences*, categoria *Earth-Surface Processes (SJR)*, sendo contemplados aqui os dez primeiros classificados como Q1 e os dez primeiros classificados como Q2 (vide listagem de periódicos na Tabela 2). A escolha pelos dez primeiros periódicos de cada quartil se deu com intuito de limitar o tamanho da amostra, já bastante ampla para pesquisas desta natureza. Por sua vez, a opção por utilizar-se de uma classificação como a SJR se deu para reduzir a subjetividade na escolha de periódicos pelo pesquisador, apesar de existirem limitações de representatividade na categorização baseada em fator de impacto.

Para cada periódico selecionado, uma rotina completa de busca foi individualmente realizada, a qual compreende 20 linhas no *prompt* de pesquisa do *Web of Science* (Tabela 1). Para a busca, foram utilizados rótulos de campo (os quais indicam as características específicas das publicações que serão consideradas na pesquisa) e operadores booleanos. Aqui se considerou apenas os documentos publicados até 2020, impondo um limite temporal bem definido para a amostra. Visto que novos metadados bibliográficos são indexados a todo momento no banco de dados da plataforma, tornou-se necessário definir uma escala temporal bem delimitada para garantir a replicabilidade do método.

A representação gráfica dos mapas bibliométricos foi realizada a partir dos dados brutos (formato .txt) exportados do *Web of Science Core Collection*. Em seguida, utilizou-se o *software VOSViewer v1.6.16 (Leiden University)* para a análise gráfica dos dados. Nele, os dados são organizados espacialmente no gráfico de forma que sua distância indique afinidade temática entre os autores e objetivos de pesquisa, enquanto o tamanho de suas representações indica sua relevância em termos de citações no universo amostral.

Para a atual aplicação, foi utilizada a configuração padrão do *software*, considerando uma rotina de análises que contemplou: co-autoria, co-ocorrência de palavras-chave, citação, acoplamento bibliográfico (autores e países) e co-citação. Em termos quantitativos, optou-se por considerar a repetição de autores, independentemente de serem primeiros-autores ou não. Desse modo, a opção pelo método fracional de contagem para atribuir os pesos e a proporcionalidade das relações entre publicações não foi aplicada. Nessa opção, o método de computação é baseado em uma premissa que busca reduzir a influência causada por documentos que possuem um número muito elevado de autores, causando, proporcionalmente, relevância superestimada (ECK e WALTMAN, 2010). Em contrapartida, no caso da presente pesquisa, considerou-se que a repetição de autores pode até ser benéfica para identificar aqueles que se destacaram na produção científica da disciplina.

Complementarmente ao mapa cienciométrico, análises de estatística descritiva foram realizadas com o intuito de melhor representar as tendências identificadas ao longo da amostragem, especialmente através de gráficos de ocorrência que consideram aspectos temporais e de país de origem. Os resultados obtidos nessa etapa foram sintetizados, contemplando características descritivas gerais em termos quantitativos (ocorrências de uso dos conceitos, distribuição temporal e tendências de variação) e qualitativos (identificação de autores, países e áreas mais recorrentes). Em termos de *softwares* para esta etapa, utilizou-se do *Microsoft Excel*.

Por meio dessa amostragem, buscou-se representar as principais tendências históricas no emprego dos conceitos-chave. Entretanto, é preciso salientar que o Web of Science Core Collection contempla originalmente os resumos e palavras-chaves apenas de artigos a partir da década de 1990 em sua busca, dependendo de constantes atualizações referentes aos metadados de artigos mais antigos. Quando resumos e palavras-chave de autores não estão nos metadados, a busca captura apenas a presença do termo buscado em seu título, subestimando ocorrências anteriores. Em síntese, não há uma plena indexação de artigos anteriores à década de 1990, uma limitação dos bancos de dados que, progressivamente, acaba por incorporar documentos mais antigos em seu core collection.

Categorização dos diferentes níveis de apropriação dos conceitos-chave da abordagem sistêmica em Geomorfologia (etapa 3): seleção de obras que se destacaram na etapa anterior da investigação e categorização (qualitativa) dos diferentes padrões de aplicação dos conceitos-chave relacionados com a abordagem sistêmica.

Para não se limitar apenas à caracterização quantitativa das publicações, foi realizada uma análise qualitativa, considerando os dez artigos com maior número de citações de cada periódico analisado. A partir desta análise, que compreende limitações, buscou-se classificar se, de fato, os artigos têm afinidade com os pressupostos da abordagem sistêmica. Desta forma, foram categorizados a partir da leitura do seu resumo sob as seguintes categorias:

- Pouca afinidade – nenhuma relação aparente, relação indireta ou ausente com o referencial teórico da abordagem sistêmica;
- Média afinidade – aplicação de métodos relacionados à abordagem sistêmica, mas sem a referenciação de obras, conceitos e autores evidentemente correlatos;
- Boa afinidade – aplicação de métodos relacionados à abordagem sistêmica, havendo referências diretas;
- Ótima afinidade – a teoria dos sistemas e/ou da complexidade contempla o arcabouço conceitual e o objetivo de toda a publicação, discutindo a evolução histórica e conceitual da disciplina.

Esta etapa de classificação das publicações de cada periódico foi necessária para dar profundidade aos dados quantitativos oriundos da pesquisa e mapeamento bibliométricos. Além disso, possibilitou aferir se, de fato, o método de busca empregado estava contemplando diferentes níveis de influência da abordagem sistêmica nos periódicos selecionados.

3. Resultados

No presente item são apresentados os resultados referentes às pesquisas bibliométricas, utilizando conceitos-chave pré-determinados, em periódicos de referência. Os critérios de busca empregados compreenderam 20 linhas de comando de busca para cada análise, conforme demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1. Critério de busca: dez primeiros periódicos classificados como Q1 e Q2 na área de *Earth and Planetary Sciences* e categoria *Earth-Surface Processes* (SJR, 2019). Neste exemplo, apresentando os resultados do periódico *Earth Surface Dynamics* (ISSN 21966311 e 2196632X).

Rotina	Comando de busca no <i>Web of Science – Earth Surface Dynamics</i>	Resultado
Pesquisa específica: conceitos definiram palavras-chave		
#1	TS = (complexity AND system*) AND (IS = 21966311 OR IS = 2196632X)	9
#2	TS = (nonlinear* AND system*) AND (IS = 21966311 OR IS = 2196632X)	1
#3	TS = (hierarch* AND system*) AND (IS = 21966311 OR IS = 2196632X)	0
#4	TS = (self-organiz* AND system*) AND (IS = 21966311 OR IS = 2196632X)	3
#5	TS = (emergen* AND system*) AND (IS = 21966311 OR IS = 2196632X)	4
#6	TS = (chao* AND system*) AND (IS = 21966311 OR IS = 2196632X)	0
#7	TS = (resilien* AND system*) AND (IS = 21966311 OR IS = 2196632X)	3
#8	TS = (equifinality AND system*) AND (IS = 21966311 OR IS = 2196632X)	0
#9	TS = ("feedback loop*" AND system*) AND (IS = 21966311 OR IS = 2196632X)	0
#10	TS = ("complex system*" OR "dynamic* system*" OR "adaptive system*" OR "open system*" OR "system* boundar*" OR "complex network*" OR "dynamic* network*") AND (IS = 21966311 OR IS = 2196632X)	1
#11	TS = (bertalanffy OR "system* theor*" OR "system* science*" OR "system* thinking" OR "complexity sciences" OR "system* approach" OR geosystem*) AND (IS = 21966311 OR IS = 2196632X)	0
Pesquisa abrangente: termos possivelmente relacionados aos sistemas		
#12	TS = ((forecast* OR prediction OR prognosis) AND system* AND model*) AND (IS = 21966311 OR IS = 2196632X)	5
#13	TS = (model* AND system*) AND (IS = 21966311 OR IS = 2196632X)	76
#14	IS = 21966311 OR IS = 2196632X	361
#19	TS = (model*) AND (IS = 21966311 OR IS = 2196632X)	246
Pesquisa analítica: razões e comparações		
#15	soma do uso de palavras-chave 1 ao 11: #11 OR #10 OR #9 OR #8 OR #7 OR #6 OR #5 OR #4 OR #3 OR #2 OR #1	19
#16	(soma #15 AND model* #13)	16
#20	(soma #15 AND model* #19)	16
#17	(soma #15 AND forecast* #12)	1
#18	(Brazil AND soma #15)	0
N = 19 de 361, 5%		

Na Tabela 2 são listados os periódicos selecionados como grupo amostral. A apresentação geral dos resultados colocou lado-a-lado os 10 periódicos classificados como Q1 na área de *Earth and Planetary Sciences* e categoria *Earth-Surface Processes* do *SCLMago Journal Rank* (SJR, 2019) e os 10 periódicos classificados como Q2 sob mesmos parâmetros. Casos específicos e vistos como mais representativos para o escopo desta pesquisa são comentados na sequência.

No que diz respeito à data de publicação dos documentos amostrados pelas pesquisas de metadados bibliográficos (Figura 1), há uma tendência geral de crescimento temporal no número de documentos publicados, seja no espectro de Q1 (A) quanto de Q2 (B). Todavia, apesar dessa tendência geral, não se pode ignorar variações anuais na produção, sejam elas positivas ou negativas. Enquanto nos periódicos Q1 selecionados observou-se um máximo da série histórica no ano de 2020, o último ano incluído na análise, o mesmo não pode ser dito dos periódicos selecionados Q2: neles, o máximo obtido ocorreu no ano de 2017, seguido por um declínio de aproximadamente 25%, no ano seguinte; há uma aparente tendência de estabilização a partir de então, porém abaixo do máximo registrado. No que diz respeito às publicações mais antigas, em Q1 há um registro de 1962 na amostra. Já na amostragem de Q2, o documento mais antigo é de 1983. Todavia, vale lembrar que não há uma plena indexação de artigos anteriores à década de 1990, uma limitação do método já comentada anteriormente.

Ainda, foi possível observar que, nos periódicos Q1, há semelhanças entre os números de documentos publicados no início das décadas de 1990 e 2010; enquanto em Q2 notou-se um crescimento mais gradual, talvez um reflexo da presença de periódicos mais novos neste grupo. Por fim, é necessário ressaltar que as escalas dos gráficos abaixo não são as mesmas devido a ampla diferença do N amostral obtido para os 10 primeiros periódicos Q1 em relação aos 10 primeiros periódicos Q2. Enquanto a busca dos periódicos Q1 resultou em 902 documentos, os resultados dos periódicos Q2 foram de 227 documentos. Uma possível evidência, mesmo que meramente amostral, dos diferentes ritmos de publicação de periódicos em diferentes quartis da classificação SJR. Todavia, seria necessário se aprofundar mais diante desta questão para compreender melhor as reais causas deste fenômeno diagnosticado.

Tabela 2. Relação dos periódicos selecionados para o Grupo 2, classificados como Q1 e Q2 na área de *Earth and Planetary Sciences* e categoria *Earth-Surface Processes* (SJR, 2019). Em amarelo estão os periódicos cujo escopo se mostrou mais ajustado ao problema de pesquisa e aqui são mais discutidos.

Classificação SJR categoria <i>Earth-Surface Processes</i> , Q1 e Q2 (2019)					
SJR Q1	Periódico		N	ISSN	Escopo
1	<i>Transactions of the Institute of British Geographers</i>		40	00202754, 14755661	Geografia
2	<i>Cryosphere</i>		43	19940416, 19940424	Ambientes Glaciais
3	<i>Antipode</i>		25	00664812, 14678330	Geografia
4	<i>Soil and Tillage Research</i>		152	1671987	Ciência dos Solos, Agricultura
5	<i>Biogeosciences</i>		144	17264189, 17264170	Ecologia, Geociências Multidisciplinar
6	<i>Journal of Geophysical Research</i>		312	01480227, 21562202	Geociências Multidisciplinar
7	<i>Annals of the American Association of Geographers</i>		119	24694460, 24694452	Geografia
8	<i>Earth Surface Dynamics</i>		19	2196632X, 21966311	Geologia, Geografia Física
9	<i>Biogeochemistry</i>		38	01682563, 1573515X	Geologia, Ciências Ambientais
10	<i>Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation</i>		10	15698432	Sensoriamento Remoto
SJR Q2	Periódico		N	ISSN	Escopo
37	<i>Journal of Arid Environments</i>		82	1095922X, 01401963	Ambientes Áridos
38	<i>Journal of Paleolimnology</i>		24	09212728, 15730417	Limnologia, Geologia
39	<i>Arctic, Antarctic, and Alpine Research</i>		16	15230430, 19384246	Ambientes Glaciais
40	<i>Canadian Geographer</i>		36	15410064, 00083658	Geografia
41	<i>Journal of Palaeogeography</i>		2	20953836	Paleontologia, Paleogeografia
42	<i>Hydrology</i>		12	23065338	Recursos Hídricos
43	<i>Soil Research</i>		15	18386768, 1838675X	Solos
44	<i>Journal of Arid Land</i>		5	16746767, 21947783	Ambientes Áridos
45	<i>Geodinamica Acta</i>		8	9853111	Geociências Multidisciplinar
46	<i>Geographical Research</i>		27	17455863, 17455871	Geografia
N = 1129 documentos					

Quanto à região de origem dos documentos, nota-se a predominância dos países do chamado “norte geopolítico”, aqui adotando a divisão socioeconômica e geopolítica consagrada. Em uma amostra com 77 países nos periódicos Q1 (Figura 2, A), os cinco primeiros em documentos publicados foram: Estados Unidos (31%), Inglaterra (10%), Alemanha (7%), Canadá (6%) e França (5%). A exceção aparece na sexta posição, com os trabalhos oriundos da China (4%), um país ainda considerado como emergente, mas que manifestou saltos nas últimas décadas não só na economia, mas também na produção científica (vide item A, Figura 2). O Brasil aparece na 12ª posição, com 23 publicações no total (1,72%). É preciso salientar que a soma de registros dos países ($N = 1339$), é superior à soma de documentos anteriormente apresentada ($N = 902$); isso ocorre devido à natureza dos metadados fornecidos pelo *Web of Science*, onde, possivelmente, um mesmo documento pode ter mais de uma nacionalidade de origem. Vale ainda comentar a respeito da hegemonia de documentos publicados pelos Estados Unidos, cujo número é superior à soma de todos os outros países a partir da 11ª posição (Outros, 28%). No total, 77 países tiveram algum registro na amostra SJR Q1.

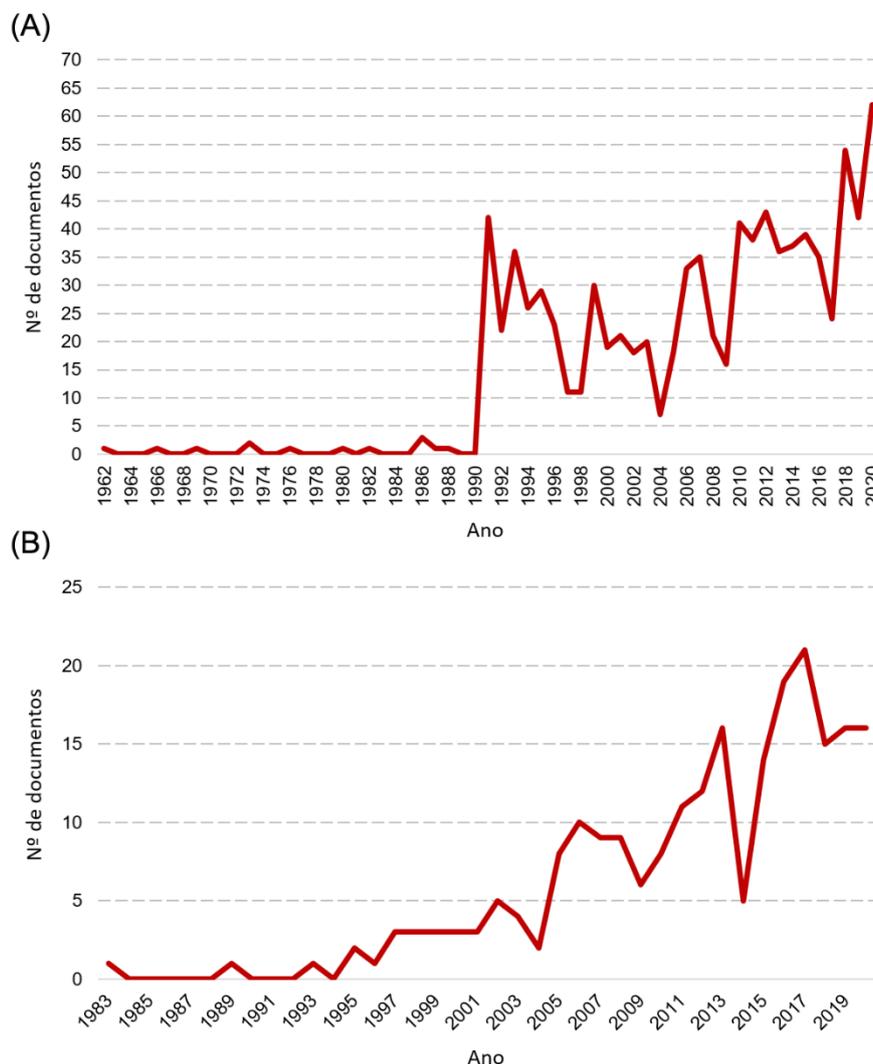


Figura 1. Distribuição temporal de documentos publicados dos 10 periódicos Q1 (A, $N = 902$) e Q2 (B, $N = 227$) mais bem avaliados pela SJR em sua área *Earth and Planetary Sciences* e categoria *Earth-Surface Processes*. Fonte: dados compilados do *Web of Science* e processados no *Microsoft Excel*.

Por sua vez, nos 10 primeiros periódicos classificados como Q2, o cenário pouco se altera (Figura 2, B). Os cinco países com maior número de registros são: Estados Unidos (16%), Austrália (13%), Canadá (12%), França (9%) e Inglaterra (7%). Mais uma vez a China aparece em sexto lugar, com 3%. Aqui vale o destaque para um país sul-americano dentre os 10 com maior número de documentos: a Argentina, com 2% da amostragem. O Brasil aparece mais uma vez na 12ª posição, com 5 publicações (1,63%). Como mencionado anteriormente, o total de

registros de países foi de 306 entradas, de um total de 227 documentos. Diferente do observado na amostra de periódicos Q1, a soma de todas as participações de países a partir da 11ª posição (Outros, 29%) é comparável aos dois primeiros países mais bem ranqueados. No total, 53 países tiveram algum registro na amostra SJR Q2.

Adicionalmente, também é preciso considerar o país sede dos periódicos aqui analisados, os quais são apresentados na Tabela 2. Mais uma vez emprestando-se de um conceito geopolítico para essa breve análise, nota-se a predominância dos países do “norte geopolítico”, com seis periódicos do Reino Unido, quatro dos Países-Baixos e três dos Estados Unidos e Alemanha, de um total de 20 periódicos analisados. A proximidade geográfica, linguística e das relações institucionais dos países que publicaram os documentos com os países-sede dos periódicos não pode ser ignorada. Assim como o nível de aporte financeiro para pesquisa científica nessas nações, uma realidade discrepante quando comparada a maioria dos países emergentes. Mais uma vez, a única exceção fica para a China, onde o periódico *Journal of Arid Land* aparece entre os dez primeiros periódicos Q2, na 44ª posição da classificação SJR de 2019.

Utilizando-se do escopo geral das revistas científicas, os periódicos melhor associados ao problema de pesquisa em análise foram selecionados e tiveram seus resultados aqui apresentados. Todavia, a descrição da amostra individual de cada periódico e sua pré-análise, bem como os metadados exportados do *Web of Science Core Collection* aptos para processamento no *VOSviewer*, encontram-se disponíveis no material suplementar desta publicação.

De modo geral, há periódicos que foram considerados como amplos, por abordarem conjuntamente temas da Geografia Física e Humana (exemplo: *Transactions of the Institute of British Geographers* e *Antipode*), já outros foram classificados como específicos de subcampos científicos (exemplo: *Cryosphere* e *Journal of Arid Environments*) ou pertencentes a outras Ciências consolidadas, como a Geologia, a Geofísica, Agronomia e Ciências Ambientais. Amostras muito restritas, com um baixo N amostral (inferiores a 20 documentos), também foram deixadas em segundo plano. Assim, os seguintes periódicos foram selecionados para a descrição dos resultados e discussão: *Biogeosciences* e *Annals of the American Association of Geographers* do grupo Q1, além de *Geographical Research* do grupo Q2.

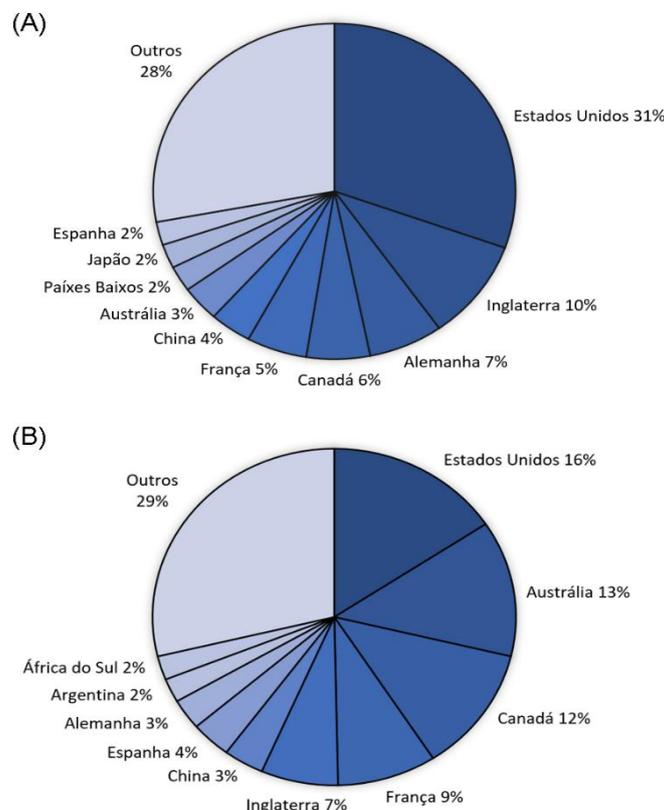


Figura 2. Distribuição de documentos publicados por países, considerando os 10 periódicos Q1 (A) e Q2 (B) mais bem avaliados pela SJR em sua área *Earth and Planetary Sciences* e categoria *Earth-Surface Processes*. Fonte: metadados do *Web of Science* exportados via *VOSviewer* e processados no *Microsoft Excel*.

Com N amostral de 144 documentos (3% do total de documentos do periódico), o periódico *Biogeosciences* é relativamente recente, iniciado em 2004 e com a primeira publicação da amostra sendo de 2006. Todos os artigos são de acesso aberto. Os máximos de publicações anuais da amostragem ocorreram nos anos de 2016 (N = 16) e 2020 (16), enquanto o mínimo é de 2006 (1), registro mais antigo da revista. Houve um aumento temporal no emprego dos conceitos-chaves aqui selecionados, seguido por uma diminuição com picos, dando certa estabilidade à amostragem anual. A diversidade de autores é grande, havendo um máximo de 5 publicações por autor. Os autores com mais documentos são: Brovkin (5), Frolicher (5), Joss (5) e diversos outros com 4 documentos. Dentre os países com maior número de participações em documentos estão: Estados Unidos (67), Alemanha (44), Reino Unido (31), França (26) e Canadá (22). No que diz respeito ao idioma e nacionalidade, toda a amostra está redigida em inglês e totalizam-se 47 países diferentes na amostra. Em termos de América do Sul, o Brasil se destaca com 5 publicações, seguido por Argentina e Chile com 1 cada. No que diz respeito à afinidade com tópicos da abordagem sistêmica dos 10 artigos mais citados, predomina a média afinidade (aplicação de métodos relacionados, mas não referenciados), com destaque para *Improving land surface models with FLUXNET data* (WILLIAMS *et al.*, 2009).

Com N amostral de 119 itens (1,5% do total de documentos do periódico), o *Annals of the American Association of Geographers* (ativo desde 1911) registrou documentos de 1973 (2) como os mais antigos da amostragem, seguido por 1982 (1), 1991 (1) e 1992 (1); fato que pode ser resultado da limitação da coleção do *Web of Science Core Collection* em documentos anteriores à 1992. O máximo é de 2020 (14) e os mínimos, a partir de 1990, ocorreram em 1996, 1999 e 2004 (1). A tendência geral de publicação com os conceitos-chave aparenta ser crescente. Em termos de autores com maior número de documentos, o destaque fica para Philips (4), seguido por An (3) e muitos autores com 2 documentos. Quanto aos países, há um pleno predomínio de trabalhos dos Estados Unidos (84), seguidos por Reino Unido (14), Canadá (12), China (7) e Austrália (6). Com 28 países representados pela amostra, há 2 documentos do Brasil, 1 da Bolívia e 1 do Chile. Por fim, no que diz respeito à afinidade com tópicos da abordagem sistêmica, predominou a média afinidade entre os 10 mais citados. Destaque para o trabalho de Stallins e Parker (2003): *The influence of complex systems interactions on barrier island dune vegetation pattern and process*; e Parker *et al.* (2003): *Multi-Agent Systems for the Simulation of Land-Use and Land-Cover Change: A Review*.

Com N amostral de 27 documentos (3% do total do periódico), o *Geographical Research* tem seu artigo mais antigo na amostra sendo de 2005 (1), o primeiro ano do periódico, com hiatos observáveis até 2020. O máximo observado é de 2015 (5), com picos de 4 documentos em anos anteriores. A tendência é oscilante e cíclica, apresentando sucessivas elevações e quedas no número de publicações ao longo da amostra. Poucos autores têm mais de um documento, sendo eles Howitt (2) e McGuirk (2). E quanto aos países, o destaque vai para Austrália (19), Reino Unido (5) e diversos outros com apenas 1 documento. Todos em inglês, assim como nas amostras dos periódicos anteriores, demonstrando a influência anglo-saxônica. No que diz respeito à afinidade com a abordagem sistêmica dos 10 artigos mais citados, predomina boa e média afinidades, com destaque para *Maps narratives and trails: Performativity, hodology and distributed knowledges in complex adaptive systems - An approach to emergent mapping* (TURNBULL, 2007).

A análise dos metadados do *Web of Science* foi ampliada mediante inserção dos dados exportados no *software VOSViewer v1.6.16*. Com a utilização desta ferramenta, a análise de co-autoria indicou que 801 autores compõem a amostra do periódico *Biogeosciences*, sendo apenas 57 deles com dois ou mais documentos. No periódico *Annals of the American Association of Geographers*, 298 autores compõem a amostra, sendo que apenas dez deles têm mais de dois documentos e Phillips (N = 4) é uma exceção. Por fim, *Geographical Research* tem 70 autores em sua amostra, apenas dois com mais de um documento. Em termos comparativos, mas ainda tratando de co-autoria, nota-se a formação de um *cluster* principal no mapa bibliométrico do *VOSViewer* para os dois primeiros periódicos, com poucos isolamentos de países (Figura 3). Situação distinta do último periódico aqui referido, possivelmente impactado por uma amostra mais limitada, com menor número amostral, e um periódico com menor número geral de documentos publicados em seu acervo.

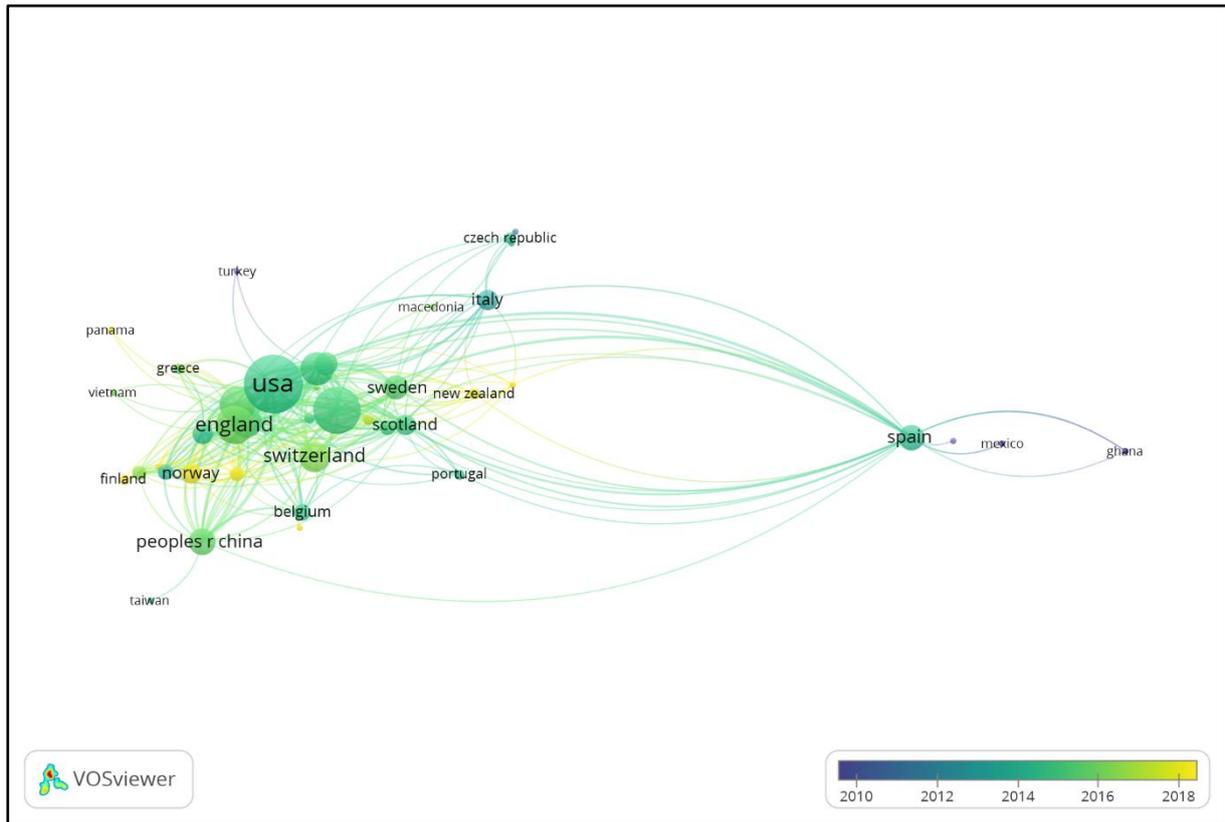


Figura 3. Análise de co-autoria do periódico *Biogeosciences*, considerando os países de origem. Notar as conexões diretas e indiretas entre toda a amostra. Fonte: *VOSViewer*.

Do ponto de vista da co-ocorrência de palavras-chaves nas amostras oriundas dos periódicos, registrou-se: 871 *keywords* em *Biogeosciences* (202 delas com dupla ocorrência), 1000 *keywords* em *Annals of the American Association of Geographers* (169 dupla ocorrência) e 239 *keywords* em *Geographical Research* (20 com dupla ocorrência). Vale notar que, em grande parte das vezes, conceitos correlatos à abordagem sistêmica se demonstraram mais presentes do que os próprios conceitos-chave pré-selecionados, o que indica a diversidade do tópico aqui explorado. Passíveis de representação gráfica (Figura 4), os destaques dentro do escopo da pesquisa foram:

- *Biogeosciences* – *Climate change* (24), *variability* (16), *dynamics* (16), *earth system model* (11), *uncertainty* (9), *intermediate complexity* (6);
- *Annals of the American Association of Geographers* – *Climate change* (15), *systems* (10), *scale* (10), *dynamics* (9), *vulnerability* (9), *resilience* (9), *adaptation* (7), *model* (7), *complexity* (6);
- *Geographical Research* – *Resilience* (6), *systems* (4), *risk* (4), *geography* (4), *Australia* (4).

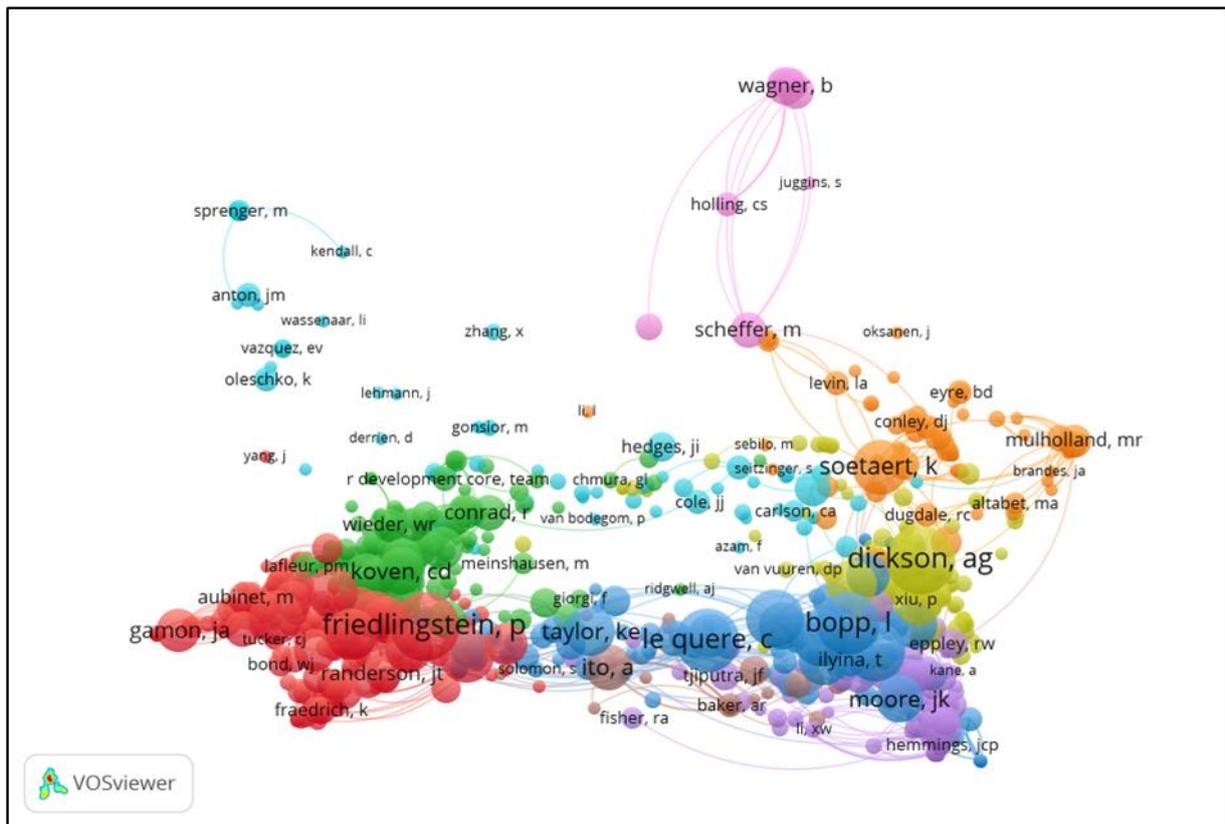


Figura 5. Co-citação de autores em *Biogeosciences*. Notar a formação de núcleos interconectados e o baixo isolamento geral, representando relações de co-citação entre autores dentro dos documentos da amostra. Fonte: VOSViewer.

Por sua vez, a co-citação no periódico *Annals of the American Association of Geographers* selecionou 8.538 documentos citados em um contexto heterogêneo, já que apenas 434 foram citados duas vezes, 76 foram citados três vezes e quatro foram citados pelo menos cinco vezes. O maior *cluster* tem 104 itens, seguido por outros com cerca de 50. Vale notar a presença da publicação de Harvey (1996), um autor consagrado na Geografia Humana. Tal constatação não indica, necessariamente, um erro da amostragem, mas o caráter interdisciplinar da amostra obtida. Com intuito de manter-se integralmente fiel ao método aqui proposto, publicações e periódicos que não estão diretamente relacionados à Geomorfologia e Geografia Física foram mantidos e analisados. Levando em conta as ocorrências específicas anteriormente relatadas, destacaram-se dentro da amostra do periódico:

- Parker *et al.* (2003) “Multi-agent systems for the simulation of land-use and land-cover change: a review” (7 citações);
- Malanson (1999) “Considering complexity” (7 citações);
- Harvey (1996) “Justice, nature and the geography of difference” (5 citações);
- Blaikie e Brookfield (1987) “Land degradation and society” (5 citações).

Quanto à co-citação de autores, ainda na amostra do periódico *Annals of the American Association of Geographers*, 6.124 autores contemplam a amostra, 1.231 deles com duas citações e 535 com três citações. Destaques ficam para Phillips (47), Turner (34), Kwan (30), Cutter (29) e Batty (28). O maior *cluster* tem 103 itens, mas ainda está conectado aos demais (Figura 6).

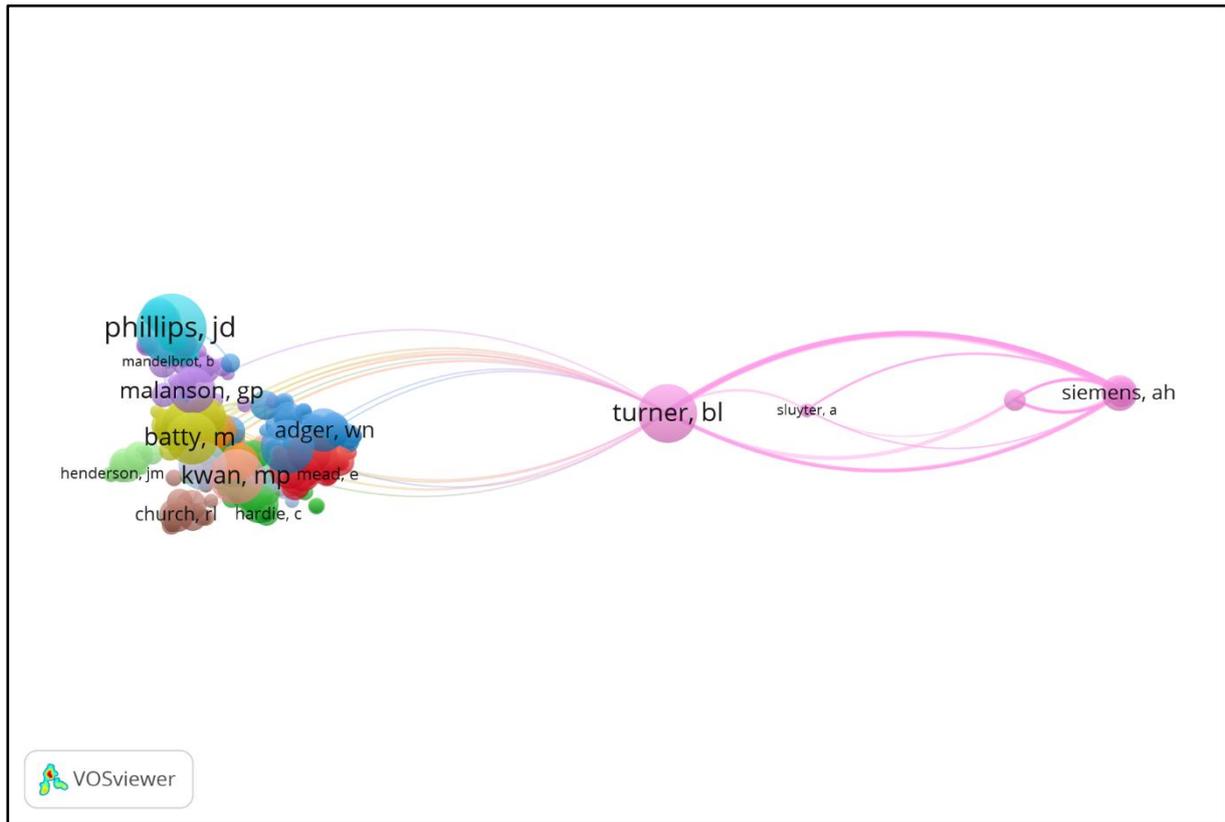


Figura 6. Co-citação de autores em *Annals of the American Association of Geographers*. Notar que os núcleos aparecem menos definidos em relação ao caso anterior. Há distanciamentos pontuais. Fonte: VOSViewer.

A análise de co-citação de documentos no *Geographical Research* destacou 1.573 documentos citados, sendo 17 deles com duas citações ou mais e apenas 2 com três citações. Os destaques são para Folke *et al.* (2002) “*Resilience and sustainable development: building adaptive capacity in a world of transformations*” e Adger (2006) “*Vulnerability*”, ambos com 3 citações. Na representação gráfica, nota-se a formação de um núcleo principal e baixo isolamento, o *cluster* máximo tem 162 itens. Quanto à co-citação de autores, 1.212 nomes compõem a amostra, 176 com duas citações, 71 com três, 36 com quatro e três com doze ou mais. Os destaques vão para Short (32), Masselink (12), Wright (12), Bryant (11), Howitt (8) e Thoms (8). A rede tem baixo isolamento, com *cluster* máximo de 111 itens. Vale notar que Short, o mais citado, está isolado do núcleo principal, provavelmente por tratar-se de um renomado autor de uma área específica: a geomorfologia costeira (Figura 7).

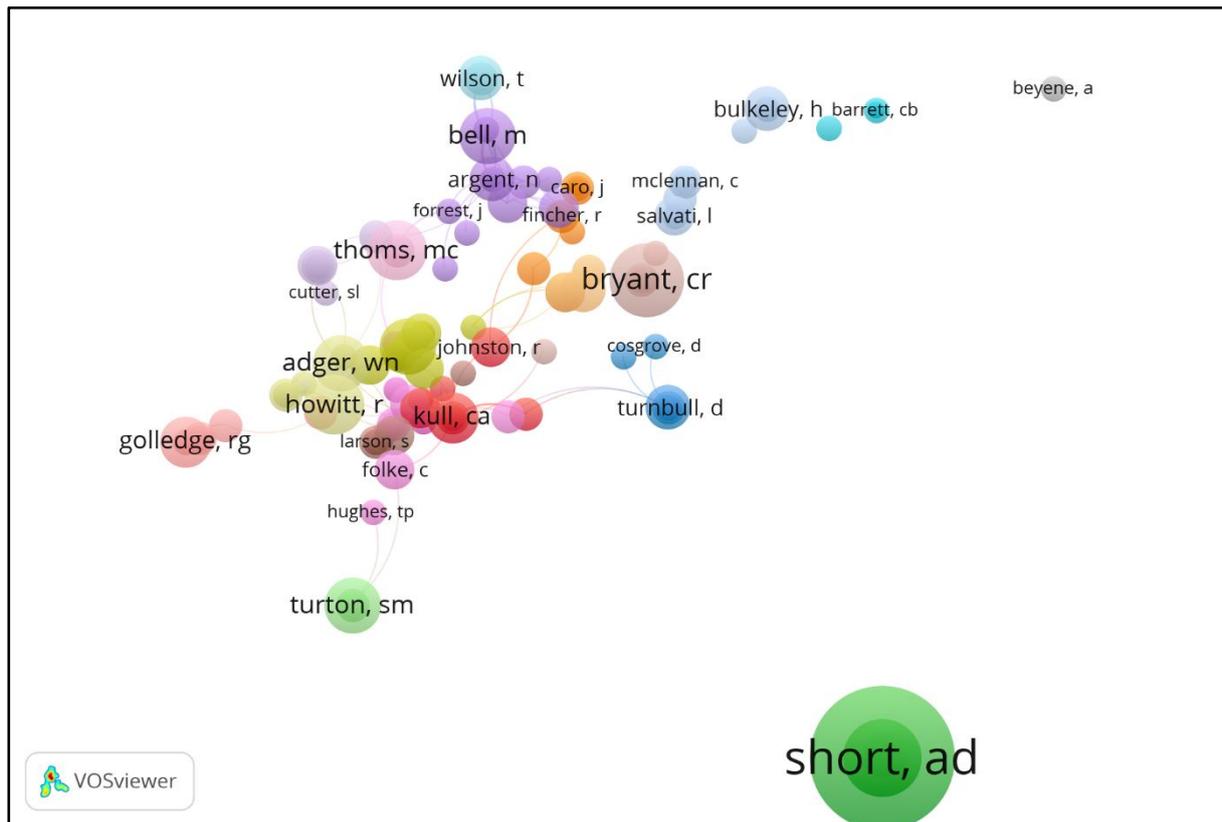


Figura 7. Co-citação de autores em *Geographical Research*. Notar a existência de um diverso núcleo principal e o isolamento de Short, o autor mais co-citado na amostra. Fonte: VOSViewer.

Por fim, no que diz respeito à categorização por afinidade dos 10 artigos mais citados de cada um dos 20 periódicos selecionados no campo amostral, observou-se um significativo distanciamento conceitual, predominando a pouca afinidade entre os periódicos Q1 e a média afinidade entre os periódicos Q2. Em termos de “pouca afinidade”, nossa categoria de classificação metodologicamente definida, os periódicos *Antipode* (ID #3, 8 ocorrências), *Soil and Tillage Research* (ID #4, 7 ocorrências) e *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* (ID #37, 7 ocorrências) foram destaques. No espectro oposto, de ocorrências de “boa afinidade”, apenas o periódico *Hydrological Processes* (ID #42, 6 ocorrências) se destacou. O enfoque temático de tais periódicos pode explicar a maior ou menor proximidade com a aplicação referenciada dos conceitos da abordagem sistêmica, mas essa é uma análise preliminar que precisa ser mais aprofundada. A subjetividade da análise aqui realizada também precisa ser considerada, por se tratar de categorias cuja relatividade é resultado do filtro da percepção dos pesquisadores que a realizaram.

4. Discussão

Apesar de alguns periódicos da amostragem terem apresentado uma certa estagnação temporal no número de documentos publicados, foi possível observar uma tendência crescente nos números de publicações em Geomorfologia sob influência da abordagem sistêmica. Um fenômeno que notavelmente se intensificou a partir da década de 1990. Entretanto, é preciso sempre levar em conta as limitações do método, já que nativamente a indexação completa de metadados no Web of Science, incluindo resumos, é justamente estabelecida em trabalhos a partir DESTA DÉCADA. Documentos anteriores à década de 1990 FORAM sendo adicionados posteriormente pela base de dados, mas não compreendem sua totalidade. De toda forma, mesmo se considerássemos a década de 1990 como ponto de partida, a amostra continua a ter uma trajetória crescente, com eventuais picos positivos e negativos na amostra.

A popularização do uso de termos correlatos com a abordagem sistêmica em publicações científicas a partir das décadas de 1990 e 2000 também faz sentido do ponto de vista de momento cultural ou de *zeitgeist* (“espírito da época”), já que nessas duas décadas temas como Efeito Borboleta e Caos se tornaram recorrentes na cultura popular de massa, com produções audiovisuais (*Lola Rennt* de 1998; *Donnie Darko* de 2001; *The Butterfly Effect* de 2004). Na

literatura de popularização das ciências, mais próxima das vanguardas científicas de momento, esse fenômeno já podia ser observado antes, com livros destinados ao grande público amplamente distribuídos nas décadas de: 1970 (*The Limits to Growth* de Donella Meadows; *Le Hasard et la Nécessité* de Jacques Monod; *Gaia: a New Look at Life on Earth* de James Lovelock), 1980 (*Chaos: Making a New Science* de James Gleick -- Pulitzer Prize em 1987), 1990 (*The Web of Life* de Fritjof Capra; *La Fin des Certitudes: Temps, Chaos et les Lois de la Nature* de Ilya Prigogine; *The Quark and the Jaguar* de Murray Gell-Man) e 2000 (*Introduction à la Pensée Complexe* de Edgar Morin; *Complexity: a Guided Tour* de Melanie Mitchell).

Em termos de reconhecimento científico, vale ressaltar a recente consagração do Prêmio Nobel de Física 2021 para Giorgio Parisi, Syukuro Manabe e Klaus Hasselmann em pesquisas que deram base teórica para a modelagem de sistemas complexos terrestres: “O planeta Terra é um sistema complexo, talvez muito mais complexo do que conhecemos, exatamente por contemplar tudo dentro de si. Todo o desenvolvimento do mundo, os sistemas ecológicos, é um sistema complexo” (FERRAZ, 2021).

De modo complementar, a ferramenta de análise temporal do emprego de termos na literatura, Google Ngram, pode nos propiciar uma breve comparação com os resultados alcançados através da bibliometria (Figura 8). Verifica-se que o simples uso do termo “*systems*” teve seu auge na metade da década de 1980, seguida por processo de desuso até uma aparente estabilização recente. Curiosamente, as taxas de crescimento entre 1950 e 1980 estão próximas das taxas de declínio observadas entre 1980 e 2015. Partindo para uma escala de detalhe, agora com enfoque no uso do termo “*complexity*”, encontramos um cenário distinto: crescimento até a metade da década de 2005, seguido por uma aparente estabilização. Assim, mesmo que com distintas escalas de uso, a consagração das ideias em torno da complexidade demonstra-se posterior aos sistemas, o que faz sentido frente à bibliografia aqui consultada.

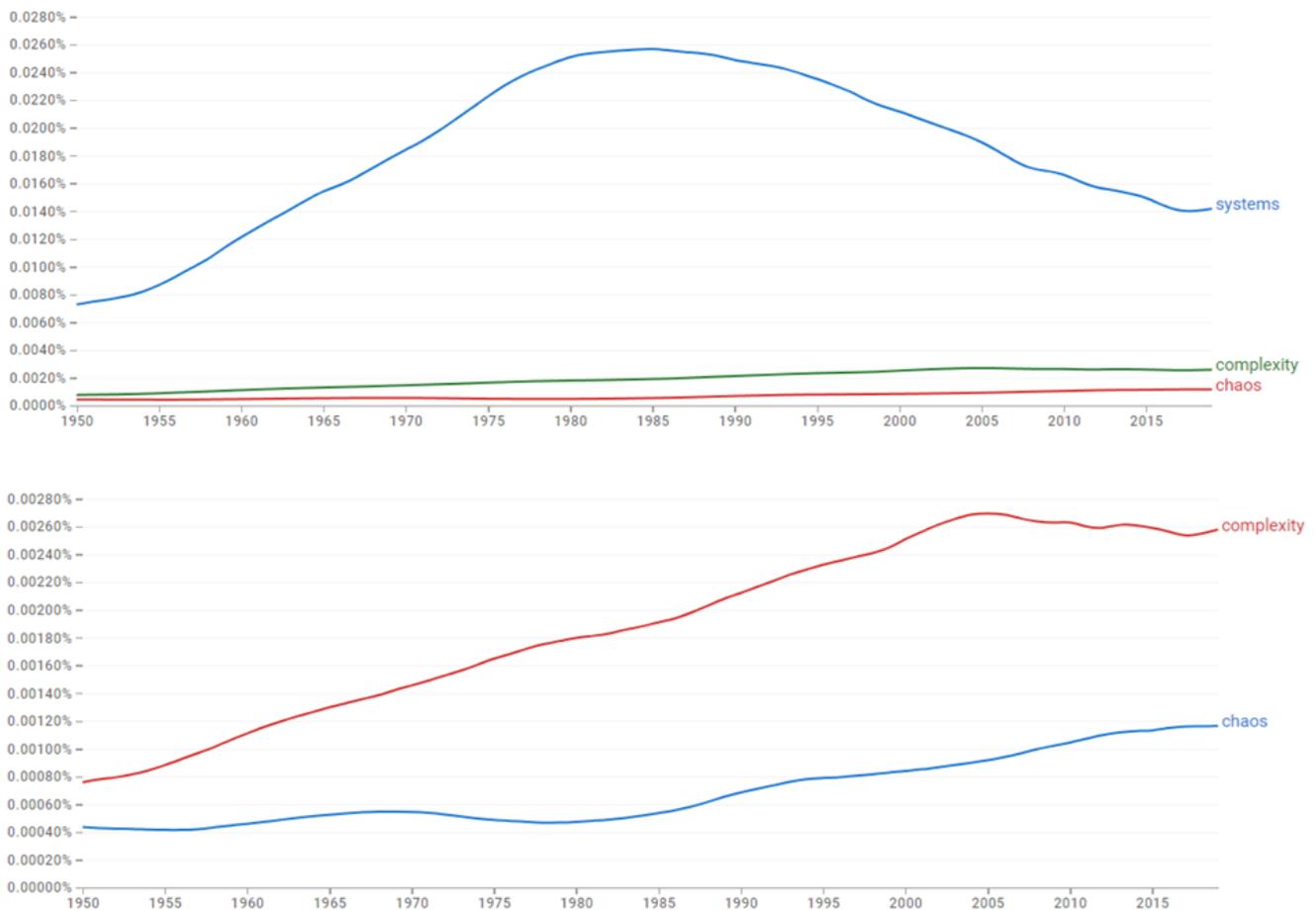


Figura 8. Uso de termos “*systems*”, “*complexity*” e “*chaos*” no Google Ngram entre 1950 e 2019. Fonte: Google Ngram.

As análises bibliométricas para Q1 e Q2 apresentaram semelhanças em termos de país de origem, o que pode indicar a coerência dos resultados e a configuração de um cenário bem definido na produção científica. A predominância da língua inglesa e a distância das universidades que sediam os periódicos de maior produção ainda pode ser uma barreira para os países emergentes. Afinal, trata-se de países que estão distantes do “norte geopolítico” e que sofrem por questões básicas de infraestrutura e financiamento para pesquisa científica. Talvez recaia apenas à figura da China o protagonismo de desafiar o *status quo* e a hegemonia do “norte geopolítico”, despontando como referência econômica mundial e registrando notáveis saltos em sua produção científica nas últimas décadas. Analisar minuciosamente esse padrão de crescimento pode ser interessante para compreender melhor o fenômeno que já demonstra certo protagonismo da China em termos do número de documentos científicos publicados em diversas áreas, mesmo que as citações cresçam em um ritmo mais lento.

Ainda em termos de participação internacional, De Grijis (2015) reconhece a importância da colaboração entre pesquisadores de diferentes nações, propiciando a troca de ideias, metodologias e a consolidação de redes acadêmicas. O autor estabelece regras para a consolidação de colaborações científicas internacionais, um universo que possibilita inovação, mas também é repleto de desafios; diferenças culturais e de idioma, que representam entraves para este fim. De toda forma, Wagner e Leydesdorff (2009) confirmaram um fenômeno de inflação da colaboração internacional nas décadas de 1990 e 2000, um crescimento linear em termos de número de documentos publicados e exponencial em termos de correspondentes internacionais. Estas redes globais de colaboração acabam resultando em um grupo central que domina, quantitativamente, os artigos publicados em periódicos de referência. Neste último aspecto, os autores identificaram que quatorze nações industrializadas reforçaram sua posição de protagonismo entre 2000 e 2005, o que acaba por convergir com as interpretações anteriormente levantadas de um predomínio de publicações do “norte geopolítico” na amostra desta publicação. Esses países possuem sistemas nacionais fortes que acabam por resultar na manutenção da sua posição privilegiada no protagonismo científico internacional, ao mesmo tempo que os países periféricos acabam sendo prejudicados pela força deste grupo dominante. Por fim, a ciência, no nível internacional, é definida pelos autores como um sistema adaptativo complexo cuja ordem é resultado da interação de centenas de agentes, com suas estratégias únicas, em busca de interesses próprios. Aspecto, este último, acaba também por se manifestar na presente pesquisa, mas que precisa ser pesquisado em profundidade em pesquisas futuras.

Em relação às influências interdisciplinares e transdisciplinares que permearam a origem da abordagem sistêmica, é inegável que o seu desenvolvimento na Geomorfologia foi o resultado de influências interdisciplinares. Afinal, a própria criação da Teoria Geral dos Sistemas por Bertalanffy assim o foi, com influências que passam da Biologia a Termodinâmica, por exemplo, registrando, inclusive, a influência das Geociências em seu manuscrito. Apesar de muitos estudantes e jovens pesquisadores brasileiros terem seu contato inicial com a abordagem sistêmica na Geomorfologia e Geografia Física através de autores que tiveram influência na disciplina, como é o caso de Sotchava, Tricart e Bertrand, não é preciso muito aprofundamento para começar a se ter contato direto com nomes consagrados, como Ilya Prigogine (e seus trabalhos sobre Termodinâmica).

Dentre estes avanços científicos, podemos destacar: os adventos da Cibernética de Norbert Wiener e da Teoria da Informação de Claude Shannon na década de 1940; os sistemas dinâmicos de Henri Poincaré na década de 1950; o Efeito Borboleta (e consequente Teoria do Caos) de Edward Lorenz na década de 1960; e os avanços na capacidade de processamento dos computadores, todos estes que modificaram os modelos de evolução da paisagem e os tornaram cada vez mais presentes na rotina dos pesquisadores.

Afinal, como delimita Church (2010), se as Ciências dos Sistemas buscam explicação pela integração de diversos elementos e processos, então a Geomorfologia é, essencialmente, uma Ciência dos Sistemas. Ainda segundo o autor, temos um contexto dos sistemas na Geomorfologia marcado por cinco grandes características gerais: a justaposição de diferentes processos físicos no tempo e espaço; a ocorrência de processos de diferentes escalas temporais e espaciais; a configuração de estoques de matéria, representadas sob a forma de sedimentos e morfologia; a existência de limiares e limites; e a presença de dinâmica sobre todas as escalas temporais. Por isso, a possível consolidação da Geomorfologia como uma Ciência dos Sistemas foi apontada por diversos autores, como Chorley (1962), Chorley e Kennedy (1971) e Schumm (1973), mas seria com o salto computacional que, de fato, esses modelos se popularizaram.

Todavia, a incorporação interdisciplinar de fundamentos de outras disciplinas não é um caminho de mão única, muito menos se constrói de forma contínua, há bifurcações e obsolescência da literatura pelo caminho. A própria história da Geomorfologia teve duas grandes escolas ao longo do seu desenvolvimento. Abreu (2003)

destacou, por exemplo, o aspecto mais coletivista da corrente alemã (um número maior de nomes com destaque equivalente e influência mútua) enquanto a corrente anglo-americana foi marcada por nomes mais centralizadores (uma trajetória menos ramificada). Assim, não seria espantoso que a própria incorporação de novos conceitos e métodos acabasse sendo reflexo desta diversidade de abordagens. Orme (2002) identificou elementos de outras disciplinas relacionados com possíveis mudanças de paradigma na Geomorfologia e Ciências da Terra, mas deixou uma ressalva importante: nem todas as ideias inovadoras na disciplina foram, de fato, incorporadas ao amplo vocabulário metodológico dos pesquisadores ao longo das décadas. Como o autor delimita, a Ciência está repleta de ideias e observações de significativa qualidade que acabaram ignoradas ou rejeitadas pela comunidade científica, definindo não somente os caminhos epistemológicos de uma determinada ciência, mas o grau de reconhecimento dos seus autores.

A própria apropriação de conceitos e métodos é distinta dentro de uma própria disciplina, reflexo dos plurais olhares para o mundo; não seria diferente na Geomorfologia. Diversos subcampos da Geomorfologia se desenvolveram mediante conceitos e métodos próprios, apropriando-se do arcabouço comum, mas também de referências interdisciplinares. Lewin (2022), por exemplo, apresentou alguns conceitos amplamente difundidos na Geomorfologia Fluvial. De modo geral, muito do arcabouço conceitual que se desenvolve no subcampo, especialmente no que diz ao modo de análise de sistemas e processos, acaba por ser externo à disciplina. Por outro lado, há também conceitos e abordagens que acabaram por cair em desuso e foram desvalorizadas com o passar do tempo. Trata-se, portanto, de processo complexo de comunicação, absorção, revisão, disseminação e abandono no uso de conceitos ao longo do tempo. Uma história de apropriação ou não de conceitos que passa, inclusive, pelos filtros da psicologia humana para determinar o progresso ou não de um determinado escopo conceitual.

E, obviamente, há o caminho inverso. Mesmo diante da evidente influência de conceitos e metodologias de outras Ciências na história da Geomorfologia, não se pode negar a influência dos avanços científicos da Geomorfologia para outras disciplinas. Summerfield (1991), por exemplo, sintetizou alguns desses fluxos intelectuais, destacando a apropriação conceitual e metodológica em ambos os sentidos. Afinal, como destacou Davies (1972 *apud* Christofoletti, 1980), a evolução do pensamento geomorfológico e das ciências-irmãs demonstra que os avanços científicos mais importantes da Ciência não estão necessariamente relacionados ao conhecimento factual (aquisição de dados), mas sim às novas formas de análise.

O fervilhar de ideias, as tendências científicas globais, as relações entre pesquisadores, as referências bibliográficas hegemônicas e os debates acabam por moldar o futuro de uma disciplina. Nesse “caos auto-organizado”, um sistema complexo e dinâmico dotado de variáveis físicas e sociais, é que a disciplina toma sua forma ao longo dos séculos. Como delimitam Gregory e Lewin (2014, Box 1.1, p.17): “*it might be said that the discipline of geomorphology has remained attractively un-disciplined*”; e isso pode ser um incrível mérito, fomentando a emergência de novos paradigmas científicos.

Apesar de alguns gráficos apontarem sinais de uma possível estabilidade ou declínio em relação ao uso dos termos correlatos com a abordagem sistêmica em um passado recente, a abordagem sistêmica se consolidou como método de trabalho na Geomorfologia, seja de forma direta ou indireta. Uma abordagem que, quando aliada à modelagem computacional, estará sempre em um constante processo de aperfeiçoamento técnico, possibilitando aportar maior número de dados brutos, variáveis e dinâmicas. Ou seja, aportando cada vez mais graus mais elevados de complexidade dos sistemas analisados ao mesmo tempo que os avanços técnicos propõem novos produtos e identificam novos processos, em uma espiral de ressignificação constante da própria abordagem.

Por outro lado, uma questão merece destaque e, talvez, autocrítica: o relativo isolamento por parte da disciplina em relação ao todo, em relação aos pesquisadores que também trabalham com abordagem sistêmica em outras áreas. Retornando ao grafo de Castellani (2018), nota-se um imbricado, diverso e complexo mapa de interações que compreendem a história das Ciências da Complexidade. Distintas linhagens passam por autores já tratados aqui, como Bertalanffy, Poincaré, Shannon, Lorenz, Meadows, Rapoport, Prigogine, Wiener e Mitchell, mas não há espaço para autores da Geografia nessa imbricada rede de interações. Apesar do aparente foco de Castellani ser para os aspectos da evolução histórica da modelagem de sistemas complexos, trabalhando atualmente com modelagem de sistemas sociais pela Universidade de Durham, vemos autores da Geologia (James Lovelock), Filosofia (Edgar Morin), Linguística (Noam Chomsky) e Biologia (Robert May) contemplados em sua representação, exemplos distantes de seu enfoque. Resta a pergunta retórica: por que os autores tão consagrados dentro da Geografia Física parecem ainda distantes de outras Ciências? Neste contexto, o tão sonhado fim dos

limiares entre as disciplinas científicas, almejado por Bertalanffy em sua Teoria Geral dos Sistemas, parece ainda utópico.

Assim, a abordagem sistêmica e as atuais ramificações das Ciências da Complexidade buscaram embasamento nos paradoxos clássicos da Ciência para definir seus problemas de pesquisa, como por exemplo na figura do “Demônio de Laplace” e do “Efeito Borboleta”. Repertório que foi utilizado para discutir os limites do Determinismo, em comunhão com avanços integrados de distintas áreas das ciências que objetivavam compreender os processos atuantes na Terra através de modelos. Com esse intuito, a modelagem computacional acaba por se tornar ferramenta recorrente na transposição de modelos teóricos para um ambiente controlado de experimentação empírica, seja na modelagem de sistemas naturais, sociais ou econômicos, bem como sua integração. Não por acaso, a vertente da modelagem de sistemas complexos tem ganhado destaque além das fronteiras das disciplinas, como demonstrado pela produção desenvolvida pelo *Santa Fe Institute*, uma instituição independente que conta com pesquisadores de instituições internacionais dedicados à pesquisa em torno do conceito de complexidade através de matemática aplicada e inteligência artificial. Em um contexto brasileiro, a Universidade de São Paulo (USP) conta com uma pós-graduação totalmente dedicada ao tema: Programa de Pós-Graduação em Modelagem de Sistemas Complexos.

Tendência similar seria observada na Geomorfologia e Geografia Física, como resultado de discussões que se desenvolviam dentro e fora da disciplina, com propostas metodológicas sendo apresentadas e testadas a nível internacional e nacional. Das renomadas interpretações de Geossistemas propostas por Sotchava e Bertrand até as discussões propiciadas pelo *Birghman Geomorphology Symposium*, em ao menos duas edições integralmente dedicadas ao tema (PHILIPS; RENWICK, 1992; MURRAY; FONSTAD, 2007; MURRAY *et al.*, 2009; SAWYER *et al.*, 2014), às metodologias que se apoiam na abordagem sistêmica se tornaram recorrentes em publicações científicas no século XX e XXI. Um fenômeno que se desenvolveria em sinergia e mútua influência com mudanças na produção científica observadas na Geografia Física e Geomorfologia. Mais especificamente, onde reside toda a questão em torno do surgimento e popularização da Geografia Quantitativa.

Por fim, no que diz respeito ao possível distanciamento conceitual elencado na hipótese de trabalho, foram obtidos mais documentos com média afinidade, seguido por baixa afinidade, boa afinidade e ótima afinidade, respectivamente. Portanto, a hipótese de trabalho inicial é confirmada, pois há mais trabalhos com média e pouca afinidade do que aqueles com boa e ótima afinidade. A pouca afinidade diagnosticada pode, inclusive, ser reflexo de uma possível vida-média menor das publicações na Geomorfologia e Geografia Física, além de outros aspectos correlatos à obsolescência da literatura. Ou, ainda, da ampla presença de pesquisas com viés de aplicação metodológica que acabam, muitas vezes, carecendo de uma extensa revisão bibliográfica.

Dentre os periódicos com mais documentos classificados como pouca afinidade, estão: *Antipode*, *Soil and Tillage Research* e *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. De modo geral, trata-se de periódicos que, apesar de classificados como *Earth-Surface Processes* em SJR, estão mais distantes do escopo da Geografia Física e Geomorfologia. Por sua vez, dentre os periódicos com mais itens classificados como ótima e boa afinidade está *Hydrological Processes*, demonstrando a afinidade dos estudos fluviais com conceitos da abordagem sistêmica.

Tal informação pode ser interessante para fundamentar discussões em torno de quais disciplinas e subcampos das Geociências mais se apropriaram dos conceitos-chave e métodos correlatos à abordagem sistêmica, afinal cada um desses periódicos tem escopos definidos. Trabalhos recentes, como o de Gomes (2023), tem se utilizado de outras metodologias para reconhecer os padrões de produção da plural Geografia brasileira durante o século XX, incluindo um certo protagonismo da abordagem sistêmica na Geografia Física, por exemplo.

Todavia, é preciso ressaltar que a categorização apresentada nesta pesquisa é de caráter quali-quantitativo, cuja essência de classificação por afinidade dos documentos é subjetiva e passou pelo filtro da percepção do pesquisador em um intervalo temporal específico. A busca por novos métodos, menos suscetíveis a tal subjetividade, deverá ser encorajada para aprofundar futuras discussões e aprimorar o método.

5. Considerações Finais

A presente pesquisa traçou um panorama histórico da influência da abordagem sistêmica, em suas diversas manifestações, na produção em Geociências ao longo das últimas décadas, especialmente no campo da Geomorfologia. Para isso, utilizou-se de ferramentas qualitativas e quantitativas de análise, passando pela revisão bibliográfica, pesquisa bibliométrica de metadados bibliográficos e categorização de conceitos aplicados.

Os resultados obtidos indicaram um cenário geral de crescimento do emprego de termos e conceitos correlatos à abordagem sistêmica na Geomorfologia e Geografia Física, mesmo que em um ritmo de aceleração menor do que o encontrado no auge da popularização temática, nas décadas de 1980s e 1990s. Uma tendência global que não é distribuída igualmente pelos continentes, reflexo da também desigual realidade da produção científica internacional. Todavia, um distanciamento conceitual entre o emprego desses termos e o referencial teórico da abordagem sistêmica pôde ser observado e merece ser investigado em mais detalhe.

Conceitos como sistema, complexidade, sistemas não-lineares, sistemas dinâmicos, sistemas abertos e fechados, ordem/desordem, caos, universalidade, equilíbrio, auto-organização, emergência e resiliência estão entre os mais recorrentes nas pesquisas dedicadas à abordagem sistêmica. Independente da linha de pesquisa em que estão inseridas, seja na modelagem de sistemas fluviais, na evolução da geomorfologia costeira ou no planejamento urbano e regional para a redução do risco de desastres, esses conceitos são apropriados e transformados para diferentes aplicações práticas e acadêmicas.

Talvez ainda distante do ideal de Bertalanffy de uma ciência unitária, uma Ciência dos Sistemas, as abordagens sistêmicas já fazem parte do trabalho dos geomorfólogos e geocientistas há décadas. Algumas vezes, a distância temporal e a dispersão dessas ideias interdisciplinares (ora transdisciplinares) acabou também por resultar no distanciamento conceitual e na perda dos elos referenciais com o passado, mas sua influência continua relevante e crescente até os dias atuais.

Contribuições dos Autores: Concepção, G.M.; metodologia, G.M.; software, T.C.; análise formal, G.M e T.C.; pesquisa, G.M.; preparação de dados, G.M e T.C.; escrita do artigo, G.M, T.C. e J.S.; revisão, T.C e J.S.; supervisão, C.R. Todos os autores leram e concordaram com a versão publicada do manuscrito.

Financiamento: Esta pesquisa foi financiada por bolsa de cota institucional CNPq proveniente do Programa de Pós-Graduação de Geografia Física (nível doutorado) por dois anos, possibilitando o desenvolvimento da pesquisa e do primeiro autor. T.C. recebeu bolsa do Programa Institucional de Pós-Doutorado da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), processo nº 88887.020039/2024-00.

Agradecimentos: agradecemos às contribuições dos pareceristas deste artigo, bem como do Programa de Pós-Graduação em Geografia Física da Universidade de São Paulo pela infraestrutura para desenvolvimento da presente pesquisa.

Conflito de Interesse: os autores declaram não haver conflito de interesse.

Referências

1. ABREU, A. A. A Teoria geomorfológica e sua edificação: análise crítica. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 4, n. 2, 2003. DOI: 10.20502/rbg.v4i2.24
2. ADGER, W. N. Vulnerability. **Global environmental change**, v. 16, n. 3, p. 268-281, 2006. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2006.02.006
3. BERTALANFFY, L. **General System Theory: Foundations, Development, Applications**. New York: George Braziller, 1968. 268 p.
4. BLAIKIE, P.; BROOKFIELD, H. **Land degradation and society**. London: Routledge, 2015. 222 p.
5. BOPP, L.; RESPLANDY, L.; ORR, J. C.; DONEY, S. C.; DUNNE, J. P.; GEHLEN, M.; HALLORAN, P.; HEINZE, C.; ILYINA, T.; SÉFÉRIAN, R.; TJIPUTRA, J.; VICHI, M. Multiple stressors of ocean ecosystems in the 21st century: projections with CMIP5 models. **Biogeosciences**, v. 10, n. 10, p. 6225-6245, 2013. DOI: 10.5194/bg-10-6225-2013
6. CASTELLANI, B. **Map of the Complexity Sciences**. Art & Science Factory. 2018. Disponível em: https://www.art-sciencefactory.com/complexity-map_feb09.html.
7. CHORLEY, R. J. Geomorphology and general systems theory. **US Geological Survey, Professional Paper**, v. 500, p. 1-10, 1962.

8. CHORLEY, R. J.; KENNEDY, B. A. **Physical geography: a systems approach**. Hoboken: Prentice Hall, 1971. 370 p.
9. CRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1980. 188 p.
10. CRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999. 256 p.
11. CHURCH, M. The trajectory of geomorphology. **Progress in Physical Geography**, v. 34, n. 3, p. 265-286, 2010. DOI: 10.1177/0309133310363992
12. DE GRIJS, R. Ten simple rules for establishing international research collaborations. **PLOS Computational Biology**, v. 11, n. 10, p. e1004311, 2015. DOI: 10.1371/journal.pcbi.1004311
13. ECK, N.; WALTMAN, L. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. **Scientometrics**, v. 84, n. 2, p. 523-538, 2010. DOI: 10.1007/s11192-009-0146-3
14. FERRAZ, L. **Giorgio Parisi, o Nobel de física apaixonado por forró e Guimarães Rosa**. Roma: BBC News Brasil, 16 de outubro de 2021. Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/curiosidades-58905196>>
15. FOLKE, C.; CARPENTER, S.; ELMQVIST, T.; GUNDERSON, L.; HOLLING, C. S.; WALKER, B. Resilience and sustainable development: building adaptive capacity in a world of transformations. **AMBIO: A journal of the human environment**, v. 31, n. 5, p. 437-440, 2002. DOI: 10.1579/0044-7447-31.5.437
16. FRIEDLINGSTEIN, P. et al. Climate-carbon cycle feedback analysis: results from the C4MIP model intercomparison. **Journal of climate**, v. 19, n. 14, p. 3337-3353, 2006. DOI: 10.1175/JCLI3800.1
17. GOMES, R. D. (2024). **For a geography of difference and dialogues: Brazilian geography for the twenty-first century**. *Dialogues in Human Geography*, 14(2), 226-229. DOI: 10.1177/20438206231174636
18. GREGORY, K. J.; LEWIN, J. **The basics of geomorphology: key concepts**. Newbury Park: SAGE Publications Ltd, 2014. 248 p.
19. HARVEY, D. **Justice, nature and the geography of difference**. Hoboken: Wiley-Blackwell, 1996. 480 p.
20. LEWIN, J. Concepts with consequences in geomorphology: A fluvial perspective. *Earth Surface Processes and Landforms*, v. 47, n. 1, p. 82-91, 2022. DOI: 10.1002/esp.5252
21. LLOYD, J.; TAYLOR, J. A. On the temperature dependence of soil respiration. **Functional ecology**, p. 315-323, 1994. DOI: 10.2307/2389824
22. MALANSON, G. P. Considering complexity. **Annals of the Association of American Geographers**, Vol. 89, No. 4, p. 746-753, 1999. DOI: 10.1111/0004-5608.00174
23. MEADOWS, D. H. **Thinking in systems: a primer**. Vermont: Chelsea Green Publishing, Vermont, 2008, 240 p.
24. MITCHELL, M. **Complexity: a guided tour**. Oxford: Oxford University Press, 2009. 349 p.
25. MORIN, E.; LE MOIGNE, J. **A Inteligência da Complexidade**. São Paulo: Peirópolis, 2000. 268 p.
26. MURRAY, A. B.; FONSTAD, M. A. (Ed.). **Proceedings of the 38th Binghamton geomorphology symposium: Complexity in Geomorphology**. Amsterdam: Elsevier (also published as *Geomorphology* v. 91), 2007. 235 p.
27. MURRAY, A. B.; LAZARUS, E.; ASHTON, A.; BASS, COCO, G.; COULTHARD, T.; FONSTAD, M.; HAFF, P.; MCNAMARA, D.; PAOLA, C.; PELLETIER, J.; REINHARDT, L. Geomorphology, complexity, and the emerging science of the Earth's surface. **Geomorphology**, v. 103, n. 3, p. 496-505, 2009. DOI: 10.1016/j.geomorph.2008.08.013
28. ORME, A. R. Shifting paradigms in geomorphology: the fate of research ideas in an educational context. **Geomorphology**, v. 47, n. 2-4, p. 325-342, 2002. DOI: 10.1016/S0169-555X(02)00092-2
29. PARKER, D. C.; MANSON, S. M.; JANSSEN, M. A.; HOFFMANN, M. J.; DEADMAN, P. Multi-agent systems for the simulation of land-use and land-cover change: a review. **Annals of the association of American Geographers**, v. 93, n. 2, p. 314-337, 2003. DOI: 10.1111/1467-8306.9302004
30. PHILLIPS, J. D.; RENWICK, W. H. (Ed.). **Proceedings of the 23rd Binghamton geomorphology symposium: geomorphic systems**, Held 25-27 September 1992. Amsterdam: Elsevier, 1992. 300 p.
31. SAWYER, C. F.; BUTLER, D. R.; O'ROURKE, T. An historical look at the Binghamton Geomorphology Symposium. **Geomorphology**, v. 223, p. 1-9, 2014. DOI: 10.1016/j.geomorph.2014.06.022
32. SITCH, S. et al. Evaluation of ecosystem dynamics, plant geography and terrestrial carbon cycling in the LPJ dynamic global vegetation model. **Global change biology**, v. 9, n. 2, p. 161-185, 2003. DOI: 10.1046/j.1365-2486.2003.00569.x
33. SCHUMM, S. A. Geomorphic thresholds and complex response of drainage systems. **Fluvial geomorphology**, v. 6, p. 69-85, 1973.

34. STALLINS, J. A.; PARKER, A. J. The influence of complex systems interactions on barrier island dune vegetation pattern and process. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 93, n. 1, p. 13-29, 2003. DOI: 10.1111/1467-8306.93102
35. SUMMERFIELD, M. A. **Global geomorphology: An Introduction to the Study of Landforms**. London: Longman Scientific & Technical, 1991. 537 p.
36. TURNBULL, D. Maps narratives and trails: performativity, hodology and distributed knowledges in complex adaptive systems—an approach to emergent mapping. **Geographical research**, v. 45, n. 2, p. 140-149, 2007. DOI: 10.1111/j.1745-5871.2007.00447.x
37. WAGNER, C. S.; LEYDESDORFF, L. International collaboration in science and the formation of a core group. **Journal of informetrics**, v. 2, n. 4, p. 317-325, 2008. DOI: 10.1016/j.joi.2008.07.003
38. WANNINKHOF, R. Relationship between wind speed and gas exchange over the ocean. **Journal of Geophysical Research: Oceans**, v. 97, n. C5, p. 7373-7382, 1992. DOI: 10.1029/92JC00188
39. WILLIAMS, M. et al. Improving land surface models with FLUXNET data. **Biogeosciences**, v. 6, n. 7, p. 1341-1359, 2009. DOI: 10.5194/bg-6-1341-2009



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.