

Resumo: O método *ProKnow-C* tem se destacado por auxiliar pesquisadores na identificação sistemática de publicações em temas de interesse multidisciplinar. Neste estudo, foi conduzida uma análise bibliométrica sobre biocorrosão, com foco nas publicações dos últimos cinco anos. Para isso, o *ProKnow-C* foi utilizado em conjunto com o *software RStudio®* para o levantamento e a seleção de um portfólio bibliográfico de qualidade. Os dados foram analisados sistematicamente e visualizados por meio de gráficos gerados principalmente com auxílio do *Biblioshiny*. A pesquisa utilizou palavras-chave previamente definidas nas bases de dados *Scopus* e *Web of Science*, resultando inicialmente em 296 e 8.773 artigos, respectivamente. Após o processo de filtragem e a exclusão de duplicatas, restaram 1.360 artigos, dos quais apenas 57 atenderam aos critérios para compor o portfólio bibliográfico final. Os resultados obtidos revelam lacunas significativas na literatura sobre biocorrosão. Observa-se uma escassez de estudos com abordagem multidisciplinar, além da limitada aplicação de técnicas avançadas e modelos preditivos. A produção científica também apresenta concentração geográfica e institucional, o que pode restringir a diversidade de perspectivas e soluções. Outro aspecto crítico identificado é a fraca articulação entre a pesquisa acadêmica e as demandas da prática industrial, comprometendo a aplicabilidade dos resultados. Esses fatores reforçam a necessidade de investigações mais integradas, inovadoras e alinhadas aos desafios reais enfrentados pelo setor, promovendo maior impacto científico e tecnológico.

Palavras-chave: *Proknow-C*; Portfólio Bibliográfico; Biocorrosão.

Abstract: The *ProKnow-C* method has proven effective in assisting researchers with the systematic identification of publications on multidisciplinary topics of interest. In this study, a bibliometric analysis on biocorrosion was conducted, focusing on publications from the past five years. *ProKnow-C* was used in combination with *RStudio®* software to identify and select a high-quality bibliographic portfolio. The data were systematically analyzed and visualized through graphs generated primarily with the support of *Biblioshiny*. The research employed predefined keywords in the *Scopus* and *Web of Science* databases, initially retrieving 296 and 8,773 articles, respectively. After the filtering process and removal of duplicates, 1,360 articles remained, of which only 57 met the criteria to be included in the final bibliographic portfolio. The results reveal significant gaps in the biocorrosion literature. There is a notable lack of studies with a multidisciplinary approach, as well as limited use of advanced techniques and predictive models. Scientific output also shows geographic and institutional concentration, which may restrict the diversity of perspectives and solutions. Another critical issue identified is the weak linkage between academic research and industrial practice, which compromises the applicability of the findings. These factors highlight the need for more integrated and innovative investigations that are aligned with the real challenges faced by the sector, fostering greater scientific and technological impact.

Keywords: *Proknow-C*; Bibliographic Portfolio; Biocorrosion.

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento do conhecimento científico inicia-se, geralmente, por meio de uma revisão bibliográfica ampla e de qualidade. Entretanto, realizar um levantamento bibliográfico consistente e alinhado ao tema de pesquisa proposto representa um desafio significativo (AFONSO *et al.*, 2011). A vasta quantidade de artigos disponíveis nas bases de dados torna o processo de busca e seleção de documentos pertinentes ainda mais complexo, especialmente para pesquisadores iniciantes (VILELA, 2012). Assim, a obtenção de um portfólio bibliográfico relevante está intrinsecamente ligada à forma como as buscas são conduzidas e aos filtros aplicados, o que possibilita minimizar a aleatoriedade e a subjetividade na seleção dos periódicos (SANTOS; SCHENATTO; OLIVEIRA, 2017).

Ao elaborar uma revisão bibliográfica, o pesquisador deve adotar uma postura analítica que permita avaliar a relevância científica e a originalidade do tema investigado (MACEDO, 1994). Durante esse processo, depara-se com diversas opiniões, muitas vezes conflitantes. Somente após concluir a revisão é possível estabelecer uma base sólida de conhecimento e formar uma opinião fundamentada sobre o assunto (ECHER, 2001).

De acordo com os autores Tasca e outros (2010), o sucesso de uma pesquisa depende, entre outros fatores, da estratégia de busca adotada, que pode incluir palavras-chave, autores e temas específicos. Nesse sentido, os avanços tecnológicos têm proporcionado ferramentas mais eficientes e bases de dados eletrônicas que otimizam esse processo.

A análise bibliométrica, por sua vez, é uma ferramenta valiosa para a avaliação da produção científica, pois quantifica e qualifica publicações dispersas na literatura (ARAÚJO, 2006 ELLEGAARD; WALLIN, 2015). Dentre os métodos que se destacam para esse fim está o *ProKnow-C* (*Knowledge Development Process – Constructivist*),

amplamente utilizado para identificar, selecionar e analisar estudos publicados relacionados ao tema de pesquisa (ENSSLIN *et al.*, 2010). Desenvolvido no Laboratório de Metodologias Multicritério em Apoio à Decisão (LabMCDA) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) (ENSSLIN; ENSSLIN; PACHECO, 2012), o *ProKnow-C* consolidou-se como uma ferramenta essencial para a construção do conhecimento em diversas áreas de pesquisa (AFONSO *et al.*, 2011).

A metodologia *Proknow-C* basicamente se subdivide em 4 etapas metodológicas: (I) seleção do portfólio bibliográfico; (II) análise bibliométrica do portfólio bibliográfico; (III) análise sistêmica do portfólio bibliográfico e (IV) elaboração dos objetivos de pesquisa (REINA *et al.*, 2014).

A seleção do portfólio bibliográfico, consiste em uma sequência de procedimentos que se iniciam com a definição das bases de dados e mecanismos de buscas. Em seguida, aplica-se um conjunto de critérios para filtrar e selecionar os artigos mais relevantes ao tema de pesquisa (ENSSLIN *et al.*, 2010). Segundo os autores Afonso e outros (2011), é fundamental verificar a adequação das palavras-chave escolhidas, recomendando-se a leitura de, pelo menos, dois artigos preliminares para validar essa seleção.

A análise bibliométrica permite gerar indicadores quantitativos sobre o portfólio bibliográfico selecionado, evidenciando características como frequência de publicação, impacto de autores e relevância das fontes (ENSSLIN *et al.*, 2010).

Para a análise sistemática dos dados, é recomendado o uso de *softwares* especializados na gestão da bibliografia. Ferramentas como o pacote R, popular em análise bibliométrica e cientométrica, oferecem recursos avançados de visualização e estatística. O *software RStudio®*, por exemplo, combina algoritmos eficientes e visualizações integradas, sendo uma opção acessível e compatível com múltiplos sistemas operacionais (JALAL, 2019).

Após as análises bibliométricas e sistêmicas, o pesquisador busca identificar lacunas no conhecimento sobre o tema estudado. Essa etapa é essencial para definir e formular os objetivos da pesquisa (ENSSLIN *et al.*, 2010).

A escolha do método *ProKnow-C* justifica-se pela sua simplicidade e sistematização, tornando-o uma ferramenta eficaz para a construção do conhecimento científico e para organização de artigos relevantes (TASCA *et al.*, 2010; AFONSO *et al.*, 2011). Além disso, ele auxilia na criação de um portfólio bibliográfico estruturado, facilitando o acesso a informações essenciais para o tema de estudo (GIACOMIM; GOMES; SERVARE JÚNIOR, 2021).

De acordo com Vilela (2012), o método foi especialmente desenvolvido para identificar e analisar artigos de alto impacto e relevância científica, com ênfase em áreas como gestão do conhecimento e avaliação de desempenho. Sua abordagem combina análise bibliométrica com as preferências do pesquisador, garantindo que os estudos selecionados estejam alinhados aos objetivos da pesquisa.

Apesar da ampla aplicação do método *ProKnow-C* em áreas como gestão do conhecimento e avaliação de desempenho, sua utilização no domínio da “biocorrosão” ainda é incipiente. Neste contexto, objetivou-se avaliar a aplicação do *ProKnow-C*, aliado a *softwares*, para mapear sistematicamente a produção científica sobre “biocorrosão” entre 2020 e 2024. A principal contribuição reside na identificação de lacunas e tendências específicas do campo, oferecendo subsídios para futuras pesquisas e decisões estratégicas. Observam-se lacunas como a escassez de estudos multidisciplinares, a baixa aplicação de técnicas avançadas e modelos preditivos, a concentração geográfica da produção científica, e a limitada conexão entre pesquisa acadêmica e a prática industrial. Essas ausências revelam oportunidades relevantes para aprofundamento e inovação na área da biocorrosão. A aplicação do método visa tornar o processo de seleção do portfólio

bibliográfico mais rigoroso, estruturado e de alta qualidade.

Os critérios de inclusão e exclusão à pesquisa são apontados por Vergara (2011), sendo determinados pelo(s) autor(es) com base em julgamento, conveniência, tipicidade e fácil acessibilidade aos elementos de pesquisa.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo adotou uma abordagem quantitativa e exploratória (CRESWELL, 2010), utilizando a bibliometria para mapear a produção científica (ARAÚJO, 2006; COBO *et al.*, 2011). Para tal, foi aplicado o método *Proknow-C* (ENSSLIN *et al.*, 2010).

2.1. ETAPA (I): SELEÇÃO DO PORTFÓLIO BIBLIOGRÁFICO

Foram definidas as palavras-chave relacionadas ao tema de pesquisa. Em seguida, foi realizada em 01 de dezembro de 2024 a busca por artigos científicos disponibilizados nas bases de dados selecionadas: *Scopus* (Elsevier) e a *Web of Science* - Coleção Principal (Clarivate Analytics). A escolha dessas bases de dados fundamenta-se no fato de serem fontes reconhecidas de resumos, citações de literatura científica e informações acadêmicas (FERENHOF *et al.*, 2014).

Para a seleção dos artigos, foi implementado um processo de filtragem baseado em critérios de inclusão e exclusão (VERGARA, 2011). Os critérios de inclusão estabelecidos buscaram compor um portfólio relevante e conciso, considerando documentos do tipo “artigo científico”, redigidos em “inglês”, e publicados em revistas cujo título ou resumo (*abstract*) incluísse as seguintes palavras-chave:

“*Biocorrosion*” (Biocorrosão¹); “*Bacterial Corrosion*” (Corrosão Bacteriana²); “*Microbiologically Influenced Corrosion*” (Corrosão Influenciada por Microorganismos³); “*Sulfate-Reducing Bacteria*” (Bactéria Redutora de Sulfato⁴); “*Biofilms*” (Biofilmes⁵) e “*Biofouling*” (Bioincrustação⁶), associados pelos operadores booleanos “OR” e “AND”.

Como critério de exclusão, foram considerados artigos científicos em idioma inglês publicados em revistas com o fator de impacto (FI) $\leq 3,13$. Os termos selecionados foram escolhidos por sua abrangência no campo de estudo, conforme indicado por Chen e Xiao (2016). A pesquisa limitou-se ao período de publicação entre 2020 a 2024 (últimos 5 anos).

2.2. ETAPA (II): ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DO PORTFÓLIO BIBLIOGRÁFICO

Para a determinação dos dados, foi utilizada a técnica de Análise de Conteúdo proposta por Bardin (2011), Tobar e Yalour (2004), que permitiu a criação de categorias e subcategorias analíticas usando a combinação das palavras-chave definidas na etapa 1 e que serviram como base para toda a análise e discussão dos resultados (Quadro 1).

Quadro 1: Categoria e subcategorias definidas de acordo com a relevância científica almejada

CATEGORIA	SUBCATEGORIA
“ <i>Biocorrosion</i> ” or “ <i>Bacterial Corrosion</i> ” or “ <i>Microbiologically Influenced Corrosion</i> ” and “ <i>Sulfate-Reducing Bacteria</i> ” and “ <i>Biofilms</i> ” or “ <i>Biofouling</i> ”	• Palavra-chave mais relevante; • Publicações por ano; • Principais revistas e suas citações; • País de origem; • Autores mais produtivos.

Fonte: autoria própria (2024).

2.3 ETAPA (III): ANÁLISE SISTÊMICA DO PORTIFÓLIO BIBLIOGRÁFICO

Para a análise sistêmica, os dados foram exportados das bases *Scopus* e a da *Web of Science* em formato *.bibtex. Em seguida, utilizando comandos específicos, esses dados foram processados no *software RStudio®* (RSTUDIO TEAM, 2023), que descartou os documentos duplicados, fazendo restar um total de 1.360 artigos científicos.

A análise dos resultados foi conduzida com o auxílio do *Biblioshiny*, uma interface gráfica da biblioteca Bibliometrix, integrada ao *RStudio®*. Essa ferramenta, desenvolvida por Aria e Cuccurullo (2017), é um recurso de código aberto na linguagem estatística “R”, projetada para simplificar análises bibliométricas e permitir a exploração eficiente da literatura científica.

Para a elaboração do portfólio bibliográfico, os artigos passaram por uma triagem inicial baseada na leitura dos títulos, seguida pela análise detalhada dos resumos,

¹ Comportamento microbiano que contribui na formação dos biofilmes que modifica a interface metal/solução, influenciando na cinética da corrosão (BEECH; GAYLARDE, 1999; BEECH, 2004).

² Biocorrosão causada por bactérias (BEECH; SUNNER, 2007).

³ Quando induzida ou acelerada por microrganismos (LE BORGNE *et al.*, 2007).

⁴ São anaeróbicas restritas, quimiolitotróficas, podendo ser flageladas (planctônicas) ou em sua maioria, sésseis (formadoras de biofilme), com participação em $\approx 50\%$ dos casos severos de biocorrosão (SCOTTO; MOLLICA, 2000; BEECH; SUNNER, 2007).

⁵ São ecossistemas extremamente complexos, espessos, gelatinosos e altamente hidratados (composto por 95% de água), contendo Substâncias Poliméricas Extracelulares (SPE) e exopolissacarídeos (VIERA *et al.*, 1999).

⁶ É um fenômeno mais amplo que inclui a colonização de superfícies por organismos diversos, resultando em incrustações que afetam o desempenho de materiais e equipamentos (FLEMMING, 2002).

em conformidade com os critérios previamente definidos nos filtros aplicados. Para organizar os dados extraídos e facilitar sua análise, foram utilizados gráficos e tabelas criados no *Microsoft Excel 2024*, conforme metodologia descrita por Afonso e outros (2011).

2.4 ETAPA (IV): ELABORAÇÃO DO OBJETIVO DE PESQUISA

Com base nos resultados obtidos, foi realizada a discussão dos dados em atendimento aos objetivos que motivaram a elaboração da pesquisa (ENSSLIN *et al.*, 2010).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

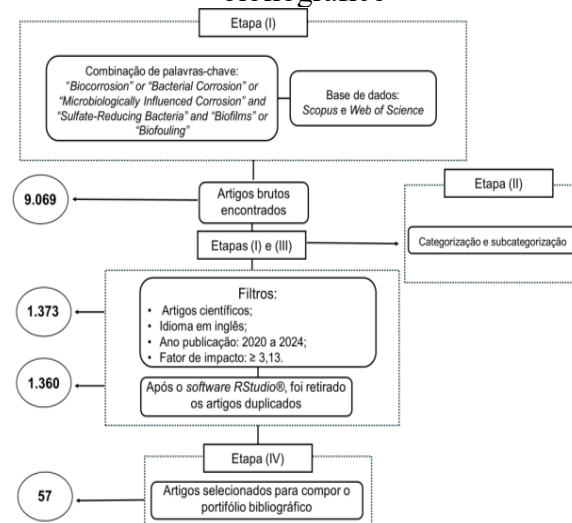
A pesquisa realizada em 1º de dezembro de 2024, nas bases de dados *Scopus* e *Web of Science*, identificou inicialmente 296 e 8.773 artigos brutos, respectivamente, utilizando a combinação das palavras-chave: “*Biocorrosion*” or “*Bacterial Corrosion*” or “*Microbiologically Influenced Corrosion*” and “*Sulfate-Reducing Bacteria*” and “*Biofilms*” or “*Biofouling*”. Após a aplicação de filtros específicos, o número total foi reduzido para 1.373 artigos, sendo 29 (2,08%) na *Scopus* e 1.344 (97,92%) na *Web of Science*.

O processamento dos dados no *software RStudio®* permitiu a exclusão de 13 duplicatas, consolidando um total de 1.360 artigos. No entanto, após a triagem dos títulos e resumos, apenas 57 artigos foram selecionados para compor o portfólio bibliográfico final, devido à limitada abrangência dos conteúdos encontrados em relação à pesquisa.

Os resultados evidenciam a predominância de publicações na *Web of Science* em comparação à *Scopus*, atribuída à maior abrangência e aos critérios de indexação das bases. Ademais, a análise ressalta a relevância de ferramentas automatizadas, como o *RStudio®*, no

refinamento e tratamento de dados, proporcionando maior precisão na definição do *corpus* de pesquisa. O esquema geral do processo de seleção do portfólio bibliográfico utilizando o *ProKnow-C* está representado na Figura 1, que ilustra as etapas desde a busca inicial até a composição do portfólio final.

Figura 1: Resultados da aplicação do ProKnow-C para seleção do portfólio bibliográfico



Fonte: adaptado de Viegas e outros (2016).

3.1 SUBCATEGORIA: PALAVRA-CHAVE MAIS RELEVANTE

A análise das 1.360 publicações revelou que apenas 35 delas continham a palavra “*Biocorrosion*”. No entanto, não foram encontradas publicações que mencionassem explicitamente os termos “*Bacterial Corrosion*” e “*Microbiologically Influenced Corrosion*”. Em relação aos termos “*Biofilms*” e “*Biofouling*”, que embora estejam relacionados, não são sinônimos, foram identificadas 27 e 315 publicações respectivamente.

Os resultados apresentados na Tabela 1, destacam as 10 palavras-chave mais relevantes identificadas na pesquisa. O termo “*biofouling*” foi o mais citado, com 315 ocorrências, evidenciando sua predominância sobre outros temas relacionados à

biocorrosão. Essa preferência reflete a relevância da bioincrustação como uma das principais preocupações atuais, devido ao impacto financeiro significativo na economia global diante da deterioração das estruturas submersas das indústrias marítimas (LUOMA *et al.*, 2022), além da perda de eficiência na navegação marinha e seus impactos ambientais (GITTENBERGER *et al.*, 2011). Além disso, a Tabela 1 não apenas apresenta a quantidade de artigos que utilizam determinadas palavras-chave (por autor), mas também inclui as palavras-chave adicionais. Entre estas, "performance" é a mais comum, aparecendo em 106 artigos e relacionada à durabilidade das estruturas metálicas.

Tabela 1: Palavras-chaves mais relevantes

	Palavras-chave por autor	Artigos	Palavras-chave adicionais	Artigos
1	BIOFOULING	315	PERFORMANCE	106
2	BIOFILM	90	ADHESION	78
3	ANTIFOULING	87	WATER	75
4	ANTI-BIOFOULING	45	COATINGS	72
5	BIOCORROSION	35	BEHAVIOR	70
6	BACTERIA	28	NANOPARTICLES	70
7	MARINE BIOFOULING	28	BACTERIA	67
8	BIOFILMS	27	SURFACES	66
9	CORROSION	27	SURFACE	65
10	MEMBRANE	27	MARINE	62

Fonte: autoria própria (2024).

A análise de palavras-chave revela temas centrais e recorrentes que indicam as principais preocupações e avanços de um campo de estudo. Termos como "biofouling", "biofilm" e "antifouling" destacam-se frequentemente, refletindo a relevância de tópicos como o impacto da corrosão, o comportamento de superfícies e a busca por soluções inovadoras para problemas industriais e ambientais, como apresentado na nuvem de palavras mais relevantes (figura do Graphical Abstract. gerada pelo Biblioshiny (biblioteca Bibliometrix usada no RStudio®).

3.2 SUBCATEGORIA: PUBLICAÇÕES POR ANO

Os resultados indicaram uma tendência de crescimento nas publicações indexadas na base de dados utilizando a combinação das palavras-chave selecionadas, com destaque para o ano de 2023, onde houve um aumento significativo de publicações. O número de artigos publicados nos últimos cinco anos passou de 245 para 303, representando um crescimento de 23,6%.

Por outro lado, observa-se uma redução na quantidade de publicações de 2023 para 2024, de 303 para 253, o que equivale um déficit de 16,5%. Esse declínio ressalta a importância de incentivar a produção de artigos científicos relevantes, de forma a manter o avanço contínuo no campo de estudo.

3.3 SUBCATEGORIA: PRINCIPAIS REVISTAS E SUAS CITAÇÕES

As principais revistas científicas no contexto do estudo, evidenciando a influência delas com base no número de citações foram "Advanced Materials", "Membranes", "Frontiers in Marine Science" e "Langmuir" são líderes em impacto com 530, 447, 430 e 384 citações respectivamente, sugerindo serem referências importantes na área analisada. Essas fontes desempenham um papel essencial na disseminação de conhecimento, enquanto as demais oferecem suporte complementar em tópicos específicos.

Com base no estudo, cada artigo científico publicado contém uma quantidade específica de citações, totalizando em 1.424.

Quanto a análise dos 1.360 artigos científicos selecionados, a publicação com o maior número de citações, foi o trabalho intitulado de: *Silicone-Based Fouling-Release Coatings for Marine Antifouling*, publicado em março de 2020 pela Revista

Langmuir (252 citações) publicado pelos autores Hu e outros (2020).

Os autores abordam os impactos da bioincrustação marinha, como corrosão e bloqueio de tubulações, e propõe revestimentos de liberação de incrustação (FRCs) como solução eficaz e sem biocidas. Apesar disso, destaca limitações dos FRCs tradicionais à base de silicone e revisa avanços no desenvolvimento de superfícies mais resistentes e eficientes.

3.4 SUBCATEGORIA: PAÍS DE ORIGEM

Por meio da análise bibliométrica foi possível notar que houve contribuições significativas feitas por vários países e suas respectivas instituições nos últimos 5 anos. Sendo os principais a China, Estados Unidos, Reino Unido e a Alemanha, conforme é apontado na Tabela 3.

A China lidera em publicações sobre “biocorrosão”, com 213 artigos, reflexo de sua relevância no comércio marítimo global, especialmente pelo porto de Xangai, o maior do mundo. A corrosão custa globalmente mais de 3% do PIB, ou cerca de US\$ 2 trilhões, sendo que com técnicas de controle de corrosão poderiam economizar até 25% desse valor (HAYS, 2015). Na China, em 2014, os custos com corrosão atingiram 2,127 bilhões de Renminbi (RMB), ou 3,34% do PIB, destacando gastos em áreas portuárias com manutenção (HOU, 2017).

Tabela 3: Países do autor correspondente

N.º	PAÍSES	FREQUÊNCIA	SCP*	MCP*
1	China	213	0.1573	173
2	Estados Unidos	197	0.1455	149
3	Reino Unido	81	0.0598	34
4	Alemanha	67	0.0495	42
5	França	54	0.0399	37
6	Coréia	47	0.0347	33
7	Portugal	43	0.0318	31
8	Itália	35	0.0258	23
9	Holanda	33	0.0244	13
10	Canadá	31	0.0229	16

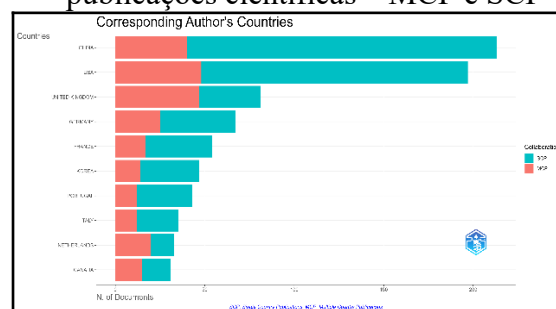
*Publicações internas

**Colaborações internacionais.

Fonte: autoria própria (2024).

A Figura 2 mostra os países mais relevantes em publicações científicas, destacando a China e os EUA como líderes em quantidade. A China domina em publicações internas (SCP), enquanto os EUA equilibram produções internas e colaborações internacionais (MCP). Países europeus, como Reino Unido, Alemanha e França, apresentam alta participação em colaborações globais. Portugal, Itália, Países Baixos e Canadá possuem menor volume, mas com equilíbrio entre publicações internas e internacionais, o que evidencia a força da colaboração internacional no avanço da ciência, especialmente em países ocidentais.

Figura 2: Países mais relevantes em publicações científicas – MCP e SCP



Fonte: Gerado pelo *Biblioshiny* (biblioteca *Bibliometrix* usada no *RStudio*®).

Na Tabela 4, é possível identificar que a China ainda lidera em citações totais com 2.915 e média por artigo de 13,69, seguida pelos EUA com 2.241 e média de 11,38, enquanto os Países Baixos se destacam pela maior média de citações por artigo de 18,21, indicando alta qualidade de suas publicações. Alemanha e Índia também apresentam impacto significativo, com médias de 12,58 e 15,00, respectivamente. Outros países, como Reino Unido, França, Portugal e Canadá, contribuem de forma consistente, mas com menor visibilidade global. Esses dados ressaltam a dominância de algumas nações e a necessidade de ampliar o impacto de pesquisas em outros contextos.

País	Média total de	Citações por artigos
------	-------------------	-------------------------

China	2915	13.69
EUA	2241	11.38
Alemanha	843	12.58
Reino Unido	769	9.49
Holanda	601	18.21
Coréia	473	10.06
França	429	7.94
Portugal	420	9.77
Índia	390	15.00
Canadá	369	11.90

3.5 SUBCATEGORIA: AUTORES MAIS PRODUTIVOS

Entre os principais autores, o chinês Zhang Y. é o que possui a melhor representatividade na produção científica (Figura 3), no período em estudo, publicando 23 artigos científicos. Os dados revelam uma forte concentração de autores asiáticos, especialmente chineses, no topo da lista de produtividade, refletindo o protagonismo da região em biocorrosão. O uso da métrica fracionalizada equilibra a avaliação, destacando autores que, embora colaborem em múltiplos projetos, podem não ser os principais responsáveis pelas publicações. Isso reforça a importância de reconhecer tanto a quantidade quanto a qualidade da contribuição individual na pesquisa científica.

Authors	N. of Publications
ZHANG Y	22
LI Y	21
WANG Y	17
ZHANG J	17
VASCONCELOS V	16
WANG X	16
ZHANG Z	16
WANG J	15
WANG	14
LEE J	12

Fonte: Gerado pelo *Biblioshiny* (biblioteca *Bibliometrix* usada no *RStudio*®).

Na Figura 4, apresenta uma visualização global das colaborações entre países, utilizando diferentes tonalidades de azul para indicar a intensidade dessas parcerias. Países em azul mais escuro, como Estados Unidos, China e algumas nações da Europa Ocidental, destacam-se como *hubs* centrais de colaboração, conectados por várias linhas que simbolizam trocas ou parcerias. Regiões como América do Sul, Ásia e Oceania também estão representadas, demonstrando um alcance global dessas interações.

A world map titled "Country Collaboration Map" showing international research collaborations. The map uses a color scale from light blue to dark blue to represent the density of collaborations. Darker blue areas indicate higher collaboration density. Red lines connect various countries across the globe, representing specific collaborative research efforts. The map shows a high concentration of collaborations in North America, Europe, and East Asia, with lines extending to other regions like South America, Africa, and Australia. A small logo is visible in the bottom right corner of the map area.

Fonte: Gerado pelo *Biblioshiny* (biblioteca *Bibliometrix* usada no *RStudio*®).

4 CONCLUSÃO & PERSPECTIVAS

A análise bibliométrica realizada por meio do *ProKnow-C* permitiu identificar tendências e lacunas relevantes na literatura sobre biocorrosão, atendendo ao objetivo de mapear o estado da arte e avaliar a consistência do *corpus* científico disponível. A predominância de publicações na *Web of Science* confirma sua relevância como base de dados, enquanto o número reduzido de artigos no portfólio final evidencia a necessidade de ampliar o escopo e a profundidade das pesquisas na área. A concentração de estudos em termos específicos como “*Biofouling*”, em detrimento de descritores mais específicos como “*Bacterial Corrosion*” e “*Microbiologically Influenced Corrosion*”, revela oportunidades de investigação em campos ainda incipientes, mas de grande relevância prática e industrial. O crescimento no número de publicações nos últimos anos reflete o aumento do interesse pelo tema,

embora a redução observada em 2024 indique desafios na continuidade desse avanço. A liderança da China em publicações e citações, acompanhada pelo impacto médio elevado de países como Estados Unidos e Países Baixos, ressalta a importância de investimentos estratégicos em pesquisa e inovação para manter a competitividade global.

Para fortalecer futuras análises e fomentar o avanço científico, recomenda-se a expansão iterativa dos descritores validados, incorporando termos técnicos emergentes e variantes linguísticas. Além disso, sugere-se a inclusão de outras bases de dados relevantes, como *IEEE Xplore* e *Science Direct*, para enriquecer o *corpus* bibliográfico. A continuidade metodológica deve também considerar o uso integrado de ferramentas automatizadas como o *RStudio®* e o *ProKnow-C*, visando maior precisão, reprodutibilidade e eficiência na seleção e análise da literatura acadêmica.

REFERÊNCIAS

- AFONSO, M. H. F.; SOUZA de, J. V.; ENSSLIN, S. R.; ENSSLIN, L. Como construir conhecimento sobre o tema de pesquisa? Aplicação do processo *ProKnow-C* na busca de literatura sobre avaliação do desenvolvimento sustentável. **Revista de Gestão Social e Ambiental - RGSA**, v.5, n. 2, p. 47-62, 2011.
- 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.
- BARDIN, L. Categorização. In: BARDIN, L. (Org.). **Análise de Conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011. p.145-169.
- BEECH, I. B. Corrosion of technical materials in the presence of biofilms-current understanding and state-of-the art methods of study. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 53, p. 177-183, 2004.
- BEECH, I. B.; GAYLARDE, C. C. Recent Advances in the Study of Biocorrosion: An Overview. **Revista de Microbiologia**, v.30, p.117-190, 1999.
- BEECH, I. B.; SUNNER, J. A. Sulphate-reducing bacteria and their role in corrosion of ferrous materials. In: BARTON, L. L.; HAMILTON, W. A. (Eds.). **Sulphate-reducing Bacteria: Environmental and engineered systems**. New York: Cambridge, 2007. p.459-482.
- CHEN, G.; XIAO, L. Selecting publication keywords for domain analysis in bibliometrics: A comparison of three methods. **Journal of Informetrics**, v. 10, n. 1, p. 212-223, 2016.
- COBO, M. J.; LÓPEZ-HERRERA, A. G.; HERRERA-VIDEIRA, E.; HERRERA, F. Science mapping software tools: Review, analysis, and cooperative study among tools. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**. v.67, n.7, p.1382-1402, 2011.
- CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. Porto Alegre: Artmed, 2010.
- ECHER, I. C. A revisão de literatura na construção do trabalho científico. **Revista gaúcha de Enfermagem**, v. 22, n. 2, p. 5-20, 2001.
- ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R.; LACERDA, R. T. O.; TASCA, J. E. **Processo de Seleção de Portfólio Bibliográfico**. Processo técnico com patente de registro pendente junto ao INPI. Brasil, 2010.
- ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R.; PACHECO, G. C. Um Estudo Sobre Segurança em Estádios de Futebol Baseado na Análise da

- Literatura Internacional. **Perspectivas em Ciências da Informação**, v. 17, n. 2, p. 71-91, 2012.
- FERENHOF, H. A.; VIGNOCHI, L.; SELIG, P. M.; LEZANA, A. G. R.; CAMPOS, L. M. S. Environmental management systems in small and medium-sized enterprises: an analysis and systematic review. **Journal of Cleaner Production**, v. 74, p. 44-53, 2014.
- FLEMMING, H. Biofouling in water systems – cases, causes and countermeasures. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 59, n. 6, p. 629-640, 2002.
- GIACOMIN, C.; GOMES, T. C.; SERVARE JUNIOR, M. W. J. Controle de estoques como diferencial estratégico: uma análise bibliométrica por meio do Proknow-C. **Brazilian Journal of Production Engineering**, v. 7, n. 3, p. 41-55, 2021.
- GITTENBERGER, A.; RENSING, D.; DEKKER, J.; FREIJSER, J. **Risk analysis of hull fouling on small to medium sized boats as an import vector of exotic species in the Wadden Sea**. [S. l.]: Ministry of Economic Affairs, Agriculture, and Innovation. 2011.
- HAMILTON, W. A. Sulphate-reducing bacteria and anaerobic corrosion. **Annual Review Microbiology**, v. 39, p. 195-969, 1985.
- HAYS, G. F. Now is the Time. **World Corrosion Organization**, p.1 , 2015.
- HOU, B.; LI, X.; MA, X.; DU, C.; ZHANG, D.; ZHENG, M.; XU, W.; LU, D.; MA, F. The cost of corrosion in China. **Npj Materials Degradation**, v. 1, n. 1, p. 1-5, 2017.
- HU, P.; XIE, Q.; MA, C.; ZHANG, G. Silicone-Based Fouling-Release Coatings for Marine Antifouling. **Langmuir**, v. 36, p. 2170–2183, 2020.
- JALAL, S. K. Co-authorship and co-occurrences analysis using Bibliometrix R-package: a casestudy of India and Bangladesh. **Annals of Library and Information Studies (ALIS)**, v. 66, n. 2, p. 57-64, 2019.
- LE BORGNE, S.; ROMERO, J. M.; VIDELA, H. A.; GONZALEZ, J. M.; SAIZ-JIMENEZ, C. Pratical cases of the use of molecular techniques to characterize microbial deterioration of metallic structures in industry. **Corrosion 2007, Anais...** Houston: NACE International, 2007. p. 7523.
- LUOMA, E.; LAURILA-PANT, M.; ALTARRIBA, E.; NEVALAINEN, L.; HELLE, I.; GRANHAG, L.; LEHTINIEMI, M. J.; SRÉBALIENÈ, G.; OLENIN, S.; LEHIKONEN, A. A multi-criteria decision analysis model for ship biofouling management in the Baltic Sea. **Science of The Total Environment**, v. 852, 2022.
- MACEDO, N. D. DE. **Iniciação à pesquisa bibliográfica: guia do estudante para fundamentação do trabalho de pesquisa**. 2ª ed. São Paulo: Loyola, 1994.
- REINA, D. R. M.; ENSSLIN, S. R.; ENSSLIN, L.; REINA, D. Seleção e análise do perfil da produção científica sobre o tema seleção de projetos. **REGE**, v. 21, n. 1, p. 3-25, 2014.
- RSTUDIO TEAM. **RStudio 2023.09.1+494: Integrated Development Environment for R**. Boston: RStudio, PBC, 2023. Disponível em: <https://posit.co/downloads/>. Acesso em: 1 dezembro. 2024.
- SANTOS, DOS A. I.; SCHENATTO, F. J. A.; OLIVEIRA, G. A. Metodologia PROKNOW-C para construir o conhecimento acerca de previsão de demanda utilizando séries temporais. In: VII Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, **Anais...** Ponta Grossa, Paraná, Brasil, 2017, 11p.

TASCA, J. E.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R.; ALVES, M. B. M. An approach for selecting a theoretical framework for the evaluation of training programs. **Journal of European Industrial Training**, v. 34, p. 631-655, 2010.

TOBAR, F.; YALOUR, M. R. **Como fazer teses em saúde pública: conselhos e ideias para formular projetos e redigir teses e informes de pesquisas**. Rio de Janeiro Fiocruz, 2004. 172p.

VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2011. 94p.

VIEGAS, C. V.; BOND, A. J.; VAZ, C. R.; BORCHARDT, M.; PEREIRA, G. M.; SELIG, P. M.; VARVAKIS, G. Critical attributes of Sustainability in Higher

Education: a categorisation from literature review. **Journal of Cleaner Production**, v.126, p.260-276, 2016.

VIERA, M. R.; GUIAMET, P. S.; DE MELE, M. F. L.; VIDELA, H. A. Use of dissolved ozone for controlling planktonic and sessile bacteria in industrial cooling systems. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 44, p. 201-207, 1999.

VILELA, L. O. Aplicação do ProKnow-C para seleção de um portfólio bibliográfico e análise bibliométrica sobre avaliação de desempenho da gestão do conhecimento. **Revista Gestão Industrial**, v. 8, n. 1, p. 76-92, 2012.