



O Avanço do Nível do Mar e suas Relações com Variáveis não Oceânicas: uma Análise Bibliométrica

The Sea Level Rise and its Relationships with Non-oceanic Variables: a Bibliometric Analysis

Nilton de Souza Ribas Junior ¹ e Aloísio Machado da Silva Filho ²

¹ Universidade Estadual de Feira de Santana, Programa de Pós-graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente, Feira de Santana, Brazil. niltonribasjr@gmail.com.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2170-136X>

² Universidade Estadual de Feira de Santana, Programa de Pós-graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente, Feira de Santana, Brazil. aloisioestatistico@uefs.br.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8250-1527>

Recebido: 05.2022 | Aceito: 10.2022

Resumo: Aproximadamente 70% do nosso planeta é ocupado por águas, que em sua grande maioria formam os nossos oceanos. Além de nos encantar com sua beleza, o mar com seu movimento vertical rigorosamente regular, impulsionado pelas forças gravitacionais, vem sofrendo perturbações cada vez mais intensas, ocasionando sua elevação em virtude de diversos fatores, principalmente ambientais e climáticos. Parte integrante de um dos objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS 13 – Ação Contra a Mudança Global do Clima), agenda mundial adotada durante a Cúpula das Nações Unidas, composta por 17 objetivos e 169 metas a serem atingidas até 2030, o aumento do nível médio do mar vem preocupando autoridades governamentais, não governamentais e pesquisadores há algum tempo, principalmente quando os cenários futuros não são nem um pouco animadores. Esses riscos são ainda mais acentuados quando nos referimos as regiões costeiras, pois as consequências são sentidas de uma forma muito mais direta e acentuada, tais como: erosão das praias, inundações costeiras, perda de ecossistemas, entre outras, impactando tanto do ponto de vista socioeconômico quanto ambiental. Com o intuito de contribuir com pesquisas relacionadas ao tema, por meio de técnicas bibliométricas, o referente estudo analisou 35 artigos entre os anos de 2009 e 2021 extraídos da base de dados *Scopus* com a aplicação de métodos matemáticos e estatísticos como forma de avaliar quantitativamente essas pesquisas, entre elas: tendências históricas e geográficas, principais periódicos e instituições, características de palavras-chave e análise de rede de citações. O objetivo é ter um panorama geral de como o tema “nível médio do mar” vem sendo estudado ao longo do tempo e suas relações com seus fatores perturbadores, tais como a subsidência da terra e fatores climáticos, que técnicas estão sendo utilizadas e quais os principais achados.

Palavras-chave: Nível Médio do Mar. GNSS. Séries Temporais.

Abstract: Approximately 70% of our planet is occupied by water, which for the most part forms our oceans. In addition to enchanting us with its beauty, the sea with its strictly regular vertical movement, driven by gravitational forces, has been suffering increasingly intense disturbances, causing its elevation due to several factors, mainly environmental and climatic. An integral part of one of the sustainable development objective (ODS 13 - Action against Global Climate Change), a global agenda adopted during the United Nations Summit, consisting of 17 goals and 169 targets to be achieved by 2030, the mean sea level rise has been a concern for governments, non-governmental and researchers for some time, especially when the future scenarios are not encouraging at all. These risks are even more accentuated when we refer to coastal regions, as the consequences are felt in a much more direct and accentuated way, such as: erosion of beaches, coastal flooding, loss of ecosystems, among others, impacting both from the point of view of social as well as economic. In order to contribute to research related to the topic, through bibliometric techniques, the referring study analyzed 35 articles between the years 2009 and 2021 extracted from the *Scopus* database with the application of mathematical and statistical methods as a way of quantitatively evaluating these researches, among them: historical and geographic trends, main journals and institutions, keyword characteristics and citation network analysis. The objective is to have an overview of how the theme “mean sea level” has been studied over time and its relationship with its disturbing factors, such as the land subsidence and climatic factors, which techniques are being used and which are the main found.

Keywords: Mean Sea Level. GNSS. Time Series.

1 INTRODUÇÃO

O movimento vertical rigorosamente regular do nível do mar é impulsionado pelas forças de atração gravitacional entre a Terra, o Sol e a Lua, muito embora todo esse rigor venha sendo perturbado de uma forma cada vez mais intensa, ocasionando sua elevação em virtude de diversos fatores, mas principalmente, pela emissão de gases que ao chegar a atmosfera eleva a temperatura do planeta e, conseqüentemente, o volume dos oceanos.

Essa preocupação não é recente por parte das autoridades governamentais, não governamentais e pesquisadores no mundo inteiro. Publicação de setembro de 2013 da revista *National Geographic* (FOLGER, 2013), baseado no relatório da OECD (2008) sobre as 136 maiores cidades portuárias do mundo, afirma que com o planeta mais quente, a elevação do nível dos oceanos se acentua e estima-se que em 2070 150 milhões de pessoas nestas cidades estariam em risco e uma riqueza avaliada em 35 trilhões de dólares ameaçada. Esse aumento do nível médio do mar se daria principalmente pelo consumo de combustíveis fósseis pela sociedade que ao liberar na atmosfera dióxido de carbono e outros gases do efeito estufa, aqueceram a Terra em mais de meio grau Celsius ao longo do século passado.

O quinto relatório apresentado pelo IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*), mostra que a expansão térmica dos oceanos e o derretimento de geleiras têm sido os contribuintes dominantes para o aumento do nível médio do mar global do século 20. Observações desde 1971 indicam que esse aumento do nível médio do mar global vai continuar para além de 2100 (IPCC, 2013).

Compreender os mecanismos de mudança do nível médio do mar é uma das maiores preocupações das geociências na era das mudanças climáticas, com conseqüências implícitas para os ecossistemas costeiros e as sociedades humanas (SIMAV et al., 2012). Para Fenoglio-Marc et al. (2012), o aumento do nível médio do mar traz implicações importantes, tais como: erosão da praia, inundações de terras, aumento da salinização dos aquíferos costeiros, danos causados por tempestades e perda de ecossistema costeiro. Tsimplis et al. (2011) considera esses processos um excelente indicador relacionado as mudanças climáticas.

Desde o início de 1993, as variações do nível do mar são medidas por altimetria de satélite (FENOGLIO-MARC, 2012). Embora estas consigam ter uma área de abrangência muito maior, as alterações do nível médio do mar global são derivadas da modelagem e não correspondem às medições reais do nível do mar no local. Compilações de marégrafos individuais que possuem um certo controle de qualidade na obtenção dos dados e comprimento de série histórica suficiente fornecem informações muito mais confiáveis e seguras para o monitoramento do nível médio do mar (PARKER; OLLIER, 2015), apesar destes garantirem essa condição apenas naquele local de medição. Por outro lado, vale lembrar que essas estações maregráficas são afetadas tanto pela variação absoluta do nível do mar quanto pelos movimentos verticais da crosta (BUBLE; BENNETT; HREINSDÓTTIR, 2010).

Adicionalmente, Moghadam (2017) se utilizou das regras que regem uma rede neural artificial para identificar um conjunto de variáveis meteorológicas de grande escala que afetam significativamente a variabilidade do nível do mar.

Portanto, analisar outras componentes de variação altimétrica aliada a séries meteorológicas, tais como temperatura e precipitação, por exemplo, podem ajudar a entender melhor os resultados obtidos na análise histórica de tais séries maregráficas. Para tal, este estudo revisou 35 artigos entre os anos de 2009 e 2021 retirados da base de dados *Scopus*. Por meio da bibliometria, o objetivo é mapear a literatura sobre o nível médio do mar e suas relações com a altimetria por satélite e/ou fatores meteorológicos, organizando e identificando as principais linhas de pensamento, avaliando o impacto da produção científica de um país sobre o tema e a produção científica resultante de investimentos de pesquisa de agências de fomento, entre outros.

O artigo está estruturado em seções que visam esclarecer quais os métodos utilizados e seus critérios de seleção, além dos principais resultados encontrados e suas conseqüentes discussões que elucidam tais resultados.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

Dentre as diversas bases de dados disponíveis (*Web of Science*, *Scopus*, *Google Scholar*, etc.), definiu-se por utilizar a base de dados *Scopus* por ser o maior banco de dados de resumos e citações de literatura revisada por pares, oferecendo uma visão abrangente da produção de pesquisa do mundo em diversas áreas do conhecimento, além de ferramentas inteligentes para rastrear, analisar e visualizar pesquisas (mais detalhes em: <https://service.elsevier.com/app/home/supporthub/scopus/>).

Para ajudar na sintetização dos dados e geração de gráficos e/ou tabelas, foi utilizada também a ferramenta “Bibliometrix” (ARIA; CUCCURULLO, 2017), pacote desenvolvido em R que fornece rotinas para as análises bibliométricas e construções das redes de cocitação, acoplamento, análise de colaboração científica e de palavras-chaves, entre outros (mais detalhes em: <https://www.bibliometrix.org/index.html>).

2.2 Métodos

Para o desenvolvimento da pesquisa foram utilizadas técnicas de análise bibliométrica. Estas, são definidas como um conjunto de métodos para analisar quantitativamente as publicações acadêmicas por meio de técnicas estatísticas, com potencial para traçar as tendências de pesquisa e questões populares em nível global (SHI et al., 2020). Araújo (2006), define como técnica quantitativa e estatística para medir índices de produção e disseminação de conhecimento científico.

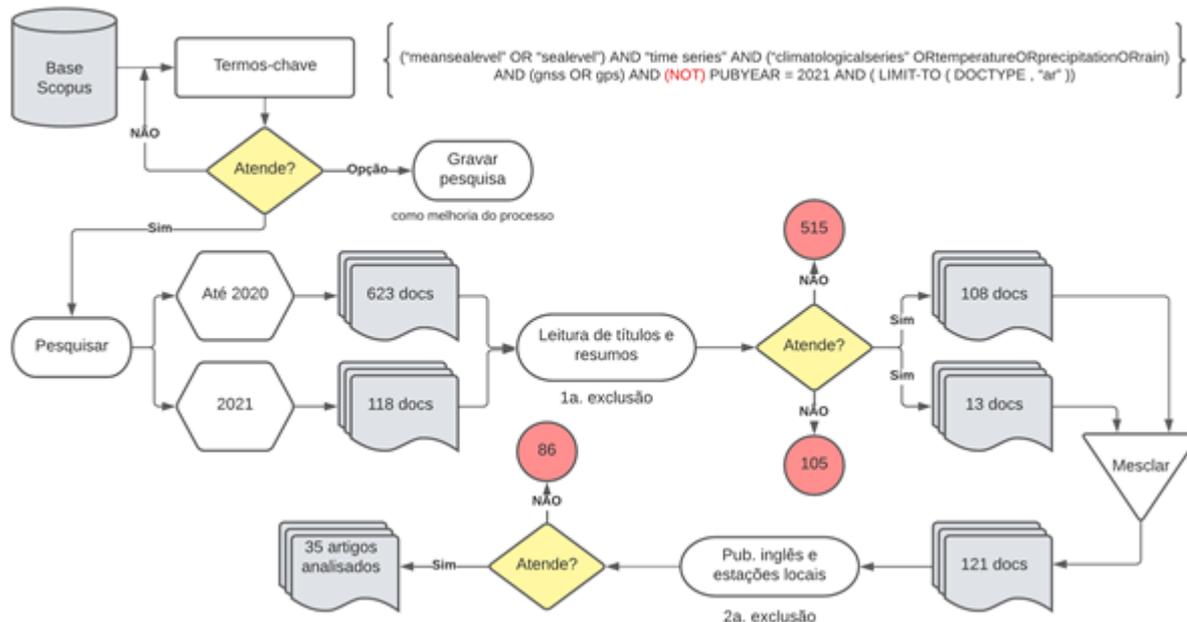
Fazendo um breve relato, o termo “*statistical bibliography*”, hoje Bibliometria, foi usado pela primeira vez em 1922 por Hulme, antecedendo à data a qual se atribui a formação da área de Ciência da Informação, com a conotação de esclarecimento dos processos científicos e tecnológicos, por meio da contagem de documentos. Posteriormente, foi utilizado por Gosnell em 1944, e Raisig em 1962, embora existisse um consenso que o termo não era de todo satisfatório (GUEDES; BORSCHIVER, 2005). Assim, o termo Bibliometria, ou *Bibliometrics*, é sugerido para denominar a área em questão (PRITCHARD, 1969).

Outros métodos de revisão poderiam ter sido utilizados, cada um com suas vantagens e limitações, mas a facilidade de busca sistematizada, a identificação de tendências e a criação de indicadores favoreceram a escolha da bibliometria. As abordagens bibliométricas, pelas quais a ciência pode ser retratada por meio dos resultados obtidos, baseiam-se na noção de que a essência da pesquisa científica é a manifestação constituinte desse conhecimento (OKUBO, 1997).

2.3 Critérios de Seleção

A escolha dos termos-chave, ou seja, os termos definidos como critério de busca pelos artigos de interesse, é dada como uma etapa fundamental no processo de revisão porque terá uma influência direta nos resultados da análise. Neste momento, por se tratar de temas bem específicos, ser muito rígido na escolha dos termos poderia restringir demais a consulta, inviabilizando a revisão.

Figura 1 – Fluxograma do processo de seleção dos artigos relacionadas ao tema nível do mar, 2009 – 2021.



Fonte: Lucidchart (2022) e Adaptada pelos autores (2022).

Como esta revisão teve como foco a avaliação do nível médio do mar e suas relações com variáveis altimétricas e meteorológicas, foram utilizados os termos “*mean sea level*” ou simplesmente “*sea level*”, em adição a “*climatological series*” ou “*temperature*” ou “*precipitation*” ou “*rain*”, em adição ao termo “gnss” ou “gps”. Os dois primeiros termos fazem referência a avaliação do nível médio do mar, os quatro seguintes referem-se as variáveis meteorológicas e os dois últimos pensando na componente altimétrica extraída dos sistemas GNSS (*Global Navigation Satellite System*). A primeira consulta foi realizada em outubro de 2021 e limitou-se apenas as publicações dos anos anteriores e do tipo artigo, resultando em 623 publicações. Já em 2022, repetiu-se os mesmos termos utilizados anteriormente, desta vez inserindo o ano de 2021, resultando mais 118 artigos.

Tal como apresentado no fluxograma da figura 1, o primeiro critério de exclusão foi com base na leitura dos títulos e, em muitos casos, de seus resumos, resultando 121 documentos. Nestas exclusões, além das publicações desconectadas que sempre contaminam o processo de seleção, boa parte desses artigos referiam-se apenas a missões altimétricas por satélite, a exemplo, as missões Jason 1, Jason 2 e Topex/Poseidon. Estas não foram consideradas, uma vez que só interessava aqueles estudos com base na análise da componente altimétrica dos sistemas GNSS.

De uma forma mais criteriosa, num segundo critério de exclusão, foram eliminados outros 86 documentos. Neste momento, interessava apenas as publicações na língua inglesa e aquelas que analisavam as flutuações do nível médio do mar por meio de estações maregráficas locais, uma vez que essas estações maregráficas trazem a situação real do local, ao contrário das missões altimétricas.

Por fim, após os critérios de inclusão e exclusão, foram analisadas nesta revisão 35 publicações totais entre os anos de 2009 e 2021. Um ponto positivo a se destacar é que não foram feitas porcentagens de seleção para o resultado. Os artigos foram analisados um a um, diminuindo consideravelmente ou até mesmo eliminando possíveis vieses na análise equivocada do estudo.

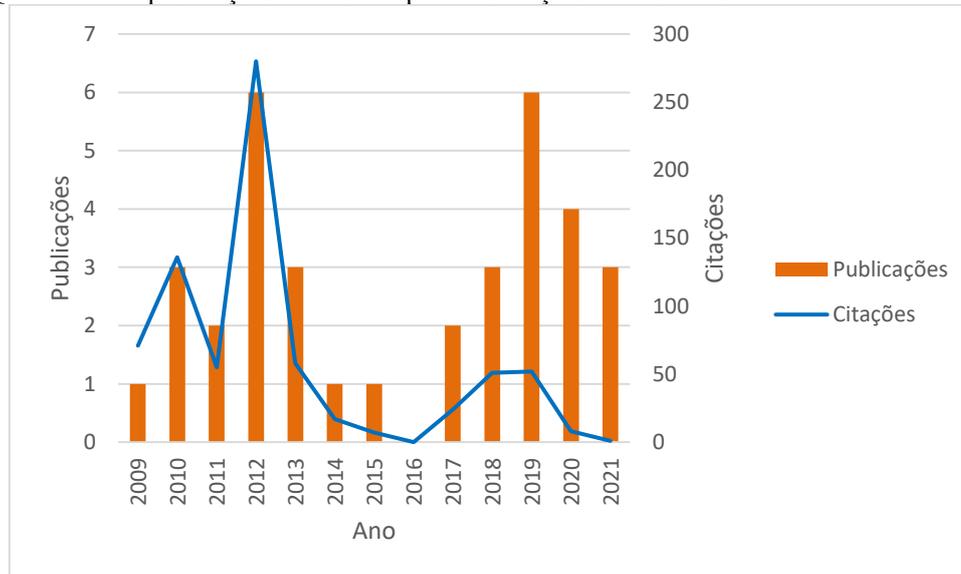
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Visão Geral

Nesta pesquisa, foram selecionados 35 documentos entre os anos de 2009 e 2021, sendo todos do tipo artigo científico, de acordo com os próprios critérios de seleção. Com esses números, foram obtidos uma média de 2,7 publicações e 58,5 citações anualmente, sendo 21,7 a média de citações por documento. De acordo com

a figura 2, são apresentadas a quantidade de publicações ao longo dos anos, assim como o número de citações relacionadas as respectivas publicações, o que não significa dizer que a citação ocorreu no mesmo ano de sua publicação.

Figura 2 – Quantidade de publicações anuais e respectivas citações relacionadas ao tema nível do mar, 2009 – 2021.



Fonte: Os autores (2022).

Ainda com relação a figura 2, é notório ver a alta variabilidade das publicações e citações (68% e 131% de variação em torno da média, respectivamente), inviabilizando qualquer tentativa de tendência. No tocante as publicações percebe-se um comportamento atípico, chegando a zerar em 2016 e dois picos em 2012 e 2019. Achar uma resposta para tal cenário não é uma tarefa fácil, mas o fato de existir relatórios do IPCC em anos posteriores pode ajudar a compreender tal cenário.

Outra questão é o porquê das publicações só terem iniciado em 2009, visto que as obtenções de coordenadas por satélite originaram-se ainda na década de 50. A primeira resposta é que as primeiras estações GPS (*Global Position System*) contínuas começaram a operar perto de marégrafos só a partir de 1994 (SCHÖNE et al., 2009) e que só então as mesmas passaram a atingir um nível de maturidade adequado para a comparação de campos de velocidade vertical de alta precisão (FADIL et al., 2011); a segunda, é que a seleção foi muito específica, relacionando dados maregráficos com dados GNSS e dados meteorológicos.

Com relação as citações, percebe-se uma grande quantidade em 2012, em que 2/3 destas referem-se a apenas 2 das 6 publicações do ano em questão (SANTAMARÍA-GÓMEZ et al., 2012; WÖPPELMANN; MARCOS, 2012). Como esperado, a partir de 2012 a quantidade de citações vai diminuindo (Tendência de decréscimo), visto que quanto mais recente for, menor é a quantidade de pessoas que leram as respectivas publicações.

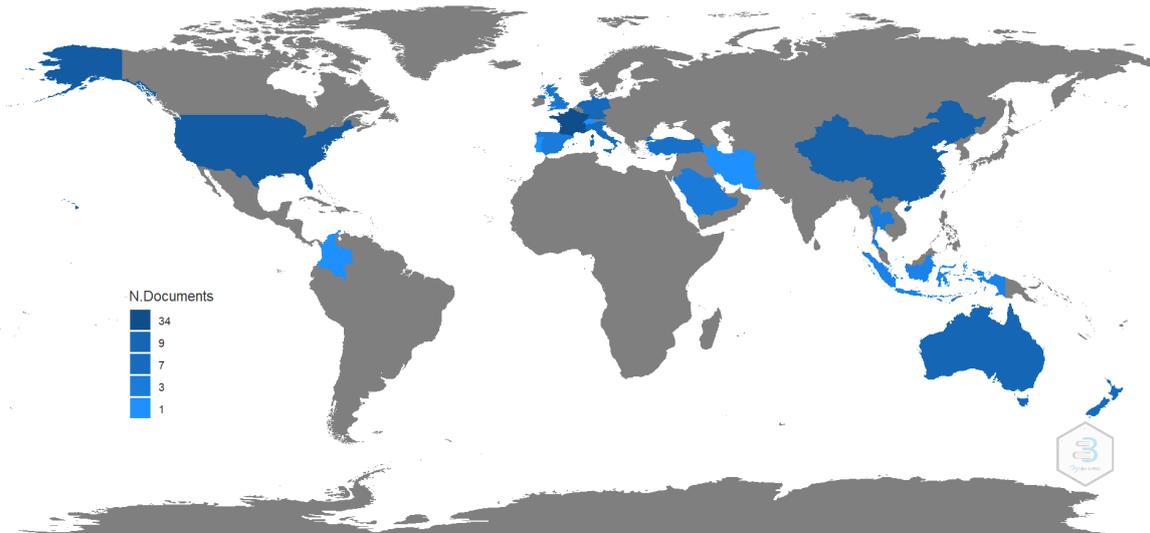
Adicionalmente, 397 palavras-chave foram utilizadas por 113 autores. Destes, 4 (3,5%) foram de autoria única e outros 109 (96,5%) compartilhados.

3.2 Principais Países

Embora se esteja falando dos principais países, na verdade está se referindo a nacionalidade de seus principais autores. A figura 3 mostra a França, os Estados Unidos e a China como os países mais influentes, seguido de Austrália, Alemanha, Holanda, Itália, Nova Zelândia, Colômbia e Reino Unido fechando o grupo dos 10 principais, de modo que juntos contribuem com quase 88% das publicações totais. Quase metade refere-se apenas as três primeiras: França com 27,2%, Estados Unidos com 12,8% e a China com 9,6, totalizando 49,6%. Com relação as citações, a França permanece liderando com 331 (44,9%), seguida pela Alemanha com 128 citações (17,4%), sendo ambas responsáveis por quase 2/3 da quantidade de citações totais. Na sequência, temos: Estados Unidos com 12,9%, Reino Unido com 8,6%, Holanda com 5,7%, Austrália com 5%, Nova

Zelândia com 2,7% e Tailândia com 1,9%, o que juntas somam mais de 99% de todas as citações.

Figura 3 – Publicações por países de origem relacionadas ao tema nível do mar (2009 – 2021).



Fonte: Biblioshiny (2022) e Adaptada pelos autores (2022).

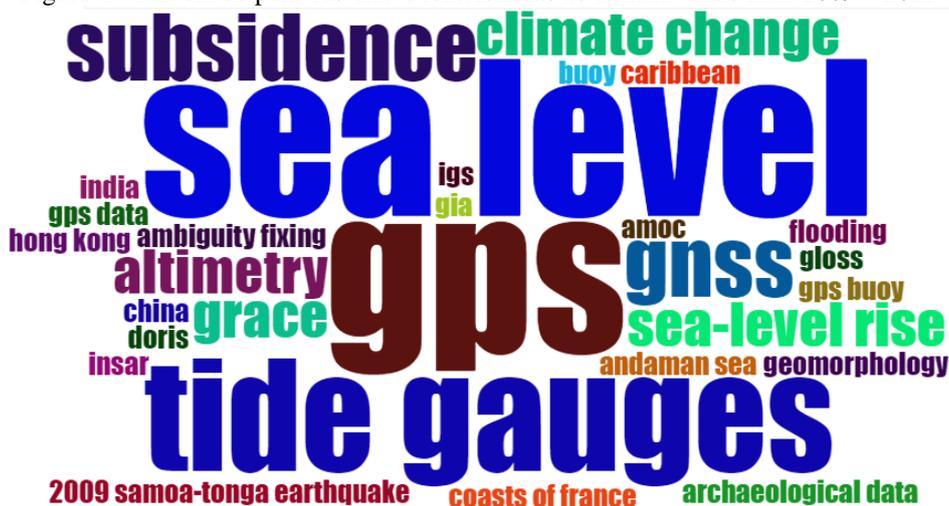
Como relatado anteriormente, o aumento do nível do mar é uma preocupação mundial, tendo a expansão térmica dos oceanos e o derretimento de geleiras como principais contribuintes (IPCC, 2013). Percebeu-se nesta análise uma grande quantidade de autores que se utilizam de dados maregráficos fornecidos principalmente pelo “*Permanent Service for Mean Sea Level*” ou Serviço Permanente para o Nível Médio do Mar (PSMSL) para analisar o comportamento do nível do mar nas escalas globais (SCHÖNE et al., 2009; RAY; BECKLEY; LEMOINE, 2010; SANTAMARÍA-GÓMEZ et al., 2012; KLEINHERENBRINK; RIVA; FREDERIKSE, 2018), mas há também aqueles que focam nas análises mais pontuais (BUBLE; BENNETT; HREINSDÓTTIR, 2010; TSIMPLIS et al., 2011; SARAMUL; EZER, 2014; PARKER, 2018; DODET et al., 2019; BORETTI, 2021), se preocupando principalmente com as regiões costeiras dos países que podem trazer implicações importantes, como erosão da praia, inundação de terras, aumento da salinização dos aquíferos costeiros, e que podem trazer impactos diretos aos povos que ali habitam, tanto do ponto de vista social quanto econômico (FENOGLIO-MARC et al., 2012).

3.3 Palavras-Chave

Conforme dito anteriormente, 397 palavras-chave foram utilizadas por 113 autores. Desse total, as 12 palavras mais relevantes foram em número de ocorrências: “*sea level change*” (25), “*tide gauge*” (24), “*sea level*” (23), “*satellite altimetry*” (18), “*tide gages*” (16), “*gps*” (15), “*subsidence*” (13), “*tide gauges*” (10), “*mediterranean sea*” (8) e “*glogal positioning system*” (7), “*sea level rise*” (7) e “*atlantic ocean*” (6). Rapidamente é possível observar que existe alguns sinônimos nesse grupo, sabendo que estas são extraídas de forma automática das publicações e traduzem a realidade de que cada autor quer dizer no momento, podendo ser diferenciadas pelo simples fato de num momento estar no singular e em outro no plural, por exemplo. Alguns programas permitem a utilização de banco de dados de palavras com o intuito de agruparmos aquelas com significados semelhantes, também conhecidas como “thesaurus”, mas não conseguimos utilizar deste artifício dentro do bibliometrix. Se possível fosse, as 12 palavras mais utilizadas poderiam ser apenas 7, tais como: “*sea level*” (“*sea level change*”, “*sea level*” e “*sea level rise*”), “*tide gauge*” (“*tide gauge*”, “*tide gages*” e “*tide gauges*”), “*satellite altimetry*”, “*gps*” (“*gps*” e “*global positioning system*”), “*subsidence*”, “*mediterranean sea*” e “*atlantic ocean*”, contabilizando 55 ocorrências (31,98%), 50 (29,07%), 18 (10,47%), 22 (12,79%), 13 (7,56%), 8 (4,65%) e 6 (3,49%), respectivamente.

A nuvem de palavras da figura 4 destacam bem as palavras-chave supracitadas.

Figura 4 – Nuvem de palavras-chave relacionadas ao tema nível do mar. 2009 – 2021.

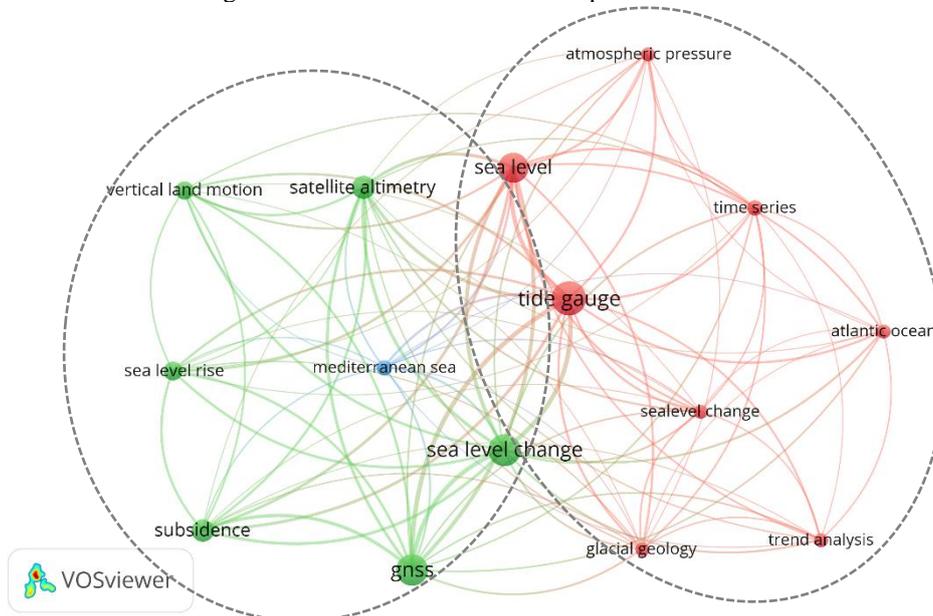


Fonte: Biblioshiny (2022) e Adaptada pelos autores (2022).

Curiosamente, as 8 palavras seguintes de maior relevância não trazem essa característica de agrupamento visualizado nas 12 primeiras, a saber: “atmospheric pressure” (6), “time series” (6), “uncertainty analysis” (6), “climate change” (5), “glacial geology” (5), “trend analysis” (5), “China” (4), a exceção de “sea level change” com outras 5 ocorrências a se juntar ao grupo “sea level”.

As palavras-chave também se relacionam e a isto dá-se o nome de coocorrência, ou seja, a frequência com que duas palavras são usadas juntas em artigos. Para cada palavra, sua coocorrência com outra palavra é analisada, junto com sua frequência (OKUBO, 1997). Ainda segundo o autor, o pressuposto subjacente ao método é que copalavras podem ser utilizadas para identificar e representar redes específicas de um determinado tipo de pesquisa.

Figura 5 – Rede de coocorrência de palavras-chave.



Fonte: Vosviewer (2022) e Adaptada pelos autores (2022).

Esta realidade foi percebida na figura 5, criada a partir do Vosviewer, software utilizado como ferramenta para construção e visualização de redes bibliométricas. O conjunto de palavras podem ser divididos em dois “clusters”, circulado em preto pontilhado, que nos mostram de um lado (vermelho) o nível do mar, as estações maregráficas e séries temporais basicamente, e o outro lado (verde) que apontam para o estudo da variação da superfície da terra e seus sensores e satélites aos quais tem condições de mensurar tal variação. Em outras palavras, o cluster dos movimentos absolutos. Na figura 5, as palavras-chave são representadas por

nós e os arcos são suas ligações com outros nós ou outras palavras-chave. Os tamanhos de cada nó indicam a importância de cada palavra-chave. Percebe-se, portanto, que as estações maregráficas se relacionam com o nível do mar, aos quais são responsáveis pelo seu monitoramento, e que esses dados são correlacionados com séries oriundas da altimetria por satélite e das séries GNSS para correção ou eliminação do movimento vertical da terra, correlações estas vistas em quase todos os artigos da pesquisa.

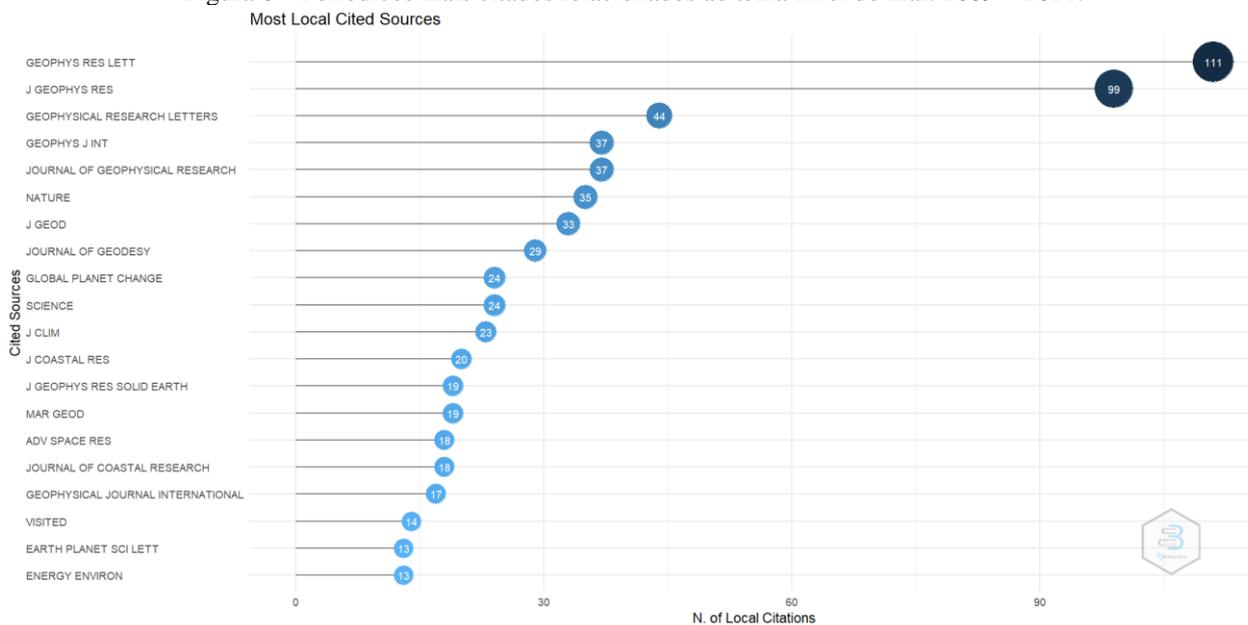
3.4 Periódicos mais relevantes

Para divulgar pesquisas relacionadas ao tema avanço do nível do mar e suas relações com variáveis não oceânicas foram utilizados 20 periódicos entre os anos de 2009 a 2021. Destes, os 7 mais relevantes com duas ou mais publicações são: *Journal of Gephysical Research: Oceans, Advances in Space Research, Global and Planetary Change, Journal of Geophysical Research: Solid Earth, Journal of Coastal Research, Nonlinear Engineering* e *Ocean and Coastal Management*. Os três primeiros são responsáveis por 16 dos 35 artigos, o que corresponde a quase metade de todas as publicações (45,71%).

Segundo Mathankar (2018), o número de artigos é um indicador que reflete a produção científica, medida pela contagem de “papers”, enquanto o número de citações pode ser considerado uma medida do impacto dos artigos citados, bem como de sua atualidade e utilidade. Presume-se que um artigo deve ter uma certa qualidade para ter impacto na comunidade científica (MATHANKAR, 2018).

Uma produção científica intensa não significa dizer que necessariamente será o mais citado. Um exemplo disto é que o *Journal of Geophysical Research: Oceans* é o periódico que teve mais publicações, sendo cinco ao todo. No entanto, no quesito citação o referido periódico só aparece na quinta colocação com 37 citações, dividindo a posição com o *Geophysical Journal International* e superado pelo *Geophysical Research Letters* com 44, *Journal of Geophysical Research* com 99 e *Geophysical Research Letters* com 111 citações, conforme pode ser visto na figura 6.

Figura 6 – Periódicos mais citados relacionados ao tema nível do mar. 2009 – 2021.



Fonte: Biblioshiny (2022) e Adaptada pelos autores (2022).

Ainda com relação a periódicos, Samuel Bradford formulou em 1934 a lei de dispersão para descrever a distribuição de artigos sobre um determinado assunto em diferentes periódicos, concluindo que estes poderiam ser categorizados em 3 grupos separados, a saber (MATHANKAR, 2018):

- a) Aqueles que produzem mais de quatro referências no ano (Zona 1);
- b) Aqueles que produzem entre duas a quatro referências por ano (Zona 2);
- c) Aqueles que possuem uma ou menos referências em um ano (Zona 3).

De acordo com a Lei de Bradford, a tabela 1 classifica os periódicos e suas respectivas zonas.

Tabela 1: Classificação dos periódicos segundo a Lei de Bradford.

PERIÓDICO	RANK	FREQ	FREQ ACUM	ZONA
Journal of Geophysical Research: Oceans	1	5	5	Zone 1
Advances in Space Research	2	4	9	Zone 1
Global and Planetary Change	3	4	13	Zone 1
Journal of Geophysical Research: Solid Earth	4	3	16	Zone 2
Journal of Coastal Research	5	2	18	Zone 2
Nonlinear Engineering	6	2	20	Zone 2
Ocean and Coastal Management	7	2	22	Zone 2
Acta Oceanologica Sinica	8	1	23	Zone 2
Arabian Journal of Geosciences	9	1	24	Zone 2
Comptes Rendus - Geoscience	10	1	25	Zone 3
Geophysical Journal International	11	1	26	Zone 3
Geophysical Research Letters	12	1	27	Zone 3
Ieee Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing	13	1	28	Zone 3
Journal of Geodesy	14	1	29	Zone 3
Journal of Hydrologic Engineering	15	1	30	Zone 3
Marine Geodesy	16	1	31	Zone 3
Ocean Science	17	1	32	Zone 3
Physics and Chemistry of The Earth	18	1	33	Zone 3
Studia Geophysica Et Geodaetica	19	1	34	Zone 3
Water (Switzerland)	20	1	35	Zone 3

Fonte: Os autores (2022).

3.5 Instituições de destaque – país de origem

Vale mencionar que o sucesso de um país na pesquisa está diretamente ligado a capacidade de publicação de seus contribuintes institucionais. A exemplo disso é a França que lidera o *ranking* às custas de suas instituições ou afiliações, no qual aparecem 6 vezes no *roll* das que mais publicam. Nesse mesmo raciocínio aparece a China com dois grandes centros de peso, o *National Ocean Technology Center* e o *Institute of Earthquake Forecasting*. Por outro lado, a Holanda que aparece como o quinto país que mais publica deve-se a *Delft University of Technology*, que lidera o ranking das afiliações que mais publicaram, sendo 8 no total. Há de se entender que a Holanda seja um país forte nesse tema, tendo em vista que parte de seu território se encontra abaixo do nível do mar e que já sofreu muito na década de 50, quando centenas de pessoas morreram e milhares de casas foram destruídas por enchentes.

Além da *Delft University of Technology*, as outras 4 instituições ou afiliações que mais publicaram estão assim dispostas: a francesa *University of La Rochelle/CNRS* com 7, a chinesa *National Ocean Technology Center* e a alemã *Technical University Darmstadt* com 5 e a também chinesa *Institute of Earthquake Forecasting* com 4.

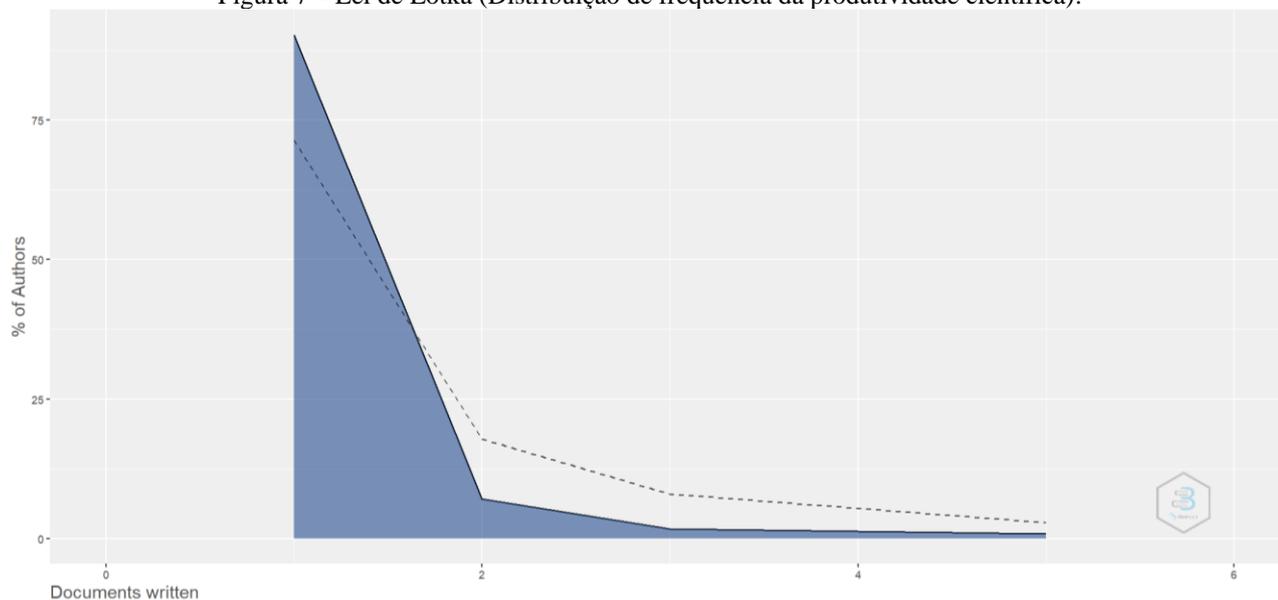
3.6 Autores

Talvez este seja o tópico mais importante do estudo. Afinal, para cada artigo analisado temos um ou mais autores responsáveis pela sua elaboração e que depois irá se refletir nas suas afiliações e nos seus países de origem.

Seguindo a mesma estrutura que vem sendo apresentada nos tópicos anteriores, os autores que mais publicaram dentre os 35 artigos em estudo foram: Wöppelmann com 5 publicações, Boretti e Testut, ambos com 3 publicações e, com 2 publicações cada, seguem: Becker, Fenoglio-Marc, Frederikse, Gravelle, Marcos, Parker e Riva.

Essa métrica de publicações fez com que Lotka em 1926, propusesse uma lei do inverso do quadrado da produtividade da ciência (MATHANKAR, 2018). Foi um dos primeiros a vincular a noção de produtividade à contagem, observando que o número de artigos publicados não era distribuído de maneira uniforme e que a produtividade tendia a se concentrar em um número limitado de pesquisadores (OKUBO, 1997). Em outras palavras, Lotka encontrou a produtividade dos cientistas confirmada à lei do inverso do quadrado de tal forma que para cada 100 autores contribuindo com um artigo, 25 contribuirão com dois artigos, 11 contribuem com três, 6 contribuirão com quatro e 4 contribuirão com cinco artigos (MATHANKAR, 2018). A figura 7 mostra a distribuição de frequência da produtividade científica proposta por Lotka.

Figura 7 – Lei de Lotka (Distribuição de frequência da produtividade científica).



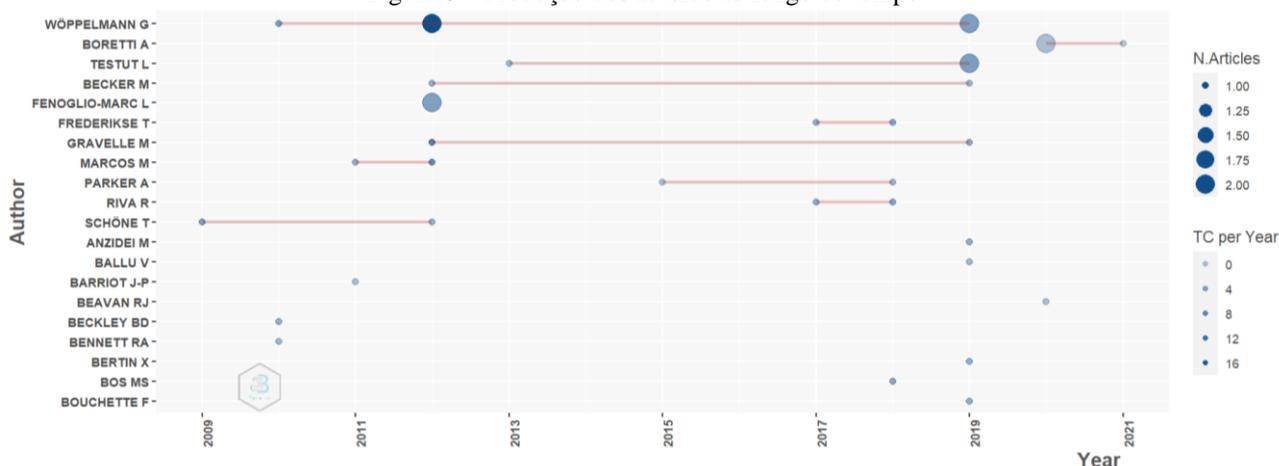
Fonte: Biblioshiny (2022) e Adaptada pelos autores (2022).

Para este caso, significa dizer que 90% dos autores irão produzir apenas 1 artigo, 7% produzirão 2 artigos, menos de 2% produzirão 3 artigos, pouco mais de 1% produzirão 4 artigos e menos de 1% produzirão 5 artigos ou mais.

No tocante as citações, Wöppelmann também lidera disparado com 11 citações ao todo. Segundo Okubo (1997), as citações de um artigo científico são uma indicação da importância que a comunidade atribui a pesquisa. Assim, as citações podem ser consideradas um critério para selecionar as revistas científicas mais conceituadas com base nos artigos que contêm (OKUBO, 1997). A sequência é seguida por Marcos com 6 citações e Collilieux, Gravelle, Guichard, Míguez, Santamaría-Gómez e Tiphaneau com 5 citações cada um. A figura 8 a seguir mostra a produção dos autores ao longo do período estudado. A linha corresponde ao período ativo do autor, o tamanho dos círculos indica a quantidade de publicações e sua intensidade indicam a quantidade de citações anuais. Com isso, a figura também ajuda a perceber quem foram os autores que aparecem na primeira metade do período de estudo (Marcos, Schöne, Barriot, Beckley e Bennett) como aqueles que apareceram depois (Frederikse, Parker, Riva, Bouchette, entre outros). Além disso, é possível ver quem são mais constantes, tais como: Gravelle, Becker, Testut e, principalmente, Wöppelmann, o que justifica estar tanto tempo na ativa e ter o maior número de citações entre os autores.

Por outro lado, as citações também podem ter conotação negativa, ou seja, quando o autor pode ser citado por pesquisa de natureza controversa ou por erro de metodologia (OKUBO, 1997). Isso pode ser visto no artigo que estudou a variabilidade do nível do mar a partir de marégrafos com mais de 100 anos de observação na região do Delta do Rio das Pérolas, na China. Seu objetivo era discutir a aceleração do nível do mar na área, mostrando que os níveis não estão acelerando, mas apenas subindo na mesma taxa, contrariando assim diversos estudos, inclusive o IPCC (PARKER, 2018).

Figura 8 – Produção dos autores ao longo do tempo.

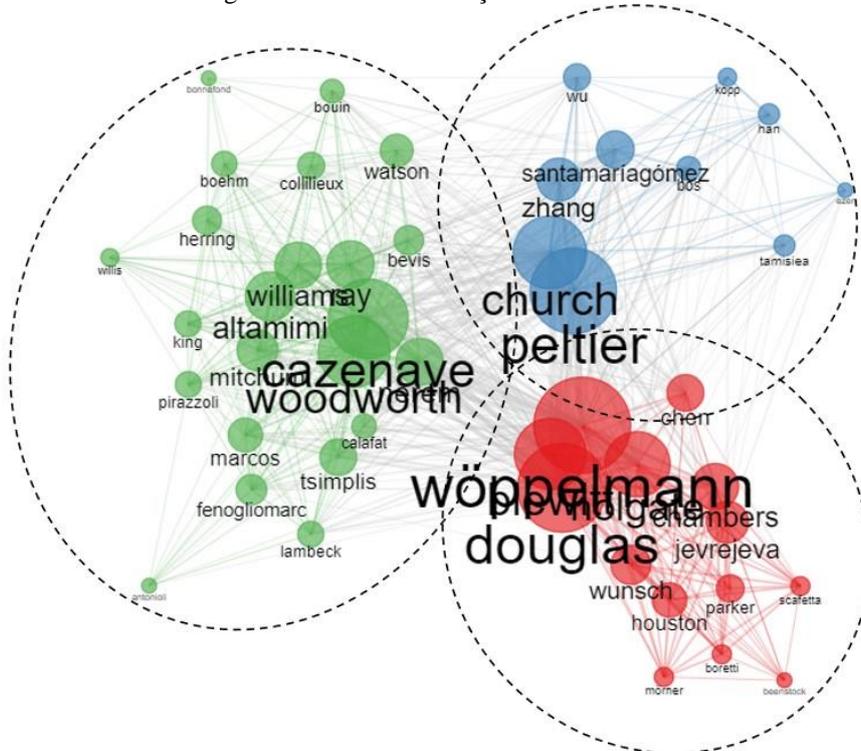


Fonte: Biblioshiny (2022) e Adaptada pelos autores (2022).

É possível que dois artigos sejam citados simultaneamente no mesmo artigo, ao qual chamamos de cocitação. Este indicador ilustra redes temáticas e a influência e impacto dos autores, representando de uma certa forma as reações da comunidade científica aos resultados da pesquisa (OKUBO, 1997). Por outro lado, ressalta ainda o autor que o método se limita a descrever apenas uma parte do processo de montagem do conhecimento, pois fornece uma análise altamente seletiva da ciência, que se refere muito mais à literatura científica do que à literatura tecnológica. A figura 9 mostra a rede de cocitações para o estudo em questão.

Assim como na coocorrência de palavras, a formação dos *clusters* ocorre não só por estarem discutindo um mesmo objeto de estudo, obviamente, mas também por compartilharem a mesma linha de pensamento, sendo influências fortes Wöppelmann, Douglas e Blewitt, assim como Peltier e Church e Woodworth e Cazenave em seus respectivos grupos.

Figura 9 – Rede de cocitações entre autores.



Fonte: Biblioshiny (2022) e Adaptada pelos autores (2022).

4 RELAÇÕES ENTRE ARTIGOS

Avaliar o comportamento do nível do mar é uma tarefa complexa, pois envolve vários fatores de

forçantes independentes, ou seja, variáveis que interferem na determinação do nível médio do mar, cada um produzindo sinais que só podem ser separados com base em frequências e escalas temporais e espaciais (TSIMPLIS et al., 2011). Isso faz com que a variação do nível do mar deixe de ser homogênea e tenha comportamentos distintos de um lugar para o outro. Talvez por conta disso alguns autores prefiram deixar de lado a análise global e passe a analisar casos locais de forma isolada, a exemplos de estudos do Mar Adriático (BUBLE; BENNETT; HREINSDÓTTIR, 2010), do Mar Mediterrâneo (TSIMPLIS et al., 2011), da Tailândia (SARAMUL; EZER, 2014), da China (PARKER, 2018), da França (DODET et al., 2019) e da Oceania (BORETTI, 2020).

Faz mister mencionar que a forma de se monitorar o comportamento do nível do mar não mudou ao longo da história, exceto a incorporação de novas tecnologias que ajudaram, ou tornaram ainda mais complexas, as análises como um todo. É o caso de receptores GPS que passaram a operar perto de estações maregráficas a partir do ano de 1994 (SCHÖNE; SCHÖN; THALLER, 2009) e que posteriormente se tornaram multissatelitais (GNSS). Soma-se ainda a este conjunto tecnológico as missões altimétricas por satélite, tais como o Jason e o Topex/Poseidon.

Independentemente do nível de abrangência do estudo, os resultados encontrados nunca são iguais, apesar de muitos utilizarem os mesmos artifícios estatísticos no cálculo de seus achados, a exemplo das diferenças simples entre sensores e dos modelos de regressões lineares (BOUIN; WÖPPELMANN, 2010; FENOGLIO-MARC et al., 2012; TORRES; TSIMPLIS, 2013). Aliás, o modelo de regressão linear em parte é até contestado por ser um modelo inadequado para a estimativa do nível do mar por não fornecer nenhuma instrução temporal de aceleração, dadas as suposições inerentes de velocidade constante e aceleração zero (WATSON, 2019).

Por outro lado, há quem se propôs a se utilizar de modelos estatísticos mais robustos, como o modelo proposto por Sjöberg, que usa diferenças de medidores de maré para inferir taxas relativas de elevação de terras seculares (BUBLE; BENNETT; HREINSDÓTTIR, 2010). Em outro estudo, utilizou-se técnicas avançadas de comparação dos dados maregráficos com a altimetria por satélite, em substituição a carência de estações maregráficas com GPS acoplado (WÖPPELMANN; MARCOS, 2012). Houve casos também que se utilizou valores máximo e mínimo, além de valores médios (BORETTI, 2020), uso das medianas das tendências GNSS como melhor concordância com as tendências do medidor de altimetria diferenciada (KLEINHERENBRINK; RIVA; FREDERIKSE, 2018) e até mesmo o uso de redes neurais para identificar um conjunto de variáveis meteorológicas que afetam as anomalias (velocidade do vento zonal e meridional, precipitação, umidade relativa e temperatura do ar) e descobrir que mais da metade da variabilidade prevista era manifestada por padrões zonais de vento (MOGHADAM, 2017).

A questão climática, inclusive, foi um dos critérios de busca desta pesquisa e está presente em outros artigos. Para o Oceano Ártico, por exemplo, observou-se que os efeitos estéricos (temperatura do oceano e variações de salinidade) e a pressão atmosférica contribuíram com 35% e 30% do aumento do nível do mar, respectivamente (HENRY et al., 2012). Nesse mesmo sentido, também se avaliou as questões climáticas no Mar do Caribe (TORRES; TSIMPLIS, 2013), no Hawaí (YANG; FRANCIS, 2019) e na região de Hong Kong (ZOU et al., 2021).

Aproveitando-se das novas tecnologias e dos sistemas GNSS cada vez mais consolidados, novas ideias vão surgindo, tal como o uso de boias acopladas a receptores GNSS para monitorar o movimento absoluto do nível do mar (FUND et al., 2013; DODET et al., 2019; ZHAI et al., 2020), mas esse método que se utiliza de observações diferenciais ainda precisa avançar muito na questão da precisão.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A mudança do nível do mar tem impactos ambientais, sociais e econômicos significativos, podendo ser usado para diagnóstico como indicador de processos relacionados as mudanças climáticas (TSIMPLIS et al., 2011).

Entretanto, pesquisar os vários processos que contribuem para a mudança relativa do nível do mar em um determinado local é uma tarefa desafiadora, envolvendo o exame científico de vários fatores de forçantes

independentes, cada um produzindo sinais que só podem ser separados com base em frequências, escalas temporais e espaciais (TSIMPLIS et al., 2011). As forçantes são conhecidas por processos astronômicos (marés), atmosféricos (eventos atípicos e ventos marítimos) oceânicos (ondas e correntes) e terrestres sólidos (movimentos terrestres) (DODET et al., 2019; WATSON, 2019), tornando a determinação do nível do mar uma tarefa complexa.

Simav et al. (2012) já afirmavam que compreender os mecanismos de mudança do nível do mar é uma das maiores preocupações das geociências na era das mudanças climáticas, com consequências implícitas para os ecossistemas costeiros e a sociedade humana.

Neste estudo, através da bibliometria, foram utilizadas técnicas estatísticas como métodos para analisar quantitativamente as principais publicações acadêmicas referentes ao tema entre os anos de 2009 e 2021. Percebemos uma forte variabilidade na quantidade de publicações e citações, assim como a França, os Estados Unidos e a China sendo os países mais influentes, fato que se deve as suas instituições contribuintes ou afiliações e, principalmente, aos autores. Este último, destaque para Wöppelmann, tanto do ponto de vista de publicações quanto de citações.

Assim como as palavras-chave em suas redes de coocorrência, os autores também se relacionam entre si como uma indicação da importância que a comunidade atribui a pesquisa, podendo ser considerado um critério para selecionar as revistas científicas mais conceituadas. Alguns desses autores contribuindo com análises globais, outros com análises mais regionais, mas todos preocupados com os impactos que o aumento do nível do mar pode trazer para a sociedade como um todo.

No item anterior, foi visto que a metodologia para o monitoramento do nível do mar pouco mudou, historicamente falando, exceto o incremento de novas tecnologias como GNSS e altimetria por satélite. O problema está na forte dependência de modelos globais que não tem nem como levar em consideração fenômenos que acontecem em regime local. Um exemplo é o GIA (modelo de ajuste isostático global) que fornecem apenas resolução de escala mais ampla, não detectando processos locais associados a tectônica, vulcanismo, compactação de sedimento, subsidência por extração de água, etc. (WATSON, 2019; BORETTI, 2021). Denys et al. (2020) afirmam ainda que é muito bem aceito para regiões de latitudes elevadas, mas fora delas, as taxas verticais GIA são uma pequena fração do movimento vertical da terra medido pelas estações GNSS.

Não é exagero afirmar que a estatística não foi importante apenas nessa análise bibliométrica, ela é fundamental e indispensável também na própria compreensão do comportamento do nível do mar e de suas forçantes. Uma boa parte dos estudos se utilizam da estatística elementar para o cálculo de médias, medianas e tendências e uma pequena parcela vai um pouco mais além quando se utilizam de métodos estatísticos mais robustos.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Programa de Pós-graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente (PPGM-UEFS) pelo apoio.

Contribuição dos Autores

Este artigo foi desenvolvido a partir de pesquisas realizadas no doutorado acadêmico do autor N. S. R. J., sendo a contribuição de cada um dos autores da seguinte forma: N. S. R. J. – pesquisa, conceptualização, redação, revisão e edição final; A. M. S. F. – orientação e revisão.

Conflitos de Interesse

Os autores declaram que não há conflito de interesses.

Referências

- ARAÚJO, C. A. Bibliometria: evolução histórica e questões atuais. **Em questão**, v. 12, n. 1, p. 11–32, 2006.
- ARIA, M.; CUCCURULLO, C. bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. **Journal of Informetrics**, v. 11, n. 4, p. 959–975, 2017. DOI. 10.1016/j.joi.2017.08.007.
- BORETTI, A. Relative sea-level rise and land subsidence in Oceania from tide gauge and satellite GPS. **Nonlinear Engineering**, v. 9, n. 1, p. 175–193, 2020. DOI. 10.1515/nleng-2020-0007.
- BORETTI, A. Nonlinear absolute sea-level patterns in the long-term-trend tide gauges of the East Coast of North America. **Nonlinear Engineering**, v. 10, n. 1, p. 1–15, 2021. DOI. 10.1515/nleng-2021-0001.
- BOUIN, M. N.; WÖPPELMANN, G. Land motion estimates from GPS at tide gauges: A geophysical evaluation. **Geophysical Journal International**, v. 180, n. 1, p. 193–209, 2010. DOI. 10.1111/j.1365-246X.2009.04411.x.
- BUBLE, G.; BENNETT, R. A.; HREINSDÓTTIR, S. Tide gauge and GPS measurements of crustal motion and sea level rise along the eastern margin of Adria. **Journal of Geophysical Research: Solid Earth**, v. 115, n. 2, 2010. DOI. 10.1029/2008JB006155. Acesso em: 15 ago. 2021.
- DENYS, P. H.; BEAVAN, R. J.; HANNAH, J.; PEARSON, C. F.; PALMER, N.; DENHAM, M.; HREINSDÓTTIR, S. Sea Level Rise in New Zealand: The Effect of Vertical Land Motion on Century-Long Tide Gauge Records in a Tectonically Active Region. **Journal of Geophysical Research: Solid Earth**, v. 125, n. 1, 2020. DOI. 10.1029/2019JB018055. Acesso em: 15 ago. 2021.
- DODET, G.; BERTIN, X.; BOUCHETTE, F.; GRAVELLE, M.; TESTUT, L.; WÖPPELMANN, G. Characterization of Sea-level Variations Along the Metropolitan Coasts of France: Waves, Tides, Storm Surges and Long-term Changes. **Journal of Coastal Research**, v. 88, n. sp1, p. 10–24, 2019. Coastal Education Research Foundation Inc. DOI. 10.2112/SI88-003.1.
- FADIL, A.; SICHOUX, L.; BARRIOT, J.-P.; ORTÉGA, P.; WILLIS, P. Evidence for a slow subsidence of the Tahiti Island from GPS, DORIS, and combined satellite altimetry and tide gauge sea level records. **Comptes Rendus - Geoscience**, v. 343, n. 5, p. 331–341, 2011. DOI. 10.1016/j.crte.2011.02.002.
- FENOGLIO-MARC, L.; BRAITENBERG, C.; TUNINI, L. Sea level variability and trends in the Adriatic Sea in 1993-2008 from tide gauges and satellite altimetry. **Physics and Chemistry of the Earth**, v. 40–41, p. 47–58, 2012.
- FENOGLIO-MARC, L.; SCHÖNE, T.; ILLIGNER, J.; BECKER, M.; MANURUNG, P.; KHAFID. Sea Level Change and Vertical Motion from Satellite Altimetry, Tide Gauges and GPS in the Indonesian Region. **Marine Geodesy**, v. 35, n. SUPPL. 1, p. 137–150, 2012. DOI. 10.1016/j.pce.2011.05.014.
- FOLGER, T. Rising seas. **National geographic**, v. 224, n. 3, p. 30–59, 2013.
- FUND, F.; PEROSANZ, F.; TESTUT, L.; LOYER, S. An Integer Precise Point Positioning technique for sea surface observations using a GPS buoy. **Advances in Space Research**, v. 51, n. 8, p. 1311–1322, 2013. DOI. 10.1016/j.asr.2012.09.028.
- GUEDES, V. L.; BORSCHIVER, S. Bibliometria: uma ferramenta estatística para a gestão da informação e do conhecimento, em sistemas de informação, de comunicação e de avaliação científica e tecnológica. **Encontro Nacional de Ciência da Informação**, v. 6, n. 1, p. 18, 2005.
- HENRY, O.; PRANDI, P.; LLOVEL, W.; CAZENAVE, A.; JEVREJEVA, S. Tide gauge-based sea level variations since 1950 along the Norwegian and Russian coasts of the Arctic Ocean: Contribution of the steric and mass components. **Journal of Geophysical Research: Oceans**, v. 117, n. 6, 2012. DOI. 10.1029/2011JC007706. Acesso em: 15 ago. 2021.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate Change 2013: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [STOCKER, T.F., D. QIN, G.-K. PLATTNER, M. TIGNOR, S.K. ALLEN, J. BOSCHUNG, A. NAUELS, Y. XIA, V. BEX AND P.M. MIDGLEY (eds.)]. Cambridge University Press,

Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.

- KLEINHERENBRINK, M.; RIVA, R.; FREDERIKSE, T. A comparison of methods to estimate vertical land motion trends from GNSS and altimetry at tide gauge stations. **Ocean Science**, v. 14, n. 2, p. 187–204, 2018. Copernicus GmbH. DOI. 10.5194/os-14-187-2018.
- MATHANKAR, A. R. Bibliometrics: An overview. **International Journal of Library & Information Science (IJLIS)**, v. 7, n. 3, 2018.
- MOGHADAM, F. M. Neural network-based approach for identification of meteorological factors affecting regional sea-level anomalies. **Journal of Hydrologic Engineering**, v. 22, n. 3, 2017. American Society of Civil Engineers (ASCE). DOI. 10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0001472. Acesso em: 15 ago. 2021.
- NICHOLLS, R.; HANSON, S.; HERWEIJER, C.; PATMORE, N.; HALLEGATTE, S.; CORFEE-MORLOT, J.; CHÂTEAU, J.; MUIR-WOOD, R. Ranking Port Cities with High Exposure and Vulnerability to Climate Extremes: Exposure Estimates, **OECD Environment Working Papers**, No. 1, OECD Publishing, Paris, 2008. DOI. 10.1787/011766488208.
- OKUBO, Y. **Bibliometric Indicators and Analysis of Research Systems: Methods and Examples**. OECD Science, Technology and Industry Working Papers, 1997. DOI. 10.1787/208277770603.
- PARKER, A. Sea level oscillations in Japan and China since the start of the 20th century and consequences for coastal management - Part 2: China pearl river delta region. **Ocean and Coastal Management**, v. 163, p. 456–465, 2018. DOI. 10.1016/j.ocecoaman.2018.08.004.
- PARKER, A.; OLLIER, C. D. Sea level rise for India since the start of tide gauge records. **Arabian Journal of Geosciences**, v. 8, n. 9, p. 6483–6495, 2015. Springer Verlag. DOI. 10.1007/s12517-014-1739-6.
- PRITCHARD, A. Statistical bibliography or bibliometrics. **Journal of documentation**, v. 25, n. 4, p. 348–349, 1969.
- RAY, R. D.; BECKLEY, B. D.; LEMOINE, F. G. Vertical crustal motion derived from satellite altimetry and tide gauges, and comparisons with DORIS measurements. **Advances in Space Research**, v. 45, n. 12, p. 1510–1522, 2010. DOI. 10.1016/j.asr.2010.02.020.
- SANTAMARÍA-GÓMEZ, A.; GRAVELLE, M.; COLLILIEUX, X.; GUICHARD, M.; MÍGUEZ, B. M.; TIPHANEAU, P.; WÖPPELMANN, G. Mitigating the effects of vertical land motion in tide gauge records using a state-of-the-art GPS velocity field. **Global and Planetary Change**, v. 98–99, p. 6–17, 2012. DOI. 10.1016/j.gloplacha.2012.07.007.
- SARAMUL, S.; EZER, T. Spatial variations of sea level along the coast of Thailand: Impacts of extreme land subsidence, earthquakes and the seasonal monsoon. **Global and Planetary Change**, v. 122, p. 70–81, 2014. Elsevier. DOI. 10.1016/j.gloplacha.2014.08.012.
- SCHÖNE, T.; SCHÖN, N.; THALLER, D. IGS Tide Gauge Benchmark Monitoring Pilot Project (TIGA): Scientific benefits. **Journal of Geodesy**, v. 83, n. 3–4, p. 249–261, 2009. DOI. 10.1007/s00190-008-0269-y.
- SHI, Y.; BLAINEY, S.; SUN, C.; JING, P. A literature review on accessibility using bibliometric analysis techniques. **Journal of transport geography**, v. 87, p. 102810, 2020. Elsevier. DOI. 10.1016/j.jtrangeo.2020.102810.
- SIMAV, M.; YILDIZ, H.; TÜRKEZER, A.; LENK, O.; ÖZSOY, E. Sea level variability at Antalya and Menteş tide gauges in Turkey: Atmospheric, steric and land motion contributions. **Studia Geophysica et Geodaetica**, v. 56, n. 1, p. 215–230, 2012. DOI. 10.1007/s11200-010-0067-x.
- TORRES, R. R.; TSIMPLIS, M. N. Sea-level trends and interannual variability in the Caribbean Sea. **Journal of Geophysical Research: Oceans**, v. 118, n. 6, p. 2934–2947, 2013. DOI. 10.1002/jgrc.20229.
- TSIMPLIS, M.; SPADA, G.; MARCOS, M.; FLEMMING, N. Multi-decadal sea level trends and land movements in the Mediterranean Sea with estimates of factors perturbing tide gauge data and cumulative uncertainties. **Global and Planetary Change**, v. 76, n. 1–2, p. 63–76, 2011. DOI. 10.1016/j.gloplacha.2010.12.002.

- WATSON, P. J. Updated mean sea-level analysis: South Korea. **Journal of Coastal Research**, v. 35, n. 2, p. 241–250, 2019. Coastal Education Research Foundation Inc. DOI. 10.2112/JCOASTRES-D-18-00138.1.
- WÖPPELMANN, G.; MARCOS, M. Coastal sea level rise in southern Europe and the nonclimate contribution of vertical land motion. **Journal of Geophysical Research: Oceans**, v. 117, n. 1, 2012. DOI. 10.1029/2011JC007469. Acesso em: 15 ago. 2021.
- YANG, L.; FRANCIS, O. P. Sea-level rise and vertical land motion on the Islands of Oahu and Hawaii, Hawaii. **Advances in Space Research**, v. 64, n. 11, p. 2221–2232, 2019. DOI. 10.1016/j.asr.2019.08.028.
- ZHAI, W.; ZHU, J.; MA, C.; et al. Measurement of the sea surface using a GPS towing-body in Wanshan area. **Acta Oceanologica Sinica**, v. 39, n. 5, p. 123–132, 2020. DOI. 10.1007/s13131-020-1599-8.
- ZOU, F.; TENZER, R.; FOK, H. S.; MENG, G.; ZHAO, Q. The Sea-Level Changes in Hong Kong from Tide-Gauge Records and Remote Sensing Observations over the Last Seven Decades. **IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing**, v. 14, p. 6777–6791, 2021. DOI. 10.1109/JSTARS.2021.3087263.

Biografia do autor principal



Nilton de Souza Ribas Júnior é natural de Recife/PE e nasceu em 1975. Possui graduação em Engenharia Cartográfica pela Universidade Federal de Pernambuco (1999), mestrado em Ciências Ambientais pela Universidade Estadual de Feira de Santana (2019) e doutorando em Ciências Ambientais pela mesma instituição. Servidor Público Federal desde 2002, já executou diversos trabalhos de engenharia a nível local, regional e nacional. Atualmente, gerencia o Setor de Geodésia e Cartografia do IBGE no Estado da Bahia.



Esta obra está licenciada com uma Licença [Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional](https://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.