

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E
ENGENHARIA DE MATERIAIS

ELABORAÇÃO E ANÁLISE DE INDICADORES BIBLIOMÉTRICOS DE
PUBLICAÇÕES NA ÁREA DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA DE MATERIAIS

Humberto Dias de Almeida Filho

São Carlos-SP

2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E
ENGENHARIA DE MATERIAIS

ELABORAÇÃO E ANÁLISE DE INDICADORES BIBLIOMÉTRICOS DE
PUBLICAÇÕES NA ÁREA DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA DE MATERIAIS

Humberto Dias de Almeida Filho

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em Ciência e
Engenharia de Materiais como requisito
parcial à obtenção de título de MESTRE EM
CIÊNCIA E ENGENHARIA DE MATERIAIS

Orientador: Dr. Daniel Rodrigo Leiva

Coorientadora: Dr.^a Maria Angélica do Carmo Zanotto

Agência Financiadora: CNPq – Processo: 143364/2019-7

São Carlos-SP

2021

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha avó Afrodite Souza Teixeira, um verdadeiro significado para a palavra amor.

VITAE DO CANDIDATO

Bacharel em Engenharia de Materiais pela Universidade Federal da Paraíba
(2019)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais

Folha de Aprovação

Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato Humberto Dias de Almeida Filho, realizada em 08/11/2021.

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Daniel Rodrigo Leiva (UFSCar)

Prof. Dr. Conrado Ramos Moreira Afonso (UFSCar)

Profa. Dra. Sheila Alves Bezerra da Costa Rêgo (UFPB)

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

O Relatório de Defesa assinado pelos membros da Comissão Julgadora encontra-se arquivado junto ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha avó Afrodite, e aos meus tios, Sérgio e Márcia. Aos meus pais, Mariza e Humberto, e aos meus irmãos, Igor, Izabella e Alexia, pelo suporte, apoio e ensinamentos que me fizeram chegar até aqui.

Agradeço ao professor Leandro, por toda disponibilidade, ensinamentos e trocas de ideias proporcionadas pelos encontros. Com certeza o senhor é responsável por elevar o meu nível conhecimento a respeito da pesquisa bibliométrica de um modo geral.

Agradeço ao meu orientador e coorientadora, Daniel e Maria Angélica, mais que por aceitarem me orientar, mas todo acolhimento, suporte e por acreditarem em mim. Cada encontro e troca de ideias, proporcionou incontáveis oportunidades para melhorias necessárias em minha formação profissional e acadêmica.

Agradeço a todos colegas do NIT e do DEMa, em especial a nosso grupo de pesquisa na Educação em Engenharia de Materiais, cujas discussões engrandeceram bastante o meu olhar e proporcionaram evolução da minha pesquisa.

Agradeço a minhas amigas Camila e Geovana, que me acompanham desde minha graduação e me receberam de braços abertos em São Carlos. Tenho orgulho de cada conquista de vocês.

Agradeço aos amigos que fiz no mestrado, Mariana, Arquimínio e André. Obrigado pelo apoio, estudos, cafés e desabafos.

Agradeço ao coletivo Batalha da Alcateia, onde encontrei meu espaço em São Carlos e conheci grandes amigos. Obrigado Alice, Edgar e Stevan.

Agradeço a todos que de alguma forma ou de outra fizeram parte deste processo de formação que continuarei sempre vivendo.

Agradeço à CNPq pela concessão da bolsa de estudos sob processo de número143364/2019-7.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

RESUMO

A Engenharia está diretamente relacionada com o desenvolvimento industrial e socioeconômico de cada país e região em que está inserida, sendo uma área central em seu desenvolvimento. Indispensável aos dias atuais, o profissional de engenharia, cujo reflexo de seu trabalho implica diretamente em mudanças na sociedade, deve apresentar um perfil generalista, crítico, humanista e reflexivo. Com a demanda de novas habilidades aos novos profissionais, tais como: liderança, empreendedorismo e inovação, esforços estão sendo feitos em todo mundo na tentativa de modernizar os currículos de engenharia, aumentando assim a importância do campo da pesquisa em educação em engenharia, incluindo a especialidade de engenharia de materiais. Este trabalho se propõe a realizar uma análise de dados a partir de aplicação de técnicas bibliométricas, em registros recuperados na plataforma “Web of Science”. A pesquisa na base de dados foi direcionada a área, de “Educação em Engenharia de Materiais” e posteriormente ao tratamento dos dados coletados, foram feitos a identificação dos principais países, possíveis grupos de pesquisa, instituições, assim como possíveis tendências relacionadas ao tema. Após a análise dos dados foi possível constatar a hegemonia dos EUA nas pesquisas em educação em engenharia de materiais através do número de publicações, principais instituições e autores. O Brasil, por sua vez, se encontra na 4ª posição em número geral de publicações, sendo responsável por 4,5% das publicações totais. Vale ressaltar também a presença de uma pesquisadora brasileira como principal autora para o tema. Políticas públicas implantadas recentemente podem atuar de maneira positiva para um maior crescimento do Brasil em tal cenário.

Palavras-chave: Educação em materiais; Engenharia de materiais; Indicadores bibliométricos; Bibliometria.

ABSTRACT

ELABORATION AND ANALYSIS OF BIBLIOMETRIC INDICATORS OF PUBLICATIONS IN MATERIALS EDUCATION AREA

Engineering is directly related to the industrial and socioeconomic development of each country and region in which it operates, being a central area in its development. Indispensable to the present day, the engineering professional, whose reflection of his work directly implies changes in society must present a generalist, critical, humanistic and reflective profile. With the demand for new skills from new professionals, such as: leadership, entrepreneurship and innovation, efforts are being made worldwide in an attempt to modernize engineering curricula, thus increasing the importance of the field of research in engineering education, including materials engineering education. This work proposed to carry out an analysis of data from the application of bibliometric techniques, in records retrieved in the “*Web of Science*” platform. The search in the database was directed to the area “Education in Materials Engineering” and, after processing the data collected, the identification of the main countries; possible research groups, institutions, as well as possible trends related to the theme were made. After analyzing the data, it was possible to verify the US hegemony in research in education in materials engineering through the number of publications, main institutions and authors. Brazil, in turn, is in 4th position in overall number of publications, accounting for 4.5% of total publications. It is also worth mentioning the presence of a Brazilian researcher as the main author on the topic. Recently implemented public policies can act positively for greater growth in Brazil in such a scenario.

Key-words: Materials education; Materials engineering; Bibliometric indicators; Bibliometrics.

PUBLICAÇÕES

DIAS, HUMBERTO; SALGADO LOPES, MARIANA; RODRIGO LEIVA, DANIEL; ANGELICA DO CARMO ZANOTTO, MARIA; INNOCENTINI LOPES DE FARIA, LEANDRO. Estudo Bibliométrico sobre Educação em Engenharia de Materiais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 2021. ANAIS do XLIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 2021.

SALGADO LOPES, MARIANA; DIAS, HUMBERTO; RODRIGO LEIVA, DANIEL. Indicadores bibliométricos sobre o ensino por competências na educação em engenharia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 2021. ANAIS do XLIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 2021

LOPES, M. S.; ALMEIDA FILHO, H. D.; LEIVA, D. R. Indicadores bibliométricos sobre educação em engenharia em diferentes bases de dados. In: XLVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 2020, Caxias do Sul, RS. Anais {...}. Caxias do Sul, RS: ABENGE, 2020.

ÍNDICE DE ASSUNTOS

| | |
|---------------------------------------------------------------|------|
| FOLHA DE APROVAÇÃO | i |
| AGRADECIMENTOS..... | iii |
| RESUMO..... | v |
| ABSTRACT | vii |
| PUBLICAÇÕES..... | ix |
| ÍNDICE DE ASSUNTOS | xi |
| ÍNDICE DE FIGURAS | xiii |
| ÍNDICE DE QUADROS | xv |
| 1 INTRODUÇÃO | 1 |
| 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 5 |
| 2.1 Bibliometria..... | 5 |
| 2.2 Educação em Engenharia de Materiais..... | 8 |
| 2.3 Engineering Educational Research Taxonomy..... | 12 |
| 3 OBJETIVOS..... | 15 |
| 3.1 Objetivo geral..... | 15 |
| 3.2 Objetivos específicos..... | 15 |
| 4 METODOLOGIA..... | 17 |
| 4.1 Busca dos dados na Web of Science | 17 |
| 4.2 Testes iniciais para obtenção da expressão de busca | 18 |
| 4.3 Processo para obtenção da expressão de busca final | 22 |
| 4.4 Análise dos quadrantes | 26 |
| 4.5 Expressão final de busca | 31 |
| 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 35 |
| 6 CONCLUSÕES | 77 |
| 7 SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS | 79 |
| 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 81 |
| ANEXO A: | 87 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 4.1 - Fluxograma ilustrando as etapas desenvolvidas na pesquisa..... | 18 |
| Figura 4.2 - Representação esquemática das etapas desenvolvidas na obtenção da expressão de busca final, utilizando a estratégia “Building Blocks”. | 23 |
| Figura 5.1 - Número de total publicações sobre Educação em Engenharia de Materiais e contribuição da Journal of Chemical Education (2001-2020)..... | 35 |
| Figura 5.2 - Número de publicações das principais fontes da pesquisa sobre Educação em Engenharia de Materiais para o período de 2001 a 2020..... | 37 |
| Figura 5.3 - Número de total publicações sobre Educação em Engenharia de Materiais e contribuição da demais fontes de publicação excluindo JCE e JME (2001-2020)..... | 39 |
| Figura 5.4 - Número de total publicações sobre Educação em Engenharia de Materiais e contribuição da Journal of Materials Education (2001-2020). | 40 |
| Figura 5.5 - Número de total publicações sobre Educação em Engenharia de Materiais e contribuição da Journal of Materials Education (2001-2020). | 42 |
| Figura 5.6 - Número de publicações por país de origem, sobre Educação em Engenharia de Materiais para o período de 2001 a 2020. | 44 |
| Figura 5.7 - Rede de colaboração entre os principais países sobre Educação em Engenharia de Materiais /ano das publicações. | 46 |
| Figura 5.8 - Número de publicações por IES sobre Educação em Engenharia de Materiais para o período de 2001 a 2020..... | 48 |
| Figura 5.9 - Número de publicações por Área de Conhecimento WoS sobre Educação em Engenharia de Materiais para o período de 2001 a 2020..... | 52 |
| Figura 5.10 - Número de publicações por palavras-chave de maior ocorrência sobre Educação em Engenharia de Materiais para o período de 2001 a 2020..... | 55 |
| Figura 5.11 - Rede de colaboração entre as palavras-chave sobre Educação em Engenharia de Materiais. | 59 |
| Figura 5.12 - Palavras-chave de maior ocorrência após aplicação do tesouro desenvolvido a partir da EER Taxonomy | 61 |

Figura 5.13 - Rede de colaboração entre os principais autores sobre Educação em Engenharia de Materiais..... 63

Figura 5.14 - Número de publicações sobre Educação em Engenharia de Materiais indexadas na Web of Science, por autor (2001-2020)..... 65

ÍNDICE DE QUADROS

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Quadro 4.1 - Expressão, filtros e total de resultados retornados na base <i>Web of Science</i> (Core Collection) após processo inicial de tentativas para a obtenção de uma expressão de busca. | 21 |
| Quadro 4.2 - Categorias da <i>Web of Science</i> pertinentes a cada tema e recuperados da própria base de dados. | 23 |
| Quadro 4.3 - Variações da categoria (“material* Science”) recuperados da base de dados <i>Web of Science</i> | 24 |
| Quadro 4.4 - Relevância dos resultados com diferentes rótulos de busca da <i>Web of Science</i> | 25 |
| Quadro 4.5 - Diferentes quadrantes estipulados para testagem dos melhores caminhos para obtenção de uma expressão de busca sobre o tema. | 25 |
| Quadro 4.6 - Resultados do quadrante 2 após testagens dos dados recuperados da WoS. | 27 |
| Quadro 4.7 - Expressão de busca final referente ao quadrante 2. | 28 |
| Quadro 4.8 - Resultados do quadrante 3 após testagens dos dados recuperados da WoS. | 28 |
| Quadro 4.9 - Expressão de busca final referente ao quadrante 3. | 29 |
| Quadro 4.10 - Resultados do quadrante 4 após testagens dos dados recuperados da WoS. | 30 |
| Quadro 4.11 - Expressão de busca do quadrante 4. | 30 |
| Quadro 4.12 - Resultados preliminares da expressão final de busca dos dados recuperados da WoS. | 31 |
| Quadro 4.13 - Expressão de busca do final. | 32 |
| Quadro 5.1 - Oferta nos programas de doutorado em ensino de engenharia ou ciência e engenharia dos materiais nas 5 principais instituições americanas. . | 50 |
| Quadro 5.2 - Número de publicações sobre Educação em Engenharia de Materiais indexadas na <i>Web of Science</i> por instituição (2001-2020). | 51 |

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Quadro 5.3 - Publicações totais na WoS X Publicações na área de pesquisa, elaborada pelo autor a partir de dados coletados na <i>Web of Science</i> , 2021. ... | 68 |
| Quadro 5.4 - Publicações na área de pesquisa X Fontes a partir de dados, elaborada pelo autor a partir de dados coletados na <i>Web of Science</i> , 2021. ... | 69 |
| Quadro 5.5 - Publicações totais na WoS X Publicações na área de pesquisa, elaborada pelo autor a partir de dados coletados na WoS,2021..... | 70 |
| Quadro 5.6 - Trabalhos mais citados desde o ano 2001, elaborada pelo autor a partir de dados coletados na <i>Web of Science</i> , 2021. | 71 |
| Quadro 5.7 - Artigo referente ao periódico Journal of Chemical Education, elaborada pelo autor a partir de dados coletados na <i>Web of Science</i> , 2021. ... | 73 |
| Quadro 5.8 - Artigo referente ao periódico Journal of Materials Education, elaborada pelo autor a partir de dados coletados na <i>Web of Science</i> , 2021. ... | 75 |

1 INTRODUÇÃO

A Engenharia está diretamente conectada ao desenvolvimento industrial e socioeconômico de todos os países e regiões. O engenheiro é o profissional responsável por aplicar os conhecimentos científicos à criação e à modificação de mecanismos, estruturas, produtos e processos. Indispensável aos dias atuais, este profissional, cujo reflexo de seu trabalho implica diretamente em mudanças na sociedade deve apresentar um perfil generalista, crítico, humanista e reflexivo. Outras habilidades estão sendo cada vez mais demandadas aos novos profissionais, como: liderança, empreendedorismo e inovação. Desta forma, surgem esforços ao redor do mundo para modernizar os cursos de engenharia, o que reforça a importância do campo de pesquisa na Educação em Engenharia [1, 2, 3, 4].

Cada vez mais têm ocorrido movimentações nacionais que podem mudar este panorama atual. Uma delas foi a aprovação das novas diretrizes curriculares nacionais para os cursos de engenharia com foco na melhoria do ensino em Engenharia no país, a partir da substituição de uma concepção de formação focada na transmissão de conteúdo, por uma formação voltada à construção de competências; na qual, o aluno passa a ser um agente fundamental no processo de aprendizagem, realizando atividades práticas e ativas, elaboradas em articulação com o setor produtivo de forma a simular o cotidiano da profissão. Desta forma, é possível, tanto atender as demandas futuras por mais e melhores engenheiros, quanto estimular o engajamento dos alunos, diminuindo as elevadas taxas de evasão dos cursos de engenharia [5].

Está em vigência, desde 2019, o “Programa Brasil-Estados Unidos de Modernização da Educação Superior na Graduação (PMG-EUA)”, voltado aos cursos de engenharia e que cujos objetivos principais são incentivar a criatividade, inovação e empreendedorismo aliados à uma forte base teórica; criação de currículos, metodologias de ensino, gestão de cursos que possam ser aplicados à realidade dos cursos superiores brasileiros e a melhoria da educação com adequação às tendências mundiais da Engenharia a partir da criação de redes de colaboração entre o Brasil e os EUA [6].

A educação em engenharia pode ser abordada como uma ciência e seu desenvolvimento é objeto de pesquisas em todo o mundo. O PPGCEM/UFSCar iniciou a linha de pesquisa 'Educação em Engenharia de Materiais' em 2019, para proporcionar a realização de estudos sobre a situação atual e sobre as estratégias para melhora da efetividade da Educação em Engenharia de Materiais no Brasil, visando aprimorar a contribuição dos profissionais formados na área ao setor produtivo e à sociedade, assim como a avaliação da utilização das metodologias ativas de aprendizagem no ensino de Engenharia de Materiais [7].

Os indicadores de ciência e tecnologia são utilizados para análise do impacto de pesquisas científicas. As técnicas bibliométricas são utilizadas para obtenção e análise de diferentes campos, como: identificação das tendências de pesquisa e o crescimento do interesse em diferentes disciplinas; aproximação dos autores e os usuários das diferentes áreas; identificação dos principais periódicos de cada disciplina; medição da usabilidade dos serviços de disseminação seletiva da informação; conhecimento do passado, do presente e das tendências de publicação; desenvolvimento de modelos experimentais correlatos ou similares; formulação de políticas de aquisição baseadas na necessidade com provisão de limites orçamentários; criação de sistemas efetivos de rede de trabalho multinível; regulamentação da entrada de informação e comunicação; na previsão da produtividade de editores, autores individuais, organizações e países; esquematização do processamento de linguagem automática para auto-indexação, autotaxonomia e auto-resumo e; desenho de normas de padronização [8].

Os indicadores científicos e bibliométricos têm atraído progressivamente interesse da comunidade científica. Estão sendo cada vez mais utilizados por agências de financiamento como elemento de suporte na avaliação de produtividade e aos processos de estabelecimento de políticas de fomento, pesquisa e desenvolvimento tecnológico [9,10].

A *Web of Science* (WoS) é uma base de dados multidisciplinar que abrange mais de 12.000 periódicos que traz a possibilidade de fazer uma análise

completa, referente ao número de publicações, ano, autores, idiomas, etc [11,12].

Tendo em vista este contexto, o presente trabalho propõe a elaboração e análise de indicadores da pesquisa científica sobre a Educação em Engenharia de Materiais, presentes na base de dados WoS. Alguns dos dados a serem analisados são: países, instituições e autores mais relevantes, número de publicações por ano, crescimento no número de publicações, produtividade das instituições, assim como, a mapas de rede de colaboração. Através dos indicadores, serão identificados e analisados em detalhe documentos-chave que poderão dar pistas sobre estratégias de modernização para o projeto Movimenta-Materiais.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Bibliometria

Sobre a bibliometria

Entendemos por bibliometria um conjunto de técnicas utilizadas que tem por finalidade a quantificação do processo da comunicação escrita, por meio da utilização desta pode-se mensurar quais autores, países e instituições detêm maior produção em determinado assunto ou área de pesquisa, além de apresentar a produtividade de periódicos em diferentes campos de pesquisa [14].

A fim de gerar um portfólio bibliográfico, a análise bibliométrica é fundamentada em evidências nos dados quantitativos de um conjunto restrito, sendo estes artigos, teses, dissertações, patentes entre as várias maneiras de publicações científicas existentes. Desta forma, é possível após o tratamento e investigação dos dados obtidos construir inferências sobre a informação e conhecimento de determinado assunto, que seja de interesse científico. Alguns resultados conseguem ser explorados, tais como: número de artigos selecionados, suas referências, autores, número de citações e periódicos mais relevantes [15]. A bibliometria também pode ser definida como um conjunto de métodos para analisar quantitativamente a literatura científica e tecnológica de caminhos recentes em um determinado campo de pesquisa [16].

Em consequência ao comportamento complexo no processo de citações, muitos debates ocorreram por causa do valor da análise da citação para avaliar o impacto das pesquisas. Todavia, já se tem evidências suficientes de que a citação implica em um elevado indicador científico quando aplicado à pesquisa. A bibliometria toma por base o número de citações e publicações dos periódicos para definir o corpo da pesquisa [17,18].

Diferentes indicadores são utilizados pela bibliometria com o intuito de avaliar uma publicação científica. Dentre os diversos indicadores possíveis podemos destacar a quantidade de vezes que o artigo ou autor é citado em

publicações e, o número de referências feitas de um determinado conjunto de trabalhos [15,19,20].

O fator de impacto é um método de análise de citações bastante utilizado para mensurar a relevância de periódicos em suas respectivas áreas. A bibliometria, no entanto acabou apropriando-se deste conceito para a análise de autores, onde este é obtido pelo número de citações que um autor recebeu, dividido pelo número de trabalhos publicados que receberam pelo menos uma citação. A importância deste índice é a identificação dos autores que, apesar de não terem um número grande de publicações, produziram materiais bastante significativos naquela área, pois os mesmos receberam muitas citações. Por outro lado, autores podem ter recebido um grande número de citações porque publicaram muitos trabalhos, entretanto cada um desses trabalhos, isoladamente obtiveram pouca relevância no campo científico. Vale salientar que o fator de impacto continua a ser bastante utilizado por pesquisadores com a finalidade de selecionar as fontes das referências a serem utilizadas em suas pesquisas [21].

Histórico

As análises bibliométricas nas áreas da ciência, engenharia e tecnologia têm ganhado bastante destaque nos últimos anos. Tal método vem sendo utilizado por pesquisadores com o intuito de investigar e quantificar documentos, geralmente arquivos de artigos ou patentes de periódicos acadêmicos. Posteriormente a investigação e tratamento dos dados extraídos, o pesquisador pode comparar e classificar o estado da ciência e da engenharia em diferentes países, coautorias, instituições mais presentes, entre outros. Ao longo dos anos, essa metodologia ganhou espaço e se tornou amplamente aceita no meio científico [22].

Entretanto, a quantificação do valor prático ou produtividade econômica do conhecimento produzido é extremamente difícil. A produtividade científica ganhou notoriedade após a chegada de disciplinas profissionais na área da ciência física (ramo da ciência que estuda os sistemas não vivos) em meados do século XIX. Desta maneira, a produtividade começa a ganhar definições com o uso de métodos quantitativos simples, a princípio, as métricas utilizadas eram baseadas no número total de pesquisadores em um determinado país e por fim, no número total de artigos produzidos pelos pesquisadores individualmente [23].

Nas décadas de 1920 e 1930 este problema que era enfrentado sofreu maiores complicações, isto se deve ao interesse dos governos no desenvolvimento de instrumentos de medição da contribuição do conhecimento para evolução de seu sistema financeiro. Essa questão ainda se acentuou com a chegada de Segunda Guerra Mundial, em razão da popularização da ideia de que ciência básica era ingrediente essencial para inovações tecnológicas, gerando assim desenvolvimento econômico [24].

Todos os esforços feitos pelo governo dos EUA para medição e contabilização da ciência impulsionaram o desenvolvimento de uma estrutura linear e inovadora, baseada em unidades organizacionais segregadas de pesquisa, fabricação e desenvolvimento. Porém a pesquisa básica não direcionada era bastante controversa, o que de certo modo provocou debates e descobertas conflitantes na década de 60 [25].

Mesmo com tais ocorridos, a metodologia aplicada para avaliar a produtividade da ciência permaneceu fundamentalmente sem alterações. Tal metodologia continuou baseada na quantidade de resultados obtidos, até que em 1973, o Congresso incumbiu o denominado Conselho Nacional de Ciência para publicar “Indicadores de Ciência e Tecnologia”, que veio a se tornar o índice oficial do estado da produtividade da ciência e engenharia nos EUA. Mais tarde, já nas décadas de 1990 e 2000, já se tornava habitual em vários países a aplicação da análise bibliométrica das atividades de ciência, tecnologia e engenharia como indicador do resultado de pesquisa [26].

2.2 Educação em Engenharia de Materiais

Evolução dos cursos de Engenharia no Brasil

A evolução da engenharia foi um dos fatores primordiais para o crescimento das tecnologias, sendo que as principais economias mundiais se destacam por deter grande quantidade de engenheiros per capita. Em países como a China a formação de engenheiros chega a ser 20% de todos profissionais formados na graduação. Desta maneira, podemos ressaltar a importância de uma educação de qualidade para se garantir desenvolvimento social econômico e cultural [27].

Para uma melhor compreensão da educação em engenharia no Brasil, é de extrema importância conhecer a história da engenharia desde a sua origem, passando pelos principais acontecimentos até os dias atuais. O primeiro marco nacional que podemos apontar como o prelúdio, foi a fundação da primeira escola de engenharia do Brasil. Esta instituição foi intitulada “Real Academia de Artilharia, Fortificação e Desenho”, instalada na cidade do Rio de Janeiro na data de 17 de dezembro de 1792 [27,28].

Outro importante marco que podemos evidenciar é o registro bibliográfico mais antigo encontrado, datado de 4 de dezembro de 1810 e denominado “Carta de Lei”, este documento descreve de forma estruturada a organização de um curso de engenharia no Brasil. A carta foi redigida pela Academia Militar, que foi responsável por substituir a Real Academia de Artilharia, Fortificação e Desenho. Vale salientar que o mesmo foi fundamentado no que regia a Escola Politécnica de Paris (fundada em 1795), que por sua vez, destacava a aplicação de aulas práticas além de frisar a necessidade dos docentes de redigirem seus próprios materiais de estudo [27,28].

Anos mais tarde, em janeiro de 1874 nasce a primeira escola de engenharia nacional, denominada Escola Politécnica do Largo de São Francisco. O surgimento desta entidade adveio com o decreto nº 5.529, que desvinculou do exército e passou a formação de engenheiros para instituições civis. Pela primeira vez no Brasil são realizadas demonstrações públicas de ciência em

suas classes, com destaque para a transmissão telegráfica (1851), a iluminação a gás de mamona (1851), a iluminação elétrica (1857) e de chapas de radiografia (1896) no país [28,29].

No ano de 1920, foi criada a Universidade do Rio de Janeiro, atualmente denominada Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), sendo então a primeira universidade do governo federal. Esta universidade em sua criação reunia as escolas Politécnica, de Medicina e de Direito. Nos anos subsequentes outras importantes universidades foram criadas como é o exemplo da Universidade de São Paulo, pelo governo paulista, em 1935, a Universidade do Distrito Federal, pelo governo distrital, que sustentava como missão de sua Escola de Ciências a formação de pesquisadores, reunindo professores pesquisadores brasileiros e estrangeiros [29,30].

De acordo com dados públicos divulgados pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), o período entre 1930 e 1945, período pós Segunda Guerra e a era Vargas, houve um aumento significativo no número de cursos de engenharia oferecidos de 27 para 47. Esse crescimento nos cursos de engenharia voltou a se mostrar de forma expressiva no governo de Juscelino Kubitschek (1956-1961), onde seu ambicioso plano de metas para o Brasil que incluía a construção de uma nova capital, fez com que em 1962, o número total de chegava a 112 cursos [30].

No ano de 1976 foi aprovada pelo então Conselho Federal de Educação a resolução nº 48/76, do Ministério da Educação, que estabeleceu uma nova forma de organização dos cursos, em grandes áreas, admitia habilitações ou ênfases nos cursos e definia o currículo mínimo com cargas-horárias preestabelecidas [31].

Essa resolução teve um caráter extremamente avançado para a época e estabeleceu a inclusão de temas e tópicos nos currículos para além da formação puramente técnica do engenheiro. O documento ficou em vigência por mais de três décadas até sua revogação em 2002 pela aprovação da resolução CNE/CES nº11/2002, do Conselho Nacional de Educação/ Câmara de Educação Superior (CNE/CES) do Ministério da Educação, que estabeleceu novas diretrizes curriculares para os cursos de Engenharia [30,31].

Em substituição a sua versão anterior de 2002, a atual versão das Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) de Engenharia foi estipulada pela Resolução CNE/CES Nº 2/2019. Inúmeras mudanças incorporadas a nova resolução podem ser encaradas como específicas no combate a pontos deficitários levantados e discutidos a respeito da sua antecessora. Além destas competências gerais, as DCN de 2019 afirmam que é necessário que cada curso estabeleça competências específicas para seus egressos, o que normalmente será associado à habilitação de engenharia do curso, e da(s) sua(s) ênfase(s) [32].

Um ponto que sofreu mudanças e ganhou bastante destaque nas novas diretrizes está relacionado aos discentes egressos, este ponto foi a atenção e visibilidade dada a inclusão das chamadas *soft skills* (habilidades socio-emocionais) nas competências gerais esperadas de um engenheiro. A definição de *Soft skills* está relacionada às habilidades, atitudes, comportamentos e competências que auxiliam uma pessoa a melhor navegar seu ambiente de trabalho, atingir objetivos, e trabalhar bem com outras pessoas [32].

Apontamentos na literatura, nos leva a percepção da importância que este conjunto de habilidades e competências tem para um melhor desempenho em um determinado ambiente de trabalho, bem como as competências técnicas. Estes conjuntos de competências se tornam ainda mais impactantes quando se complementam, e há uma proposta de um conjunto destas habilidades com maior probabilidade de levar a resultados positivos: habilidades sociais, de comunicação, de pensamentos de ordem superior, de autocontrole, e um autoconceito positivo [31,32].

Os episódios descritos anteriormente são acontecimentos de extrema importância para estruturação e evolução dos cursos de engenharia no país até o presente momento. Podemos observar que não houve registros aparentes sobre uma revolução na organização dos cursos, bem como, em seus métodos e técnicas de ensino/ aprendizagem nos dois séculos passados [27,29,32].

Tivemos inserção de novos meios para ao auxílio no processo de ensino/aprendizagem advindos dos avanços tecnológicos surgidos como o

retroprojetor, o projetor de slides, a calculadora mecânica, depois a eletrônica e, mais recentemente, os meios informatizados (microcomputador e projetor multimídia). Todavia, é notório que estes meios ainda vêm sendo utilizados segundo os mesmos métodos e técnicas secularmente aplicados, ou seja, aquilo que era “passado no quadro” para os alunos copiarem agora é “projetado em telas” destes novos meios [27,32].

Engenharia de Materiais na UFSCar

O ensino de Engenharia dos Materiais teve como pioneira a Universidade Federal de São Carlos, sendo a primeira instituição tanto no Brasil quanto na América Latina a contar com o curso. Suas atividades foram iniciadas em 1970. Devido ao seu pioneirismo e sua localização estratégica, sendo circundada por grandes indústrias das áreas de materiais cerâmicos e metálicos, o curso é o mais conceituado no Brasil [33].

A Ciência e Engenharia dos Materiais pode ser definida como uma área multidisciplinar, vocacionada à geração e aplicação de conhecimentos em relação a composição e o processamento dos materiais com a sua microestrutura, propriedades e conseqüentes aplicações. Opera como um circuito evolutivo que liga as ciências básicas e a investigação fundamental no campo dos materiais, às ciências aplicadas, impulsionadas não só pelas solicitações tecnológicas, mas também econômicas, ambientais, sociais e estratégicas [33].

O curso foi responsável pela introdução no mercado de trabalho de profissionais capazes de absorver as várias tecnologias, na área de materiais, dando uma imensa contribuição na substituição de matérias-primas previamente importadas e na adaptação de composições e processos às matérias-primas nacionais [34].

Podemos ressaltar nos dias atuais algumas importantes instituições de ensino, nas quais o curso de Engenharia de Materiais é ministrado atualmente

aqui no Brasil, tais como: UFSCar, UFPB, USP, Mackenzie, UFABC, UFMG, UFOP, UFRGS, UFRJ, UFCG entre outras.

2.3 Engineering Educational Research Taxonomy

Apesar da diversidade presente na pesquisa sobre educação em engenharia oferecer um campo livre para atuação de novas ideias e criatividade, esta pode também resultar em uma fragmentação do campo de pesquisa, bem como duplicação de esforços. Uma solução para tal problema é estabelecer uma taxonomia padronizada de termos de ensino de engenharia para mapear o campo e comunicar e conectar iniciativas de pesquisa [35].

A taxonomia age de forma a organizar e classificar hierarquicamente informações, padronizando o corpo de conhecimento de uma determinada área, facilitando assim a consulta e divulgação dos conhecimentos produzidos [35].

Desta maneira, buscando uma maior organização dos conhecimentos da área, Finelli et al. desenvolveram uma taxonomia exclusiva para a pesquisa na área de educação em engenharia [32,35]. Esta recebeu o nome de Engineering Education Research Taxonomy, que classifica e organiza 455 termos em 14 ramos e seis níveis. Vale ressaltar também, que o primeiro nível desta taxonomia conta com 14 diferentes classificações:

1. *Assessment*
2. *Design*
3. *Diversity*
4. *Educational level*
5. *Educational setting*
6. *Educational technology*
7. *Instruction*
8. *Outcomes*
9. *Professional practice*

10. *Recruitment and retention*
11. *Related Fields*
12. *Research approaches*
13. *Theoretical frameworks*
14. *Teams*

O primeiro termo, que traduzindo do inglês temos “Avaliação” trata desde avaliações que são aplicadas aos alunos e suas diferentes metodologias até a avaliação do próprio curso ou programa. Já o termo “Design” aborda desde modelagem a processos e produtos. O terceiro termo trata de assuntos ligados a “Diversidade”, tópico que vem ganhando bastante espaço em discussões mundiais. Os próximos três termos de primeiro nível (4, 5 e 6) tratam do “Nível”, “Contexto” e “Tecnologias” educacionais.

Seguindo temos os termos 7, 8 e 9, que em suas traduções temos “Instrução”, “Resultados” e “Prática Profissional”. Já o termo 10 também se refere a um assunto de bastante preocupação e discussão em cursos da engenharia, o “Recrutamento e retenção”, tendo em vista a preocupação destes em diminuir a evasão dos cursos. O termo 11 diz respeito a “Campos relacionados” e como o nome diz trata das diferentes áreas que são diretamente ligadas ao ensino de engenharia como por exemplo: matemática, química, física entre outras. Já os termos finais tratam de assuntos como: “Metodologias de Pesquisa”, “Marcos Teóricos” e “Equipes”.

Os autores enfatizam que o produto de sua pesquisa representa uma visão majoritariamente estadunidense sobre a educação em engenharia, mesmo com diversos cuidados sendo tomados ao longo do desenvolvimento da taxonomia para a inclusão do *feedback* de especialistas de diversas partes do mundo [32]. Alguns desses cuidados incluíram esforços inclusivos envolvendo 266 indivíduos de 149 cidades em 30 países durante um workshop de vários dias, sete sessões de conferências e várias outras atividades virtuais e presenciais [35].

Mesmo assim, é importante enfatizar tamanha importância deste feito, pois além de realizada por pessoas reconhecidas e ter passado por diversas

validações de outros especialistas, ela ainda conta com suporte de uma empresa especialista na construção de taxonomias. Vale lembrar também que a taxonomia está disponível sob licença aberta e revisões periódicas são feitas com adição de novos termos [32]. A última delas ocorreu no dia 17 de setembro de 2021, entre outras mudanças alguns termos relacionados COVID-19 foram adicionados. A nova versão da taxonomia foi nomeada *EER Taxonomy Version 1.3*.

A taxonomia na íntegra é apresentada no Anexo A, deixando ainda mais clara a sua abrangência no assunto, tendo em vista a extensão que ganha nas classificações de primeiro nível.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Analisar as características da produção, da colaboração e do impacto da pesquisa na Educação em Engenharia de Materiais indexada na *Web of Science* no período de 2001 a 2020.

3.2 Objetivos específicos

a) caracterizar a produção científica da área da Educação em Engenharia de Materiais com base nos artigos indexados na WoS no período de 2001 a 2020, no que diz respeito a periódicos, áreas de conhecimento WoS e temas recorrentes, palavras-chave dos autores;

b) desenvolver e aplicar de um tesouro utilizando a estruturação e termos contidos na *EER Taxonomy* aos termos relacionados as palavras-chave utilizadas pelos autores;

c) identificar onde se dá a pesquisa da Educação em Engenharia de Materiais (principais autores, vínculo institucional e em quais países se encontram), bem como, coautorias pertinentes ao tema de pesquisa;

d) verificar o impacto da produção científica brasileira da Educação em Engenharia de Materiais, no que concerne ao número de citações que recebe.

4 METODOLOGIA

4.1 Busca dos dados na *Web of Science*

Para a coleta dos dados foi utilizado as informações presentes na plataforma de pesquisa WoS, que além de ser uma plataforma multidisciplinar, conta um meticuloso critério de seleção dos documentos que são anexados. Posteriormente, os artigos retornados foram manuseados e tratados com auxílio do software *Vantage Point 5.0* (VP), disponível no NIT/Materiais.

Podemos classificá-lo como uma poderosa ferramenta de mineração de textos que nos ajuda a navegar rapidamente por grandes volumes de texto estruturado a fim de visualizar padrões e conexões. É um software desenvolvido para análise de patentes e publicações científicas. Este engloba algumas das mais populares técnicas de mineração de texto, tais como: processamento de linguagem natural, métodos estatísticos e técnicas de classificação [36,37]. Outra funcionalidade utilizada do programa, foi o agrupamento por meio de thesauros (lista de sinônimos) e expressões regulares de publicações científicas [36, 37, 38].

Já para a obtenção dos mapas de rede presentes nesta pesquisa, foi utilizado o programa denominado *VOSviewer*, que é uma ferramenta de software para construção e visualização de redes bibliométricas. Estes mapas facilitam na visualização das tendências descritas pelos dados coletados e podem ser obtidas a partir de periódicos, pesquisadores ou publicações individuais e podem ser construídas com base em relação de citação, acoplamento bibliográfico co-citação e coautoria. Além disso, este programa oferece também funcionalidade de mineração de texto, utilizada para construir e visualizar redes de co-ocorrência de termos importantes extraídos de uma amostragem de literatura científica. As diferentes etapas do procedimento estão representadas na Figura 4.1.

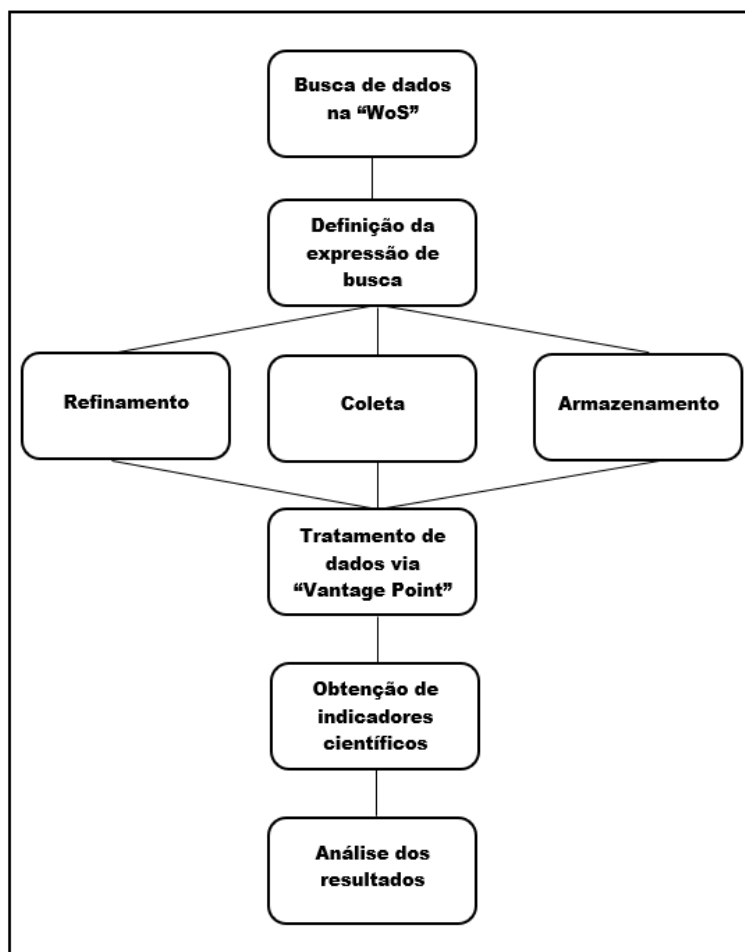


Figura 4.1 - Fluxograma ilustrando as etapas desenvolvidas na pesquisa.

4.2 Testes iniciais para obtenção da expressão de busca

A primeira etapa deste estudo baseou-se na recuperação da produção científica sobre o tema "Educação em Engenharia de Materiais" indexada na base de dados WoS, que possui uma cobertura abrangente e multidisciplinar da ciência. Além das características previamente citadas, a base de dados foi selecionada devido seu extenso acervo de periódicos revisados por pares, sua divisão por categorias, facilidade na condução de buscas, por ser a

base tradicionalmente mais utilizada, além de maior abrangência e qualidade dos recursos disponíveis para tratamento dos dados no NIT/Materiais.

Após a etapa de seleção da base de dados, iniciaram-se as etapas referentes a obtenção da expressão de busca. Nesta etapa é desejado o desenvolvimento de uma expressão de busca que recupere a maioria das publicações relevantes ao tema. Vale salientar que este estudo não é uma revisão sistemática, sendo assim, não se tem a ambição de chegar a uma expressão de busca que recupere todos e apenas os artigos relevantes. O intuito deste estudo é obter uma expressão de busca que nos leve a indicadores que nos darão um resultado estatístico que seja relevante.

Duas medidas são utilizadas para avaliar a qualidade da estratégia de busca aplicada na recuperação dos dados: revocação e precisão. A revocação é a porcentagem de documentos recuperados relevantes ao tema para o número total de documentos, já a precisão é definida como a proporção de documentos recuperados relevantes para o número de documentos recuperados. Desta maneira, a meta de qualquer estratégia de busca deveria ser uma revocação elevada e uma alta precisão, obtendo a recuperação de praticamente todos os documentos relevantes. No entanto, estas tendem a se correlacionar inversamente, ou seja, uma maior precisão leva a uma menor revocação e vice-versa, sendo necessário um equilíbrio adequado entre estes polos de acordo com o tipo de pesquisa escolhida [42].

Inicialmente foram feitas buscas de testagem, com o intuito de encontrar alguns indícios para a elaboração de uma expressão de busca mais robusta. Em uma das primeiras tentativas, foi aplicado o termo “*materials engineering education*”, no mecanismo de pesquisa básica presente na plataforma. Esta pesquisa retornou com cerca de 3.800 resultados, porém por se tratar de um termo genérico, em uma análise mais a fundo, foi verificado que muitos dos artigos presentes nos resultados, por algum motivo não se encaixavam nas pretensões da pesquisa. Podemos tomar como exemplo o trabalho intitulado “Fifty Years of Biomedical Engineering Undergraduate Education”, já pelo título podemos perceber que, apesar do texto dizer respeito à educação em engenharia ele trata de tal assunto no viés da Engenharia

Biomédica, e não na Engenharia de Materiais como é o foco do trabalho. Em outros casos, os resultados eram ainda mais distantes do desejado, retornando resultados de áreas distintas, como: filosofia, sociologia, humanidades, comunicação, etc.

Em um segundo momento, as buscas foram direcionadas usando a opção de busca avançada. Com o emprego das palavras-chave “materials”, “engineering” e “education” como expressões de busca, utilização do Rótulo de Campo TS (Tópico) e aplicação de alguns operadores booleanos, a base de dados retornou com o total de 2.524 resultados. Ainda assim, após análise mais profunda dos resultados retornados, foi possível verificar que havia uma quantidade significativa de artigos indesejáveis em meios aos dados (baixa precisão).

Com o objetivo de uma maior precisão, as iterações da expressão de busca seguintes buscaram uma proximidade maior com o da pesquisa e maior exclusão de dados indesejados. Para a seleção dos termos presentes na expressão de busca foi empregada à técnica conhecida como “*Pearl Growing*”. Este método envolve pesquisas feitas em *SmartCat* (plataforma de tradução e localização baseada uma nuvem que conecta empresas, tradutores e agências de tradução) ou bancos de dados, utilizando inicialmente os termos com maior afinidade com o assunto. Após análise desta pesquisa inicial, novos e melhores termos relevantes ao tema serão encontrados. Desta maneira, estes novos termos são adicionados aos blocos até que haja esgotamento dos mesmos.

Deste modo, a pesquisa foi direcionada a expressões constantemente presentes na educação de materiais, tais como: “ceramics materials”, “metallic materials”, “polymers”, “alloys”. As expressões citadas anteriormente foram conectadas a expressão “education” com emprego do operador NEAR/2, com intuito que artigos indesejados não aparecerem nos resultados de pesquisa. Esta iteração retornou um total de 225 resultados de busca e foi possível verificar que os incidentes com publicações indesejáveis já não eram tão frequentes nos resultados.

Dando prosseguimento à busca anterior, novos termos diretamente ligados à educação em engenharia de materiais, tais como, “*materials science*”

e “*composites*” foram adicionadas à expressão, foram conectados a “*teaching*” e “*education*”. A escolha da expressão “*teaching*”, que pode ser traduzido como “*ensino*”, se deu pela sua afinidade e semelhança com educação, fazendo assim com que trabalhos que utilizavam também a expressão inserida na área de engenharia de materiais surgissem nos resultados. Mais uma vez foi utilizado o operador de busca NEAR/2 entre as expressões. Este operador estipula uma distância máxima de duas palavras entre os termos conectados por ele. Essa pesquisa retornou o total de 334 resultados.

Finalizando a busca, alguns filtros da WoS foram empregados nos resultados. A aplicação destes teve o intuito de afinar os resultados de pesquisa as áreas indexadas pela própria plataforma. Foram aplicados filtros como: “*Chemistry Multidisciplinary*”, “*Materials Science Multidisciplinary*”, “*Education Scientific Disciplines*”, “*Polymer Science*” e “*Education Educational Research*”.

Os dados obtidos nesta segunda tentativa de obtenção de uma expressão de busca mais próxima ao tema, estão apresentados no Quadro 4.1.

Quadro 4.1 - Expressão, filtros e total de resultados retornados na base Web of Science (*Core Collection*) após processo inicial de tentativas para a obtenção de uma expressão de busca.

| Expressão | Filtros (<i>Web of Science</i>) | Total de resultados |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| TS= (“ceramics materials” NEAR/2 education) OR (“metallic materials” NEAR/2 education) OR (polymers NEAR/2 education) OR (“alloys” NEAR/2 education) OR (“materials science” NEAR/2 education) OR (“composites” NEAR/2 education) OR (“ceramics materials” NEAR/2 teaching) OR (“metallic materials” NEAR/2 teaching) OR (polymers NEAR/2 teaching) OR (“alloys” NEAR/2 teaching) OR (“materials | Chemistry Multidisciplinary Materials Science Multidisciplinary Education Scientific Disciplines Polymer Science Education Educational Research Materials Science Composites Materials Science Ceramics Materials Science Characterization Testing Materials Science Coating Films Microscopy Materials Science Biomaterial Multidisciplinary Sciences Nanoscience Nanotechnology Physics Condensed Matter Acoustics | 361 |

| | | |
|--------------------------------------------------------------------|---------------------------|--|
| science" NEAR/2 teaching) OR ("composites" NEAR/2 teaching)) | Optics Crystallography | |
|--------------------------------------------------------------------|---------------------------|--|

4.3 Processo para obtenção da expressão de busca final

A estratégia conhecida como “*Building Block*” foi utilizada na construção da expressão de busca final. Esta estratégia pede ao pesquisador que fragmente a sua necessidade de informação em diferentes grupos, no caso do presente trabalho foram divididos em dois grupos diferentes: o bloco de educação e o bloco de materiais.

Em cada grupo é feita uma consulta gerando diferentes termos e conectando-os com um operador booleano OR (por exemplo, engenharia de materiais OR seleção de materiais OR ciência dos materiais OR...). Operadores Booleanos atuam como palavras que informam ao sistema de busca como combinar os termos de sua pesquisa a fim de facilitar a visualização da busca. Alguns operadores que podemos citar são: AND, OR e NOT e NEAR. Ao final, todos os diferentes grupos são conectados utilizando o operador AND (por exemplo, seleção materiais OR ciência dos materiais OR... AND educação OR ensino OR...). Estão representadas pela Figura 4.2 as etapas utilizadas pelo presente trabalho para obtenção da expressão de busca final.

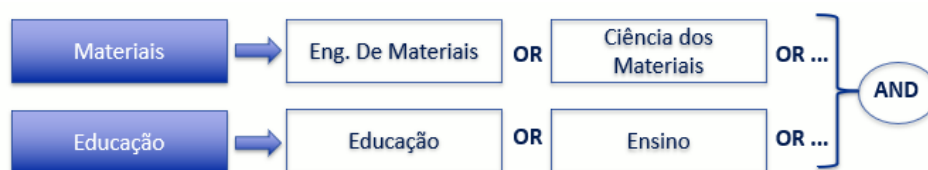


Figura 4.2 - Representação esquemática das etapas desenvolvidas na obtenção da expressão de busca final, utilizando a estratégia “Building Blocks”.

Após a seleção da estratégia a ser utilizada, a próxima etapa realizada foi a verificação de quais seriam os melhores caminhos para a busca dos documentos. Um destes caminhos é pela busca por categorias que tenham proximidade com o tema, estas categorias são disponibilizadas pela própria base de dados. Todos os periódicos e livros cobertos pela principal coleção do WoS são atribuídos a pelo menos uma das categorias de assunto. O Quadro 4.2, nos apresenta a relação das categorias presentes na WoS que tem afinidade com cada parte do tema de pesquisa.

Quadro 4.2 - Categorias da *Web of Science* pertinentes a cada tema e recuperados da própria base de dados.

| Educação | Engenharia de Materiais |
|-----------------|-------------------------------------------------|
| WC=(“educat*”) | WC= (“material* science”) |
| | WC= (“Polymer science”) |
| | WC= (“metallurgy & metallurgical engineering*”) |

Também é válido salientar que no caso da categoria (“material* Science”), a mesma possui 08 variações que a abrangem. A listagem com tais variações está representada no Quadro 4.3 abaixo.

Quadro 4.3 - Variações da categoria (“material* Science”) recuperados da base de dados *Web of Science*.

| WC = (“material* Science”) |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Materials Science, Biomaterial (Ciências dos materiais, biomateriais) |
| Materials Science, Ceramics (Ciências dos materiais, cerâmica) |
| Materials Science, Characterization & Testing (Ciências dos materiais, caracterização e teste) |
| Materials Science, Coatings & Films (Ciências dos materiais, revestimentos e películas) |
| Materials Science, Composites (Ciências dos materiais, compostos) |
| Materials Science, Multidisciplinary (Ciências dos materiais, multidisciplinar) |
| Materials Science, Paper & Wood (Ciências dos materiais, papel e madeira) |
| Materials Science, têxtil (Ciências dosmateriais, têxteis) |

Outro caminho a seguir na etapa da busca é a utilização de palavras que tenham afinidade com o tema. Por essa via, é possível que seja empregado rótulos de campo de pesquisa avançada distintos, deste modo, os rótulos foram analisados e os que se encaixaram nos moldes da pesquisa foram o rótulo de tópico (TS) e rótulo de título (TI).

Como o nome já evidencia, o rótulo de título faz as buscas das palavras de interesse no título destes documentos; já o rótulo de tópico, pesquisa por termos nos seguintes campos: título, resumo, palavras-chave do autor e Keyword Plus. De maneira geral, a pesquisa feita por tópicos (TS) aumenta o número de documentos recuperados, porém aumenta a quantidade de artigos não relevantes recuperados.

Desta maneira, algumas testagens foram realizadas com intuito de verificar o melhor rótulo de busca a ser empregado na pesquisa. Estas testagens mostraram uma maior relevância nos documentos recuperados utilizando a busca nos títulos dos documentos. O Quadro 4.4, apresentado em seguida, mostra como exemplo a busca realizada com a palavra (“materials selection”) cruzando-a com a categoria WC=(“educat*”).

Quadro 4.4 - Relevância dos resultados com diferentes rótulos de busca da *Web of Science*.

| Materials Selection | | | |
|----------------------------|-------------------|--------------------|----------|
| | Relevantes | Recuperados | % |
| TI | 6 | 7 | 85,71 |
| TS | 17 | 26 | 65,38 |

Dando continuidade ao processo de obtenção da expressão final, no intuito de facilitar tal processo, a pesquisa foi dividida em quatro diferentes quadrantes. O Quadro 4.5, mostra o arranjo final dos quadrantes.

Quadro 4.5 - Diferentes quadrantes estipulados para testagem dos melhores caminhos para obtenção de uma expressão de busca sobre o tema.

| | Educação Palavras (TI) | Educação Categorias (WC) |
|----------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| Materiais Palavras (TI) | Quadrante 1 | Quadrante 2 |
| Materiais Categorias (WC) | Quadrante 3 | Quadrante 4 |

O quadrante 1 foi constituído pela busca utilizando palavras relacionadas a Educação, e cruzando-as com auxílio do operador booleano AND a palavras que tem afinidade a área da Engenharia de Materiais. No caso do quadrante 2 também foram utilizadas palavras relacionadas a Materiais, porém estas foram cruzadas com as categorias da área de Educação. O quadrante 3 é constituído pela busca utilizando palavras relacionada a Educação e categorias relacionadas a Engenharia de Materiais. Por último, o quadrante 4 é constituído pela busca utilizando tanto as categorias relacionadas a Educação quanto as relacionadas a Engenharia de Materiais.

4.4 Análise dos quadrantes

Após investigação dos resultados obtidos pelo quadrante 1, ficou evidente a falta de precisão deste. Dentre os 50 primeiros artigos retornados pela busca, nenhum destes foi considerado relevante ao tema Educação em Engenharia de Materiais. Foi verificado que mesmo possuindo palavras ligadas as duas áreas (Educação e Engenharia de Materiais) no título do documento, estes se desviavam bastante do tema de pesquisa.

Esta falta de proximidade dos resultados obtidos pelo quadrante 1 com o tema da pesquisa, em parte, pode ser explicado pela mudança do sentido original de palavras pesquisadas quando combinada com outras palavras da pesquisa ou pelos vários sentidos que uma mesma palavra pode ter. Vale ressaltar que mesmo retirando essas variantes da expressão não houve mudanças relevantes nos resultados obtidos.

Podemos tomar como exemplo, o trabalho publicado pelo periódico *Humans Resource for Health*, “Transforming UNICEF’s approach to health system strengthening: what place can a blended learning course play?”, dos autores Nacarella, Lucio et al. Este é um trabalho direcionado para área da saúde que apesar de contar com palavras da área de educação (learning) e da engenharia de materiais (blended), estas se juntam formando a palavra “blended learning” que refere-se a um sistema de formação no qual a maior parte dos conteúdos é transmitido em curso à distância, normalmente pela internet, entretanto inclui necessariamente situações presenciais, daí a origem do blended, algo misto, combinado.

Já a palavra “class” se encaixou no caso de palavras com vários sentidos nos resultados de busca. A ideia original seria ter o retorno de documentos de “aulas” ou “turmas” de disciplinas ligadas a Engenharia de Materiais, porém grande parte de seus resultados foram no sentido da palavra ligada a classificação ou categoria. Para exemplificar teve-se como resultado o trabalho “Co75Pt25 alloy nanoparticles: a class of catalyst for the catalytic reduction of 4-nitrophenol with enhanced activity and recycling”, de autoria de

Zhang, Xiaolong et al., e que apesar de ser um trabalho da área de Materiais não é da área de educação.

Os resultados obtidos no desenvolvimento do quadrante 2, estão apresentados no Quadro 4.6.

Quadro 4.6 - Resultados do quadrante 2 após testagens dos dados recuperados da WoS.

| Artigos Retornados | Após filtragem | Relevantes/ 20 primeiros |
|---------------------------|-----------------------|---------------------------------|
| 1.198 | 589 | 20 |

A primeira coluna presente no gráfico, apresenta o número total de documentos recuperados pela busca com a expressão referente ao quadrante 2. Depois dos artigos recuperados, algumas filtragens foram necessárias para que os resultados se alinhassem com a proposta deste trabalho. A primeira foi no que se diz respeito ao período de tempo, já que é de entendimento que uma análise dos últimos 20 anos nos apresentaria resultados robustos sobre tendências relacionadas ao tema de pesquisa.

O segundo filtro aplicado foi no que diz respeito aos tipos de documentos recuperados, onde se deu preferência aos documentos publicados em periódicos e que são revisados por pares. Desta maneira a pesquisa foi direcionada ao retorno dos seguintes tipos de documentos: article, editorial material, letter, note, review. Após esses processos de filtragem foi obtido pelo quadrante 2, o total de 589 documentos relevantes ao tema.

A última coluna representa uma exploração mais profunda feita pelo autor nos 20 primeiros documentos da lista retornada pela pesquisa. Após investigação foi apontado quantas destas eram realmente relevantes. Como pode-se observar, todos os 20 documentos analisados neste quadrante se mostraram relevantes, validando assim o quadrante 2 como parte da expressão final. A expressão de busca do quadrante dois é apresentada no Quadro 4.7, a seguir.

Quadro 4.7 - Expressão de busca final referente ao quadrante 2.

| Expressão de busca (Quadrante 2) |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (TI=("materialsscience") OR TI=("materials engineer*") OR TI=("materials selecti on") OR TI=("metallurgy") OR TI=("polymer science") OR TI=(ceramics) OR TI=("ceramic mat erial") OR TI=(metal) OR TI=("alloy*") OR TI=("steel") OR TI=("aluminium") OR TI=("aluminu m") OR TI=("polymer*") OR TI=("composite* material*") OR TI=(casting*) OR TI=(foundr*) O R TI=("heat treatment") OR TI=("rheology") OR TI=("tribology")) AND WC=("educat*") |

Dando prosseguimento a análise dos quadrantes, os resultados referentes ao quadrante 3 são apresentados no Quadro 4.8, a seguir:

Quadro 4.8 - Resultados do quadrante 3 após testagens dos dados recuperados da WoS.

| Artigos Retornados | Após filtragem | Relevantes/ 20 primeiros |
|---------------------------|-----------------------|---------------------------------|
| 554 | 108 | 19 |

O número total de documentos recuperados pela busca com a expressão referente ao quadrante três, foi de 554 documentos. Após a aplicações dos filtros já mencionados anteriormente, foram recuperados 108 documentos relevantes ao tema. Destaca-se também o elevado número de documentos relevantes (19 documentos) entre os vinte primeiros resultados.

Vale também ressaltar o grande número de testagens feitas na tentativa de englobar mais palavras com afinidade ao tema a expressão de busca, bem como, na retirada de palavras ou cruzamento entre estas que possam gerar alterações no resultado. A expressão de busca vinculada ao quadrante está apresentada no Quadro 4.9.

Quadro 4.9 - Expressão de busca final referente ao quadrante 3.

| Expressão de busca (Quadrante 3) |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>TI= (("educat*" NEAR/2 "materials science") OR ("educat*" NEAR/2 "materials engineer*") OR ("educat*" NEAR/2 "materials selection") OR ("educat*" NEAR/2 "metallurg*") OR ("educat*" NEAR/2 "polymer science") OR ("educat*" NEAR/2 "ceramic material*") OR ("educat*" NEAR/2 "metal") OR ("educat*" NEAR/2 alloy*) OR ("educat*" NEAR/2 "steel") OR ("educat*" NEAR/2 "aluminium") OR ("educat*" NEAR/2 "aluminum") OR ("educat*" NEAR/2 "polymer*") OR ("educat*" NEAR/2 "composite* material*") OR ("educat*" NEAR/2 "foundr*") OR ("educat*" NEAR/2 "heat treatment") OR ("educat*" NEAR/2 "rheology") OR ("educat*" NEAR/2 "tribology")) OR TI= (("teach*" NEAR/2 "materials science") OR ("teach*" NEAR/2 "materials engineer*") OR ("teach*" NEAR/2 "materials selection") OR ("teach*" NEAR/2 "metallurg*") OR ("teach*" NEAR/2 "polymer science") OR ("teach*" NEAR/2 "ceramic material*") OR ("teach*" NEAR/2 "metal") OR ("teach*" NEAR/2 alloy*) OR ("teach*" NEAR/2 "steel") OR ("teach*" NEAR/2 "aluminium") OR ("teach*" NEAR/2 "aluminum") OR ("teach*" NEAR/2 "polymer*") OR ("teach*" NEAR/2 "composite* material*") OR ("teach*" NEAR/2 "foundr*") OR ("teach*" NEAR/2 "heat treatment") OR ("teach*" NEAR/2 "rheology") OR ("teach*" NEAR/2 "tribology")) OR TI=((("learning" NEAR/2 "materials science") OR ("learning" NEAR/2 "materials engineer*") OR ("learning" NEAR/2 "materials selection") OR ("learning" NEAR/2 "metallurg*") OR ("learning" NEAR/2 "polymer science") OR ("learning" NEAR/2 "ceramic material*") OR ("learning" NEAR/2 "metal") OR ("learning" NEAR/2 alloy*) OR ("learning" NEAR/2 "steel") OR ("learning" NEAR/2 "aluminium") OR ("learning" NEAR/2 "aluminum") OR ("learning" NEAR/2 "polymer*") OR ("learning" NEAR/2 "composite* material*") OR ("learning" NEAR/2 "foundr*") OR ("learning" NEAR/2 "heat treatment") OR ("learning" NEAR/2 "rheology") OR ("learning" NEAR/2 "tribology")) NOT ("machine learning" OR "deep learning")) OR TI= (("classroom" NEAR/2 "materials science") OR ("classroom" NEAR/2 "materials engineer*") OR ("classroom" NEAR/2 "materials selection") OR ("classroom" NEAR/2 "metallurg*") OR ("classroom" NEAR/2 "polymer science") OR ("classroom" NEAR/2 "ceramic material*") OR ("classroom" NEAR/2 "metal") OR ("classroom" NEAR/2 alloy*) OR ("classroom" NEAR/2 "steel") OR ("classroom" NEAR/2 "aluminium") OR ("classroom" NEAR/2 "aluminum") OR ("classroom" NEAR/2 "polymer*") OR ("classroom" NEAR/2 "composite* material*") OR ("classroom" NEAR/2 "foundr*") OR ("classroom" NEAR/2 "heat treatment") OR ("classroom" NEAR/2 "rheology") OR ("classroom" NEAR/2 "tribology"))) OR TI= (("curricul*" NEAR/2 "materials science") OR ("curricul*" NEAR/2 "materials engineer*") OR ("curricul*" NEAR/2 "materials selection") OR ("curricul*" NEAR/2 "metallurg*") OR ("curricul*" NEAR/2 "polymer science") OR ("curricul*" NEAR/2 "ceramic material*") OR ("curricul*" NEAR/2 "metal") OR ("curricul*" NEAR/2 alloy*) OR ("curricul*" NEAR/2 "steel") OR ("curricul*" NEAR/2 "aluminium") OR ("curricul*" NEAR/2 "aluminum") OR ("curricul*" NEAR/2 "polymer*") OR ("curricul*" NEAR/2 "composite* material*") OR ("curricul*" NEAR/2 "foundr*") OR ("curricul*" NEAR/2 "heat treatment") OR ("curricul*" NEAR/2 "rheology") OR ("curricul*" NEAR/2 "tribology"))) OR TI= (("student*" NEAR/2 "materials science") OR ("student*" NEAR/2 "materials engineer*") OR ("student*" NEAR/2 "materials selection") OR ("student*" NEAR/2 "metallurg*") OR ("student*" NEAR/2 "polymer science") OR ("student*" NEAR/2 "ceramic material*") OR ("student*" NEAR/2 "metal") OR ("student*" NEAR/2 alloy*) OR ("student*" NEAR/2 "steel") OR ("student*" NEAR/2 "aluminium") OR ("student*" NEAR/2 "aluminum") OR ("student*" NEAR/2 "polymer*") OR ("student*" NEAR/2 "composite* material*") OR ("student*" NEAR/2 "foundr*") OR ("student*" NEAR/2 "heat treatment") OR ("student*" NEAR/2 "rheology") OR ("student*" NEAR/2 "tribology"))) OR TI= (("training" NEAR/2 "materials science") OR ("training" NEAR/2 "materials engineer*") OR ("training" NEAR/2 "materials selection") OR ("training" NEAR/2 "metallurg*") OR ("training" NEAR/2 "polymer science"))</p> |

Por fim, o último quadrante foi verificado, como dito anteriormente o quarto quadrante teve como intuito, buscar por trabalhos científicos que fossem tanto das categorias WoS ligadas a educação quanto as categorias ligadas a Engenharia de Materiais. Estes resultados são apresentados no Quadro 4.10.

Quadro 4.10 - Resultados do quadrante 4 após testagens dos dados recuperados da WoS.

| Artigos Retornados | Após filtragem | Relevantes/ 20 primeiros |
|---------------------------|-----------------------|---------------------------------|
| 1.237 | 153 | 20 |

É importante ressaltar que todos os 153 documentos recuperados pela busca do quadrante 4, estão relacionados a publicações advindas do periódico Journal of Materials Education. O que faz todo sentido se levarmos em conta que este é um periódico cuja abrangência contempla ambas as áreas. Fazendo uma checagem nos resultados obtidos na busca, com os resultados disponíveis no site da própria revista foi possível constatar que do ano de 2010 ao ano de 2019, todos os volumes publicados pelo periódico neste período estavam indexados a WoS, faltando apenas 6 artigos do último volume publicado pela revista no ano de 2019.

Após análise dos resultados obtidos pelas buscas referente ao quadrante, notou-se também bastante relevância ao tema de estudo, sendo assim, este termo também foi adicionado a expressão final. A expressão referente ao quadrante 4 é apresentada no Quadro 4.11.

Quadro 4.11 - Expressão de busca do quadrante 4.

| Expressão de busca (Quadrante 4) |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| WC=("educat*") AND (WC= ("material* science") OR WC= ("polymer science") OR WC= ("metallurgy & metallurgical engineering")) |

4.5 Expressão final de busca

Após a etapa anterior, referente a análise dos quadrantes, notou-se que apenas o quadrante 1 não apresentou resultados favoráveis ao tema da pesquisa. Desta maneira, os demais quadrantes foram utilizados na obtenção da expressão final. Essa conexão foi realizada ligando estes quadrantes com auxílio do operador booleano OR. Resultados pertinentes à expressão final de busca estão apresentados no Quadro 4.12.

Quadro 4.12 - Resultados preliminares da expressão final de busca dos dados recuperados da WoS.

| Artigos Retornados | Após filtragem | Relevantes/ 20 primeiros |
|---------------------------|-----------------------|---------------------------------|
| 3.414 | 813 | 20 |

O trabalho investido na análise de cada quadrante, bem como, a conexão entre a conexão entre quadrantes para a obtenção de uma expressão de busca fidedigna ao tema fica um pouco mais evidente quando observamos sua robustez e tamanho. A expressão final de busca é apresentada no Quadro 4.13.

Quadro 4.13 - Expressão de busca do final.

| Expressão final de busca |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>((TI=("materials science") OR TI=("materials engineer*") OR TI=("materials selection") OR TI=("metallurgy") OR TI=("polymer science") OR TI=("ceramic material") OR TI=(metal) OR TI=("alloy*") OR TI=("steel") OR TI=("aluminium") OR TI=("aluminum") OR TI=("polymer*") OR TI=("composite* material*") OR TI=(casting*) OR TI=(foundr*) OR TI=("heat treatment") OR TI=("rheology") OR TI=("tribology")) AND WC=("educat*")) OR WC=("educat*") AND (WC=("material* science") OR WC=(" polymer science") OR WC=("metallurgy & metallurgical engineering")) OR TI= (("educat*" NEAR/2 "materials science") OR ("educat*" NEAR/2 "materials engineer*") OR ("educat*" NEAR/2 "materials selection") OR ("educat*" NEAR/2 "metallurg*") OR ("educat*" NEAR/2 "polymer science") OR ("educat*" NEAR/2 "ceramic material*") OR ("educat*" NEAR/2 "metal") OR ("educat*" NEAR/2 alloy*) OR ("educat*" NEAR/2 "steel") OR ("educat*" NEAR/2 "aluminium") OR ("educat*" NEAR/2 "aluminum") OR ("educat*" NEAR/2 "polymer*") OR ("educat*" NEAR/2 "composite* material*") OR ("educat*" NEAR/2 "foundr*") OR ("educat*" NEAR/2 "heat treatment") OR ("educat*" NEAR/2 "rheology") OR ("educat*" NEAR/2 "tribology")) OR TI= (("teach*" NEAR/2 "materials science") OR ("teach*" NEAR/2 "materials engineer*") OR ("teach*" NEAR/2 "materials selection") OR ("teach*" NEAR/2 "metallurg*") OR ("teach*" NEAR/2 "polymer science") OR ("teach*" NEAR/2 "ceramic material*") OR ("teach*" NEAR/2 "metal") OR ("teach*" NEAR/2 alloy*) OR ("teach*" NEAR/2 "steel") OR ("teach*" NEAR/2 "aluminium") OR ("teach*" NEAR/2 "aluminum") OR ("teach*" NEAR/2 "polymer*") OR ("teach*" NEAR/2 "composite* material*") OR ("teach*" NEAR/2 "foundr*") OR ("teach*" NEAR/2 "heat treatment") OR ("teach*" NEAR/2 "rheology") OR ("teach*" NEAR/2 "tribology")) OR TI=((("learning" NEAR/2 "materials science") OR ("learning" NEAR/2 "materials engineer*") OR ("learning" NEAR/2 "materials selection") OR ("learning" NEAR/2 "metallurg*") OR ("learning" NEAR/2 "polymer science") OR ("learning" NEAR/2 "ceramic material*") OR ("learning" NEAR/2 "metal") OR ("learning" NEAR/2 alloy*) OR ("learning" NEAR/2 "steel") OR ("learning" NEAR/2 "aluminium") OR ("learning" NEAR/2 "aluminum") OR ("learning" NEAR/2 "polymer*") OR ("learning" NEAR/2 "composite* material*") OR ("learning" NEAR/2 "foundr*") OR ("learning" NEAR/2 "heat treatment") OR ("learning" NEAR/2 "rheology") OR ("learning" NEAR/2 "tribology")) NOT ("machine learning" OR "deep learning")) OR TI= (("classroom" NEAR/2 "materials science") OR ("classroom" NEAR/2 "materials engineer*") OR ("classroom" NEAR/2 "materials selection") OR ("classroom" NEAR/2 "metallurg*") OR ("classroom" NEAR/2 "polymer science") OR ("classroom" NEAR/2 "ceramic material*") OR ("classroom" NEAR/2 "metal") OR ("classroom" NEAR/2 alloy*) OR ("classroom" NEAR/2 "steel") OR ("classroom" NEAR/2 "aluminium") OR ("classroom" NEAR/2 "aluminum") OR ("classroom" NEAR/2 "polymer*") OR ("classroom" NEAR/2 "composite* material*") OR ("classroom" NEAR/2 "foundr*") OR ("classroom" NEAR/2 "heat treatment") OR ("classroom" NEAR/2 "rheology") OR ("classroom" NEAR/2 "tribology"))) OR TI= (("curricul*" NEAR/2 "materials science") OR ("curricul*" NEAR/2 "materials engineer*") OR ("curricul*" NEAR/2 "materials selection") OR ("curricul*" NEAR/2 "metallurg*") OR ("curricul*" NEAR/2 "polymer science") OR ("curricul*" NEAR/2 "ceramic material*") OR ("curricul*" NEAR/2 "metal") OR ("curricul*" NEAR/2 alloy*) OR ("curricul*" NEAR/2 "steel") OR ("curricul*" NEAR/2 "aluminium") OR ("curricul*" NEAR/2 "aluminum") OR ("curricul*" NEAR/2 "polymer*") OR ("curricul*" NEAR/2 "composite* material*") OR ("curricul*" NEAR/2 "foundr*") OR ("curricul*" NEAR/2 "heat treatment") OR ("curricul*" NEAR/2 "rheology") OR ("curricul*" NEAR/2 "tribology"))) OR TI= (("student*" NEAR/2 "materials science") OR ("student*" NEAR/2 "materials engineer*") OR ("student*" NEAR/2 "materials selection") OR ("student*" NEAR/2 "metallurg*") OR ("student*" NEAR/2 "polymer science") OR ("student*" NEAR/2 "ceramic material*") OR ("student*" NEAR/2 "metal") OR ("student*" NEAR/2 alloy*) OR ("student*" NEAR/2 "steel") OR ("student*" NEAR/2 "aluminium") OR ("student*" NEAR/2 "aluminum") OR ("student*" NEAR/2 "polymer*") OR ("student*" NEAR/2 "composite* material*") OR ("student*" NEAR/2 "foundr*") OR ("student*" NEAR/2 "heat treatment") OR ("student*" NEAR/2 "rheology") OR ("student*" NEAR/2 "tribology"))) OR TI= (("training" NEAR/2 "materials science") OR ("training" NEAR/2 "materials engineer*") OR ("training" NEAR/2 "materials selection") OR ("training" NEAR/2 "metallurg*") OR ("training" NEAR/2 "polymer science"))</p> |

Todos estes procedimentos empregados na seleção, filtragem, tratamento e análise dos dados foram planejados com a finalidade de permitir resultados que fossem mais confiáveis possível, e que pudessem também se alinhar aos objetivos deste trabalho. Por consequência, há confiança nos dados apresentados nas próximas seções.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos dados recuperados na base de dados WoS, a respeito do número anual de publicações relativas à Educação em Engenharia de Materiais, no período entre 2001 e 2020, foi obtido a Figura 5.1.

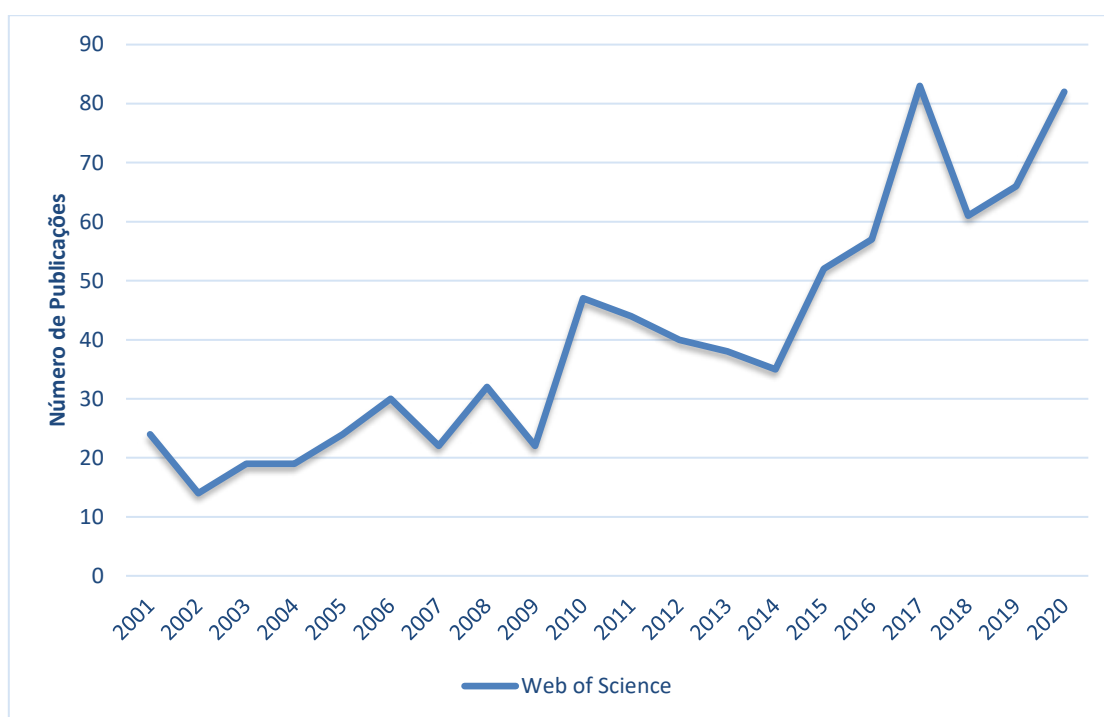


Figura 5.1 - Número de total publicações sobre Educação em Engenharia de Materiais (2001-2020).

O número total de publicações por ano, está representado no gráfico e nos permite observar uma presença de dois momentos distintos. O primeiro momento está descrito entre os anos de 2001 e 2009, a análise do gráfico permite relatar que houve certa estabilidade nos resultados, com uma média de 22 publicações ao ano e apresentando pequenos picos de crescimento (2001, 2006 e 2008). Já na segunda metade do gráfico (2010-2020) notam-se resultados mais expressivos, com um aumento de mais que o dobro de publicações no ano de 2010, se comparado ao ano anterior. Para este período de tempo analisado, a média de publicações por ano subiu para 55. Neste

segundo período de tempo (2010-2020), é possível observar os três maiores picos do gráfico (2010, 2017, 2020).

Observa-se também, uma tendência de crescimento no número de publicação a respeito do tema de pesquisa, bem como, um cenário favorável a continuidade do mesmo. Calculando o crescimento obtido no segundo período representado pelo gráfico, no qual ocorreram as maiores variações no número de publicações, logrou um resultado da ordem de 74,46%. Já para o período total representado pelo gráfico, o resultado para crescimento sobre para 241,66%. Esta informação já nos remete ao primeiro indício da relevância da pesquisa a respeito de Educação em Engenharia de Materiais.

É válido ressaltar também que o valor é relativamente baixo no número de documentos recuperados, uma vez que boa parte das pesquisas bibliométricas lidam com dezenas a centenas de milhares de documentos. Em trabalho intitulado “Indicadores Bibliométricos de Publicações sobre Educação em Engenharia”, os autores Leonardo P. Marcos et al., utilizando também a base de dados WoS, alcançaram o número 11.568 como resultado entre os anos de 1998 e 2017 [43].

No entanto, a grandeza de valor apresentada para tema era esperada, já que o tema Educação em Engenharia de Materiais é umas das várias subáreas da Educação em Engenharia. A título de comparação, os valores obtidos para este é cerca de 7% do valor obtido para Educação em Engenharia. Apesar de um número total menor, a amostra analisada não deixa a desejar e nos mostra de maneira clara as tendências descritas pelo tema.

Aprofundando mais ao tema de estudo, foi necessário um melhor entendimento a respeito das fontes das publicações. A Figura 5.2 que mostra as 10 primeiras fontes em uma classificação por ordem de número de publicações retornadas, o grande destaque fica com os periódicos Journal of Chemical Education (JCE) com 288 publicações e ao Journal of Materials Education (JME) com 180 publicações.

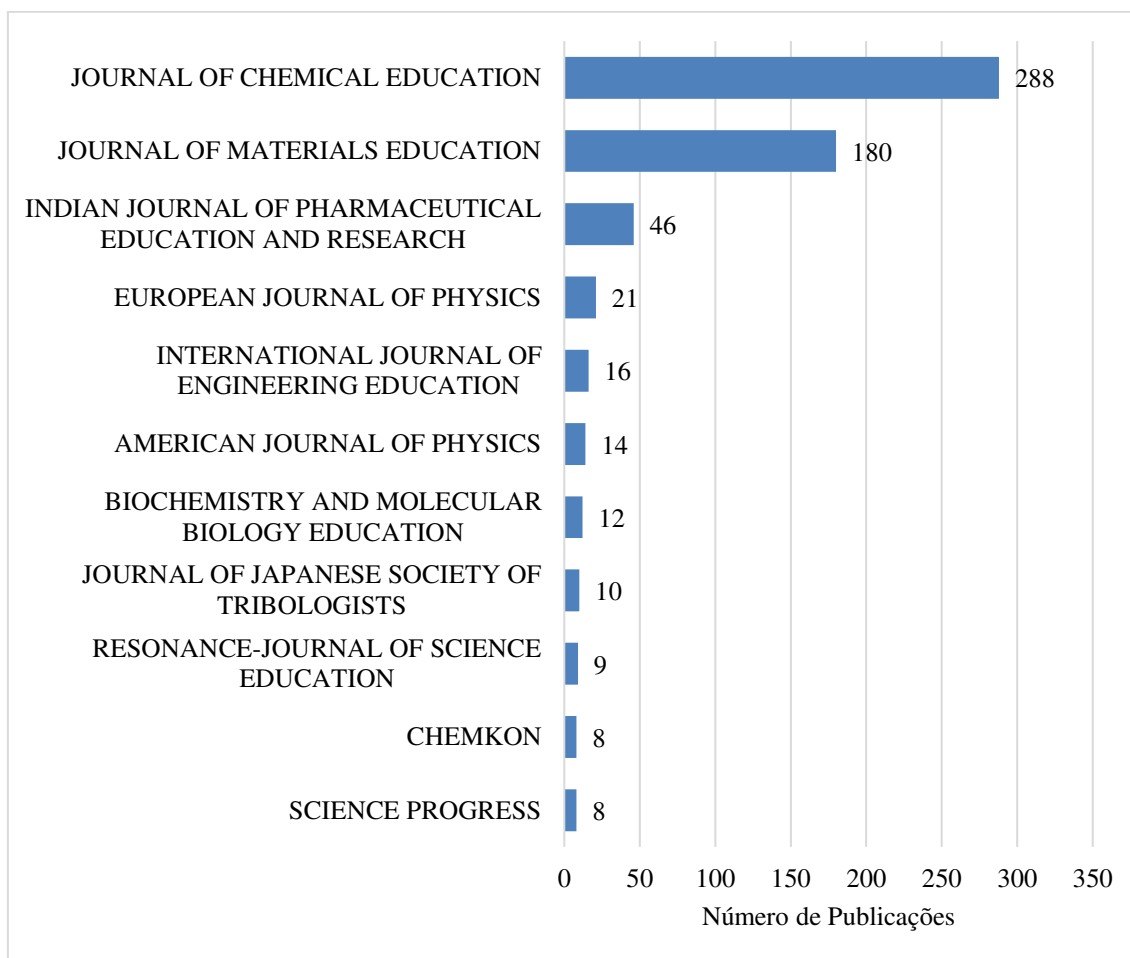


Figura 5.2 – Número de publicações das principais revistas científicas sobre Educação em Engenharia de Materiais para o período de 2001 a 2020.

A revista Indian Journal of Pharmaceutical Education figura na terceira dentre as principais fontes de publicação com 46 em seu total. É interessante observar o transbordamento que ocorre na educação em engenharia de materiais, em que se percebe a presença de outros cursos onde disciplinas afins são ministradas. Na área da farmácia temos como exemplo a área da biocompatibilidade, presente nos resultados com artigo intitulado “Biocompatibility issues of implanted polymeric materials”, bem como em “Biologically Active Metal Complexes Containing Thiazole core: Synthesis and Spectral Characterization”.

Figurando na quarta e sexta posição, estão representados dois importantes periódicos na área da física, que como já discutido anteriormente, junto com a química e matemática formam a base das disciplinas do ciclo básico

dos cursos de engenharia. A *European Journal of Physics* com 21 publicações e a *American Journal of Physics* com 14. A química é representada pela presença do periódico *Chemkon*, que com 8 publicações aparece na décima colocação.

Os dois primeiros periódicos apresentados na figura 5.2, mostraram sua importância para o tema, na medida que ambos claramente apresentam um número bem maior de publicações, são eles: o periódico *JCE*, ligado a educação em química e o *JME*, que lida com aspectos da educação da Ciência e Engenharia de Materiais.

Das 816 publicações totais, 468 foram provenientes destas revistas. Dada tamanha relevância, é de suma importância para a continuidade da pesquisa entender o papel destes dois no crescimento anual das publicações. Outro dado importante e que também destaca a relevância exercida pelo tema de pesquisa é a quantidade de revistas que tiveram pelo menos um trabalho a respeito da Educação em Engenharia de Materiais em suas publicações, no total 155 periódicos.

A figura 5.3 apresentada a seguir, representa as publicações totais para o tema (azul) e as publicações sem a presença dos periódicos *JCE* e *JME* (vermelho).

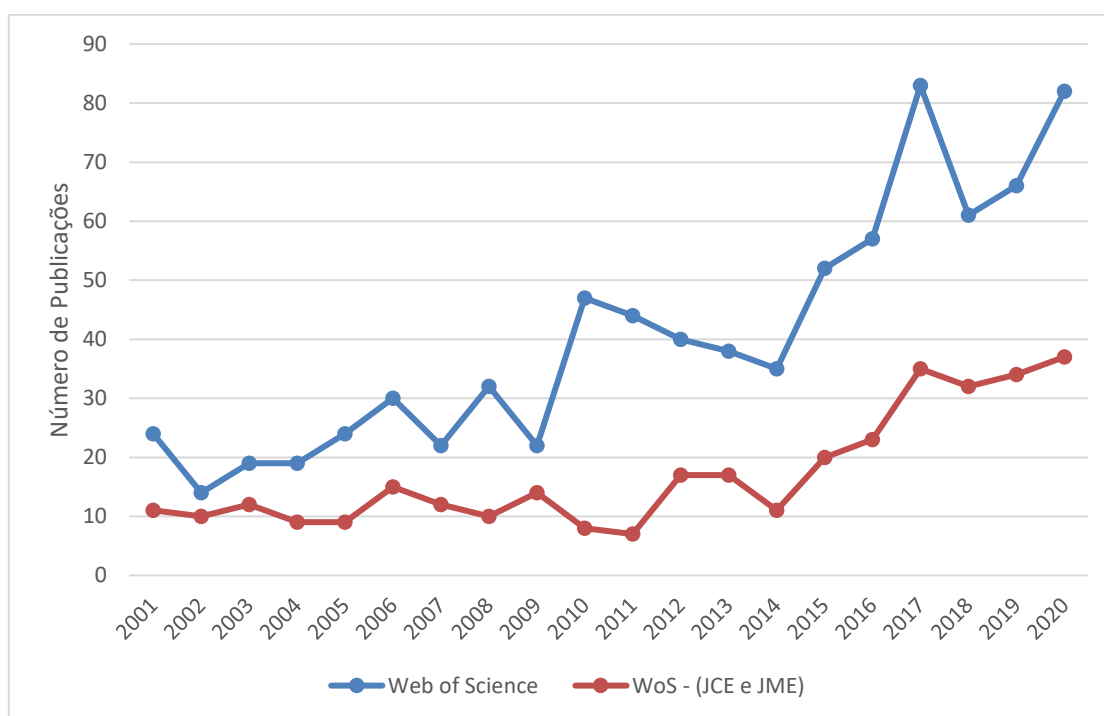


Figura 5.3 - Número total de publicações sobre Educação em Engenharia de Materiais e contribuição da demais fontes de publicação excluindo JCE e JME (2001-2020).

Mesmo com a retirada das principais fontes na Educação em Engenharia de Materiais, o número de publicações ainda tende a ter um importante crescimento em relação ao tempo. Demarcando o ano de 2020 como referência, por exemplo, este número chega próximo a 40 artigos anuais. Desta maneira chegamos à conclusão que apesar da importância destas revistas científicas ao tema Educação em Engenharia de Materiais, o mesmo não é dependente destes. Mesmo quando as duas principais revistas não são consideradas nos resultados, o número de artigos por ano cresce bastante, sendo que o acréscimo entre os anos 2010 e 2020 chega a 333,33%.

A presença de uma revista diretamente ligada ao tema e uma relacionada à educação em uma área afim, como maiores participantes nas publicações relacionados a educação em engenharia de materiais, reforça mais uma vez a relevância do tema, uma vez que este vem sendo abordado não só em revistas diretamente ligadas ao mesmo como vem transbordando em periódicos de temas relacionados.

Dada sua importância, foi realizada uma análise mais aprofundada a respeito das contribuições do periódico JME. Suas publicações estão apresentadas na Figura 5.4, a seguir:

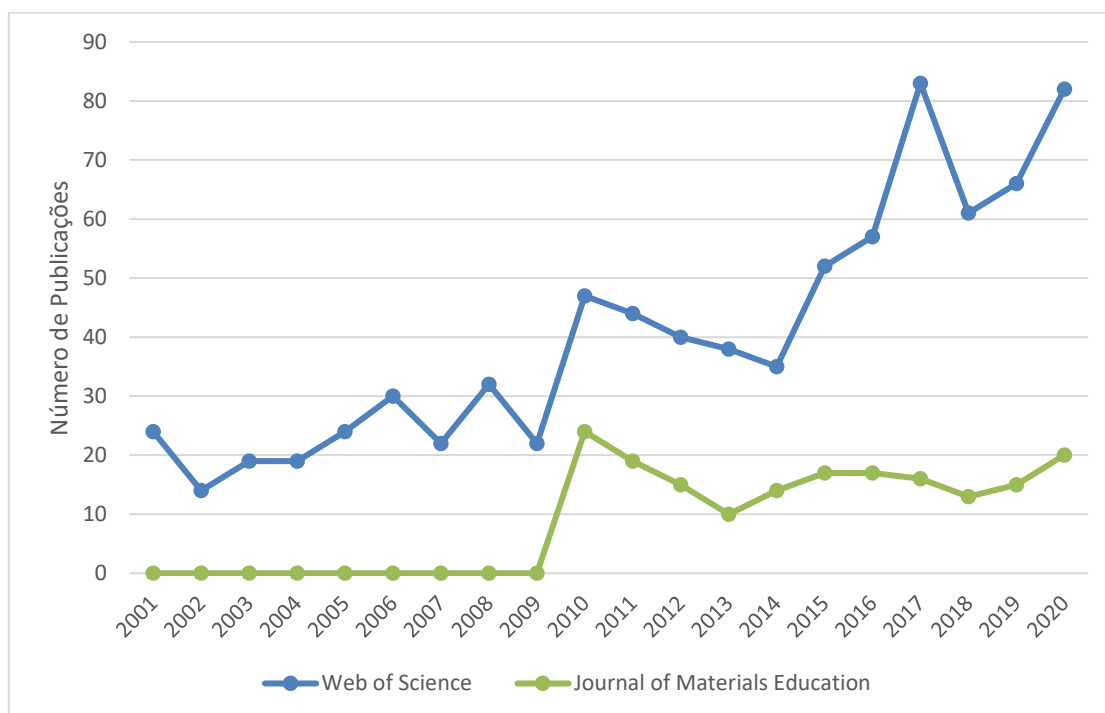


Figura 5.4 - Número total de publicações sobre Educação em Engenharia de Materiais e contribuição da Journal of Materials Education (2001-2020).

O JME é publicado três vezes ao ano, sendo importante veículo de distribuição de informações instrucionais sobre o mundo em expansão da ciência dos materiais [13]. Apesar do periódico ter começado a ser publicado no ano de 1979, este como podemos observar ilustrado na figura 5.4, começou a ser indexada pela WoS a partir do ano 2010.

Em suas diretrizes, o periódico menciona aceitar artigos sobre uma ampla variedade de tópicos relacionados à Educação em Ciência e Engenharia de Materiais, incluindo áreas pedagógicas e técnicas, novos materiais, novos procedimentos de caracterização, novas técnicas de processamento e desenvolvimento estratégico de programas educacionais.

Podemos tomar como exemplo de trabalhos a respeito de novos procedimentos de caracterização, o artigo “The nature of the glassy state:

structure and glass transitions”, onde os autores atentam para a necessidade de um maior aprofundamento no estudo dos materiais vítreos, fornecendo uma abordagem alternativa para a caracterização de estruturas amorfas e líquidas [44]. Já o trabalho “Polymer concretes: a description and methods for modification and improvement”, tem como objetivo familiarizar a comunidade científica da área com a natureza dos concretos poliméricos, pois na palavra dos autores estes materiais ainda não obtiveram amplo reconhecimento [45].

Levando em conta que o JME é um periódico totalmente ligado ao tema, já era esperado um aumento no número final de publicações por ano. A partir do ano de 2009 foram obtidos os maiores valores de publicações referentes ao tema para o período analisado.

O início de indexação de uma revista diretamente ligada ao tema de pesquisa, mais uma vez enfatiza a relevância deste. Para que um periódico seja indexado a esta base de dados, 28 critérios rigorosos são seguidos, sendo 24 destes de ligados a qualidade editorial e quatro critérios relacionados a influência do periódico em sua área de conhecimento (impacto).

Na etapa de avaliação do impacto são abordados critérios para ampla seleção de periódicos mais influentes em um campo de pesquisa, usando como principal indicador de impacto as atividades de citação. O primeiro critério observado nesta etapa é a análise comparativa de citações, que considera o número e a fonte das citações recebidas. O segundo critério, é a análise de citação do autor onde a maioria dos autores deve ter um histórico de publicações na WoS. Na sequência temos a análise de citação do corpo editorial, onde a maioria dos editores membros deve ter um histórico de publicações na WoS e por último a relevância do conteúdo que deve ser de interesse, importância e valor aos seus leitores e assinantes da WoS. A relevância do conteúdo pode ser evidenciada por uma característica de especialização, abordagem, foco regional ou conteúdo que enriqueça o acervo da WoS.

Desta maneira, o interesse da base de dados em indexar esta revista certamente se deu bastante pelo aumento do impacto. Sendo assim, auxiliando o aumento de citações dos artigos publicados, que por sua vez só estão sendo citados pois são lidos e utilizados como referência em outros artigos. Vale

ressaltar também que a própria indexação da revista a WoS aumenta a visibilidade do tema Educação em Engenharia de Materiais.

Observa-se também que, os dois picos de publicações presentes no gráfico representado pela cor verde (JME) coincidem com dois dos três maiores picos que ilustram as publicações totais referentes ao tema e estão localizados nos anos de 2010 e 2020. O único pico que não coincide com este, no ano de 2017.

A figura 5.5 nos apresenta em um mesmo gráfico as publicações totais na WoS, bem como as publicações da revista JCE.

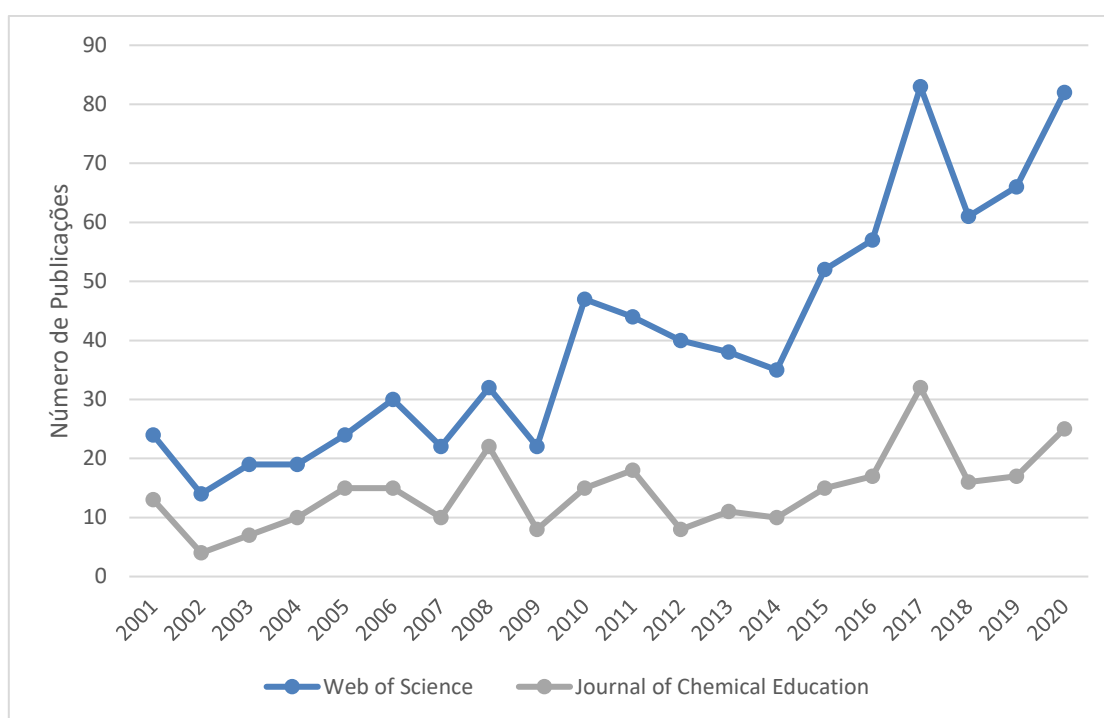


Figura 5.5 - Número de total publicações sobre Educação em Engenharia de Materiais e contribuição da Journal of Chemical Education (2001-2020).

O periódico JCE foi a maior fonte de publicações para o tema. A análise deixa evidente que as linhas do gráfico referente ao periódico (cinza) seguem praticamente a mesma tendência das linhas representadas em azul, referentes ao número total de publicações na WoS, como dito previamente. Desta maneira, para este primeiro momento nota-se semelhança na localização dos picos de maiores valores, que assim como os da amostra referente as

publicações totais na base de dados, estão localizados nos anos de 2001, 2006 e 2008. No segundo momento (após 2009), tal tendência se mantém com picos similares nos anos de 2010, 2017 e 2020.

Esta semelhança na localização dos principais resultados nos leva a entender que, os picos referentes ao número de publicações sobre Educação em Engenharia de Materiais na WoS seguem os picos relacionados as publicações desta revista. Destaca-se a importância deste periódico ao tema de pesquisa, como gerador de conteúdo para a área, promovendo o progresso da ciência e noticiando novas pesquisas, bem como, discutindo ideias, métodos, técnicas, processos. Sendo assim, é necessário cuidado nas análises sobre acréscimos ou decréscimos muitos bruscos na Educação em Engenharia de Materiais de um ano para o outro, pois estes podem ser motivados pela política editorial de uma revista.

Dando prosseguimento à análise dos dados recuperados, a Figura 5.6 ilustra os países mais ativos em termos de publicações a respeito do tema abordado. Para que uma publicação seja atribuída a um país, é necessário que algum de dos autores seja vinculado a alguma instituição de sua nacionalidade. No caso de autores com diferentes nacionalidades, a publicação é válida para todas as nacionalidades representadas na autoria.

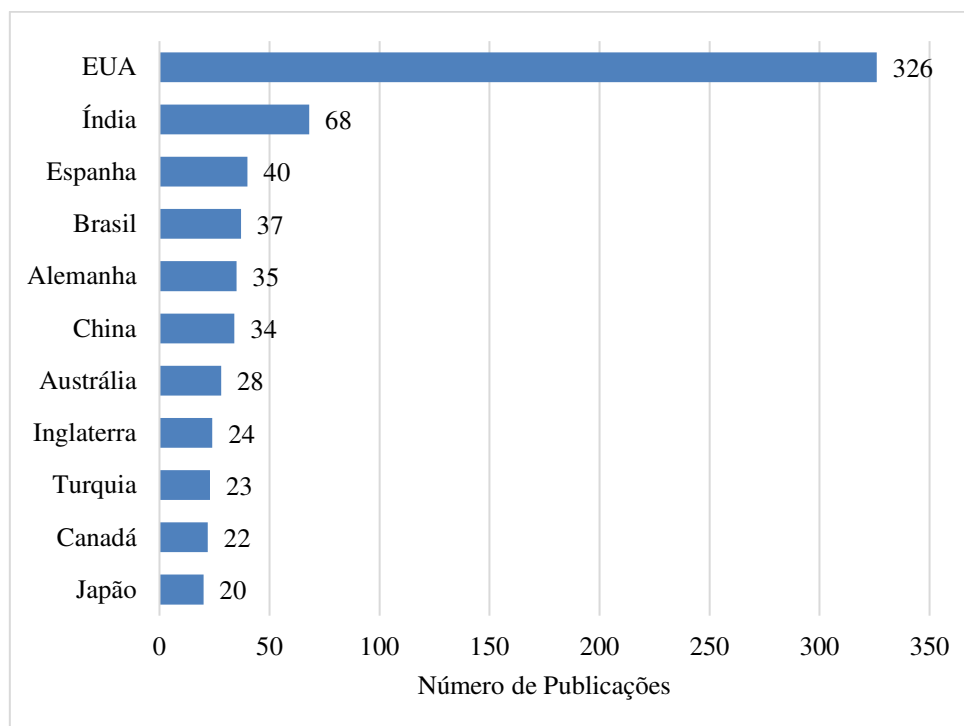


Figura 5.6 - Número de publicações por país de origem, sobre Educação em Engenharia de Materiais para o período de 2001 a 2020.

O primeiro ponto a ser considerado, está na predominância dos Estados Unidos como país líder em publicações a respeito de Educação em Engenharia de Materiais. O país detém 326 publicações para o intervalo de tempo analisado, este valor é equivalente a quase cinco vezes o número total de publicações da Índia, que ocupa a segunda posição com 68 publicações. Em terceiro lugar aparece a Espanha, com o total de 40 publicações.

Vale ressaltar ainda que da 3º a 8º posição no ranking, a diferença média no número total de artigos ligados ao tema e indexados a base de dados é bastante baixa, menor que 3 publicações. Sendo assim, os países que aparecem nestas posições devem sofrer variações à medida que novas indexações sobre o tema sejam realizadas pela base de dados, abrindo possibilidades de países como o Brasil angariar melhores resultados em um período de tempo relativamente pequeno.

O Brasil aparece na 4º posição, dentre os países analisados, com um total de 37 publicações. Embora não seja uma posição muito baixa, seu número de publicações é o equivalente a apenas 4,5% do total de publicações

analisadas, o que não constitui uma contribuição expressiva para o número total de publicações, representando a necessidade de um maior investimento neste tema de pesquisa, dada a sua importância discutida anteriormente. Felizmente, a implantação das DCN e vigência do PMG-EUA, têm favorecido a ocorrência de discussões sobre o ensino nas engenharias, o que pode promover um aumento no número de publicações nessa área nos próximos anos.

Ainda na conjuntura dos países, torna-se relevante a observação da rede de colaboração internacional para pesquisas na área de educação em engenharia de materiais. O mapa de rede é constituído por 42 países.

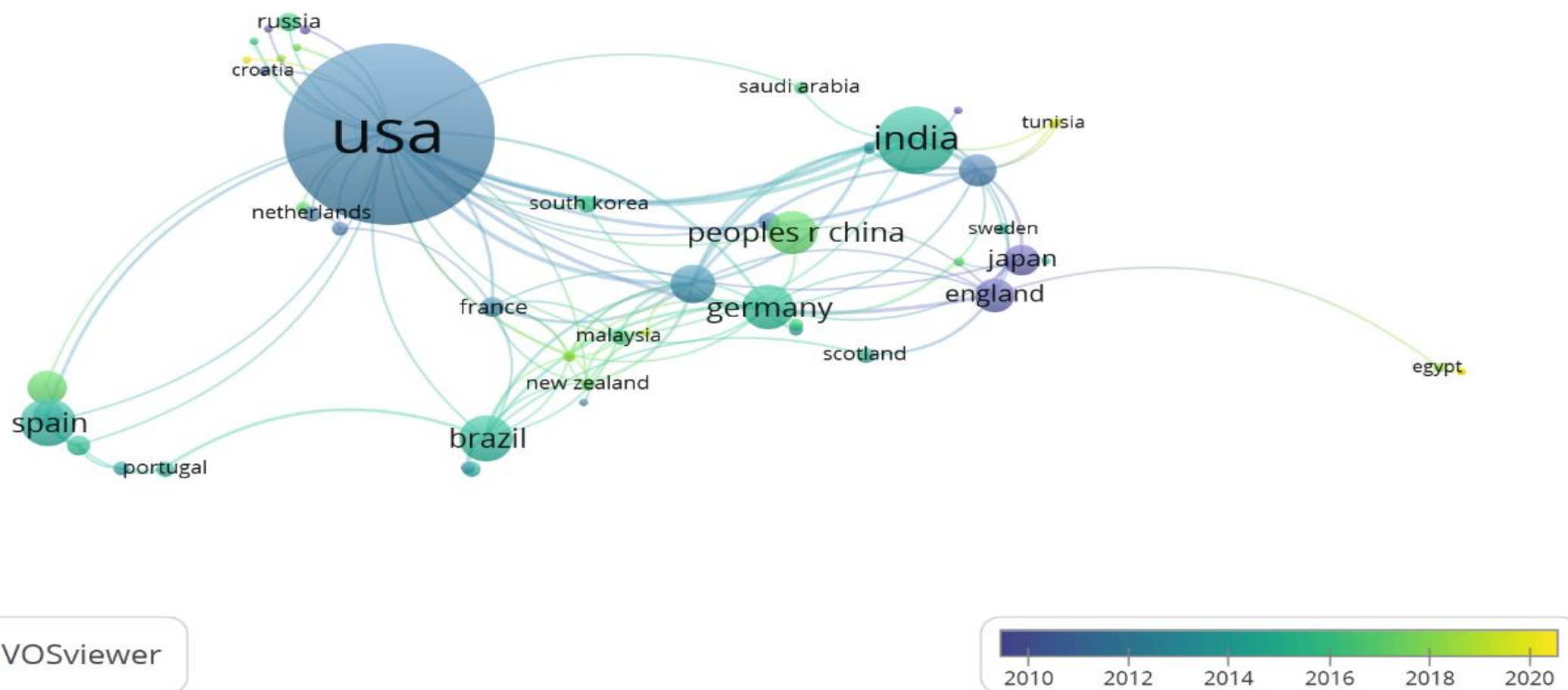


Figura 5.7 – Rede de colaboração entre os principais países sobre Educação em Engenharia de Materiais /ano das publicações.

As informações ilustradas pela rede consolidam os EUA como referência no assunto, tendo em vista sua posição estrategicamente mais central com suas ramificações conectadas a todos os diferentes grupos representados na figura, o que nos revela que este divide seus esforços de maneira significativa com os demais países ali representados. Outro fator que chama bastante atenção, é o tamanho de seu nó de marcação em comparação aos dos outros países ali representados. O tamanho do nó representado na figura é diretamente proporcional ao número de publicações do país.

Nota-se através da proximidade e conexão exclusiva, a forte ligação entre os EUA com outros países como: a Rússia, Croácia, Grécia, Filipinas; sendo assim este o principal agrupamento presente na rede. Continuando a análise, do lado esquerdo da rede temos em violeta um grupamento mais isolado, representado pela Espanha e que possui conexão apenas com os EUA.

Vale salientar que os resultados mostraram a presença de dez grupos diferentes. Um destes grupos está localizado a esquerda do mapa e é constituído por Espanha, Turquia, Portugal, México, Itália e Israel. Além das conexões que este grupo faz com o dos EUA, é importante mencionar também colaborações entre um dos países deste grupo (Portugal) com o Brasil. Fatores culturais envolvendo os dois países podem explicar tal conexão.

Falando do grupo do Brasil, este é constituído por mais dois países sul-americanos: Colômbia e Argentina. Estas contribuições podem ser explicadas pela proximidade geográfica e cultural entre estes países, como podem ser verificados também em demais grupos. Além de fazer esta ponte com EUA e Portugal, o Brasil ainda se conecta aos grupos da Nova Zelândia que além deste é constituído por França, Austrália, República Tcheca, Tailândia e Malásia, bem como, com o grupo da Alemanha, que além dela estão presentes Áustria, Japão, Suíça e Paquistão.

Com conexão quase restrita aos EUA, temos o grupo da Índia, que também é formado por: Canadá, Finlândia, Arábia Saudita, Eslováquia e Tunísia. Já a China que também tem Taiwan em seu grupo tem parcerias com o Alemanha e Inglaterra. Por fim, o último grupo é o constituído por: Irlanda,

Holanda e Irã. Este último grupo citado além da conexão EUA, ainda possui vínculo com a França.

Sobre a representação das cores no mapa de rede, estas dizem respeito as datas vinculadas as publicações a respeito do tema de pesquisa. Observa-se que Japão e Inglaterra apresentam publicações desde 2010, pois estes estão representados pela cor azul escuro. Já em um tom um pouca mais claro vemos os EUA e França. Vale também observar a presença de países que vem recentemente dando suas contribuições ao tema, o que mais uma vez mostra sua relevância, pois o mesmo continua sendo estudado. Estes países estão representados pela cor amarela, e são eles: Egito, Croácia e Malásia.

Desta maneira, torna-se importante entender quais instituições apresentam maior notoriedade no tema buscado, como é representado graficamente pela Figura 5.8, abaixo.

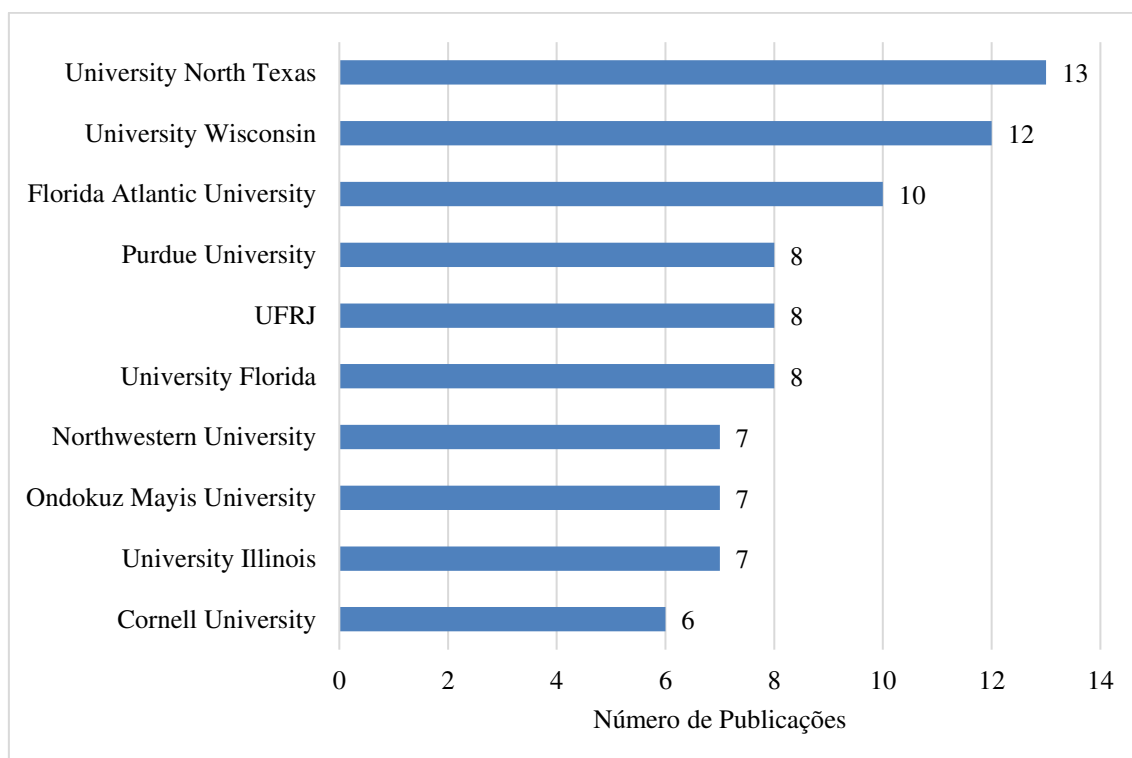


Figura 5.8 - Número de publicações por IES sobre Educação em Engenharia de Materiais para o período de 2001 a 2020.

A presença de importantes universidades estadunidenses ganham notoriedade entre as dez maiores apresentadas para o tema, ocupando oito destas posições. Brasil e Turquia são os únicos outros países que aparecem neste cenário. A University North Texas foi responsável pela maior quantidade de trabalhos publicados (13). Pesquisas adicionais mostraram que a maioria das publicações (11) foram provenientes da revista JME e duas delas pela revista JCE. Vale ressaltar que a University North Texas é a instituição vinculada ao Conselho Internacional de Educação em Materiais, responsável pela edição e publicação do periódico JME.

A segunda colocada University Wisconsin, segue bem de perto com o total de 12 trabalhos publicados. Figurando na terceira posição temos mais uma instituição norte americana, Florida Atlantic University publicou no período analisado o total de 10 trabalhos.

Após a terceira colocação vemos um bloco com três instituições que detêm o mesmo número de publicações no tema (8), são elas: Purdue University, UFRJ, University Florida. Vale destacar então que a instituição brasileira é a primeira fora do eixo EUA a aparecer entre as principais instituições, figurando ao lado de universidades bastante renomadas.

Outra instituição de fora dos EUA a aparecer nos resultados é a Ondokuz Mayıs University, da Turquia. Esta teve o total de 7 publicações no tema e todas elas foram advindas da revista JME. As instituições de ensino Northwestern University e University Illinois, também tiveram 7 publicações cada.

É importante evidenciar o baixo número de publicações, além da baixa diferença entre dos resultados entre as posições, o que leva a crer que há em aberto uma vaga como instituição protagonista no tema.

Apesar disto, mostra-se evidente mais uma vez a dominância estadunidense ao tema, levando em conta a quantidade superior de instituições de ensino entre as 10 maiores em número de publicações. Foram feitas investigações adicionais no intuito de entender a representatividade dos Estados Unidos neste assunto, e o que se constatou, que pode ser resumido no Quadro 5.1, é que estas instituições possuem programas de pós graduação dedicados exclusivamente à educação, ciência e engenharia dos materiais e/ou química.

Como iremos discutir posteriormente, estas áreas de ensino estão bastante associadas ao tema de pesquisa.

Quadro 5.1 - Oferta nos programas de doutorado em ensino de engenharia ou ciência e engenharia dos materiais nas 5 principais instituições americanas.

| Instituição | Programa de Pós-graduação | | |
|------------------------------------|---------------------------|-----------|---------|
| | Educação | Materiais | Química |
| Purdue University | x* | x | x |
| Cornell University | | x | x |
| Florida Atlantic University | x | | x |
| University of Michigan | x* | x | x |
| University North Texas | x | x | x |

Fontes: Websites das instituições.

Nota-se após análise do quadro com as instituições de ensino apresentadas, apenas duas não possuem programas de pós graduação em todas as três áreas, são elas: Cornell University (não possui programa de pós-graduação na área da educação) e a Florida Atlantic University (sem programa na área de materiais). A presença do asterisco junto a marcação (X*), que ocorreu para o programa de pós graduação na área da educação das instituições de ensino Purdue University e University of Michigan, foi no intuito de salientar que ambas possuem programas específicos para educação nas engenharias.

É importante destacar que este tipo de programa de pós-graduação, apesar de ter surgido inicialmente nos EUA em 2005 (na Purdue University), já se espalhou pelo país. A pluralidade de países e instituições que publicam a respeito do tema, sem dúvidas, leva à justa importância desta área do conhecimento, e como um assunto discutido dentro do contexto internacional.

A instituição brasileira com melhor posicionamento foi a Universidade Federal do Rio de Janeiro com 8 trabalhos na área de materiais poliméricos e um sobre a preparação de discentes para apresentações orais, sendo todos eles publicados na revista JME, entre os anos de 2010 e 2019.

Desta maneira é possível que com o interesse pela problemática da educação em engenharia, em conjunto com a parceria com instituições norte americanas, que como já visto previamente são os principais expoentes na pesquisa e publicações no tema, promovam um maior interesse no estudo da

educação em engenharia como ciência no Brasil. A título de informação, estão listados no Quadro 5.2 abaixo as principais instituições de ensino superior nacional que ajudaram o Brasil a chegar a esta posição e seus respectivos número de publicações.

Quadro 5.2 - Número de publicações sobre Educação em Engenharia de Materiais indexadas na WoS por instituição (2001-2020).

| Instituição | Publicações |
|--------------------|--------------------|
| UFRJ | 6 |
| UFBA | 2 |
| UFOP | 2 |
| Unesp | 2 |
| UFSCar | 1 |
| UFCG | 1 |
| USP | 1 |
| UFRGS | 1 |

Fonte- Web of Science, 2021.

Dentre as IES listadas acima, observamos que seis delas se localizam na região sudeste do país e duas delas na região nordeste. Temos também a presença de várias instituições de ensino tradicionais na educação em engenharia de materiais, como é o caso da UFSCar. Criado em 1972, o Departamento de Engenharia de Materiais da Universidade Federal de São Carlos é pioneiro em inovação na área de materiais em toda América Latina. É o primeiro departamento de engenharia da Universidade Federal de São Carlos, bem como, o pioneiro em engenharia de materiais no Brasil. Desde o ano de 2019, o PPGCEM da UFSCar conta com um grupo de pesquisa voltado a Educação em Engenharia. Este grupo tem suas pesquisas vinculadas ao Núcleo de Informação Tecnológica em Materiais (NIT/Materiais) e conta com uma diversidade de profissionais de diferentes centros e secretarias, como é o caso do CCET e SEaD. O autor desta pesquisa também faz deste grupo de pesquisa mencionado anteriormente.

Dando continuidade à análise dos dados, a Figura 5.9 mostra classificação quanto ao número de publicações por área de conhecimento e nela estão apresentadas as 10 maiores áreas. Periódicos e livros cobertos pela

Principal Coleção da WoS são atribuídos a pelo menos uma categoria da WoS. Todas as categorias da WoS são associadas a uma área de pesquisa. As áreas de pesquisa são classificadas em cinco grandes categorias, são elas: Artes e Humanidades, Ciências da Vida e Biomedicina, Ciências Físicas, Ciências Sociais e Tecnologia.

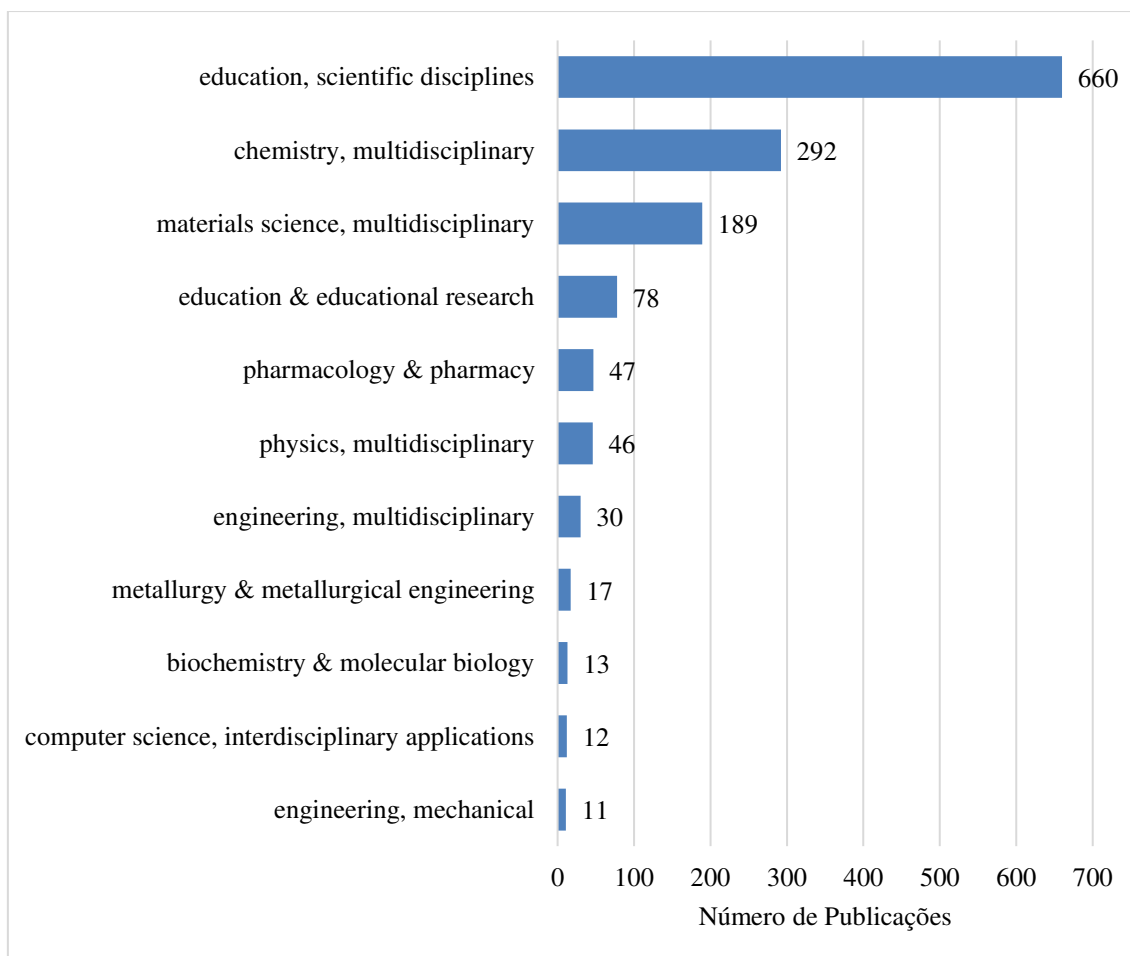


Figura 5.9 - Número de publicações por Área de Conhecimento WoS sobre Educação em Engenharia de Materiais para o período de 2001 a 2020.

A área com o maior número de periódicos e/ou livros, foi a área de conhecimento denominada “Education Scientific Disciplines” com 660 das publicações. Seguindo o ranking gerado temos na segunda posição a área de conhecimento “Chemistry” com 292 publicações, acompanhado por “Materials Science” com 189 publicações e “Education & Educational Research” com 78 das publicações fazendo parte do seu escopo.

Outra informação relevante que podemos retirar do gráfico, está na importância da educação em engenharia de materiais em outras áreas de atuação, mostrando assim a importância do tema não só para o próprio curso de Engenharia de Materiais, mas para os demais cursos que estão direta ou indiretamente ligados ao mesmo. A Educação em Engenharia de Materiais se mostrou bastante expressiva na área da farmácia, como podemos verificar com a presença do termo “Pharmacology & Pharmacy” e para o curso de Ciências da Computação com a presença do termo “Computer Science Interdisciplinary Applications”, bem como para outros cursos de engenharia com a presença do termo “Metallurgy - Metallurgical Engineering” e “Engineering Mechanical”.

MANSBACH, R. et al., evidencia a importância da Ciência da Computação sintetizando ferramentas e habilidade computacionais em todo currículo básico do Departamento de Ciência e Engenharia de Materiais da Universidade de Illinois. A pesquisa “Reforming the undergraduate materials Science curriculum with computational modules” descreve o processo colaborativo de mudança em cursos e currículos, apresentando resultados e evidências das melhoras promovidas ao aprendizado dos alunos [46].

Vale ainda ressaltar a presença de termos mais gerais no âmbito da educação em engenharia como “Education- Scientific Disciplines”, “Education - Educational”, “Engineering - Multidisciplinary”, bem como, termos referentes as disciplinas básicas no ciclo das engenharias. São elas: “Chemistry multidisciplinary” e “Physics multidisciplinary”. O termo restante é diretamente ligado ao curso de Engenharia de Materiais, denominado “Materials Science Multidisciplinary”.

As áreas de pesquisa são categorias criadas para separar os artigos publicados em diferentes grupos. Estas áreas de pesquisa são geralmente aplicadas por outras bases de dados, como resultado, é possível identificar, recuperar e analisar os documentos a partir de diversas bases de dados relacionadas ao mesmo assunto. As áreas de pesquisa são classificadas em cinco grandes áreas, que são elas: Artes e humanidades, Ciências da vida e biomédica, Ciências físicas, Ciências sociais, Tecnologia [42].

Na busca de aprofundar ainda mais na análise dos dados referentes as áreas de conhecimento da WoS, foram investigadas quais os periódicos fonte das principais categorias. Na categoria “Education Scientific Disciplines”, líder no número de publicações, teve o destaque de três diferentes periódicos, são eles: “JCE” (com 288 publicações), seguido por “JME” (com 180 publicações) e “Indian Journal of Phamaceutical Education and Reserach” (com 46 publicações).

Já as categorias “Materials Science Multidisciplinary”, “Chemistry Multidisciplinary” e “Pharmacology & Pharmacy” que figuram na segunda, terceira e quinta posições respectivamente, tem majoritariamente como fonte das publicações periódicos diretamente relacionados a educação em suas respectivas áreas (Ciência dos Materiais, Química e Farmácia). No caso da categoria “Materials Science Multidisciplinary”, das 189 publicações vinculadas ao tema 180 destas tiveram como fonte também a “JME”. Já a categoria “Chemistry Multidisciplinary”, que obteve um total de 292 publicações, teve 288 destas vinculadas ao periódico “JCE”. Por fim, a categoria “Pharmacology & Pharmacy” contou com as suas publicações (47 no total) provenientes do periódico “Indian Journal of Phamaceutical Education and Reserach”.

Foi realizado um agrupamento com o conjunto das palavras-chave com maior ocorrência nas publicações recuperadas pela busca e os resultados estão apresentados na Figura 5.10.

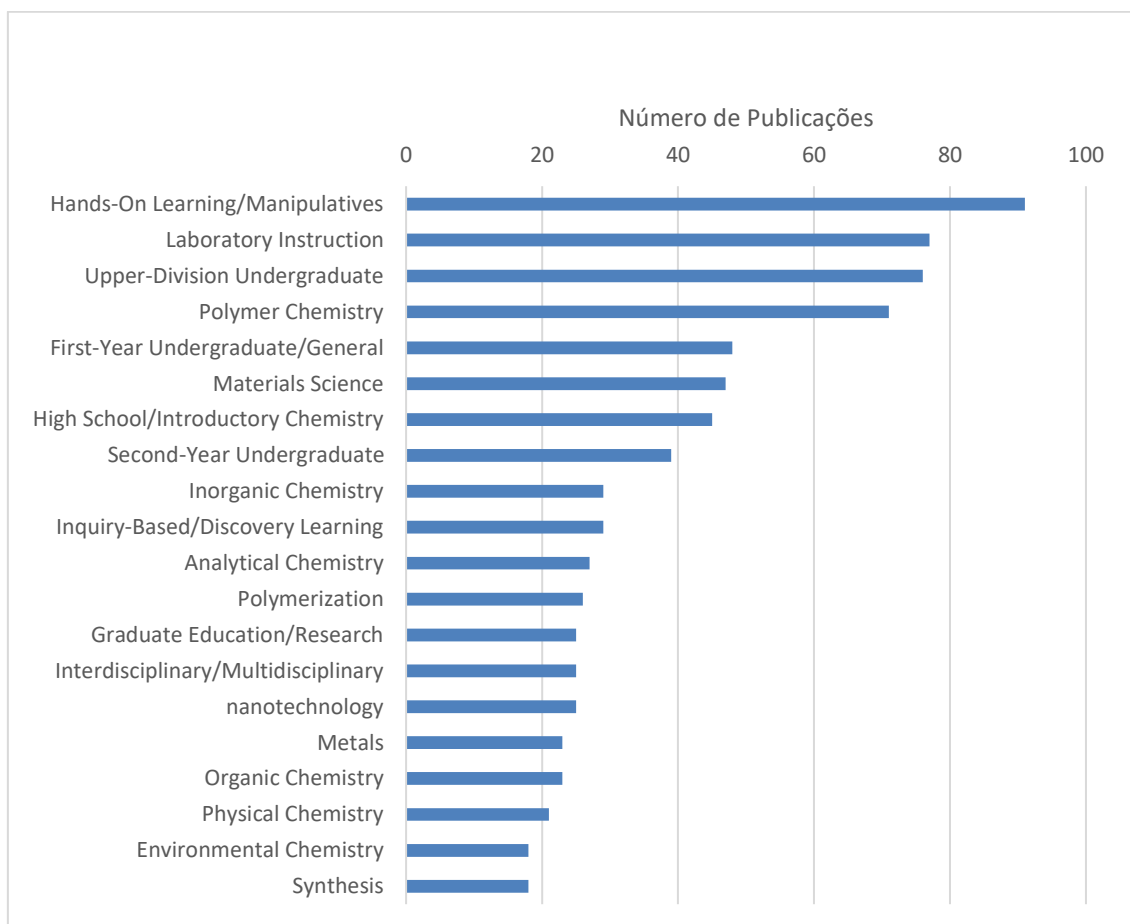


Figura 5.10 – Número de publicações por palavras-chave de maior ocorrência sobre Educação em Engenharia de Materiais para o período de 2001 a 2020.

Após levantamento das palavras-chave que mais vezes apareceram nas publicações englobadas pela pesquisa, este levantamento teve como objetivo um maior entendimento a respeito de assuntos mais estudados pela área de Educação em Engenharia de Materiais. Podemos perceber a presença de alguns termos que apesar de bem genéricos, estão completamente conectadas ao ensino do ciclo básico das engenharias como “organic chemistry”, “physical chemistry”, “inorganic chemistry” e “interdisciplinar/multidisciplinar/” que separadamente não nos permitem aprofundar tanto em sua análise.

Por outro lado, o ensino na área da química tem se mostrado bastante ativo nas publicações a respeito da educação em engenharia de materiais, tendo em vista que das 20 principais palavras-chave, sete delas são diretamente ligadas ao ensino de química, são elas: “Polymer chemistry”, “inorganic

chemistry”, “organic chemistry”, “analytical chemistry”, “Physical chemistry” e “Environmental chemistry”. Essa predominância faz todo sentido se levarmos em conta, como vimos anteriormente, que um dos principais periódicos em número de publicações para o período estudado é o JCE, ligado a educação em química.

Essa informação se torna bastante relevante quando levamos em conta que a Engenharia de Materiais (também conhecida como Ciência e Engenharia dos Materiais) é uma área da Engenharia que estuda a produção e a transformação da matéria, utilizando a interdisciplinaridade da Química e Física. Desta maneira possui, nos primeiros semestres de graduação, extensa carga horária de disciplinas de Química, Física e Matemática.

Outra disciplina que se mostrou com bastante destaque no número de publicações e que também tem intensa ligação com a área da química foi a de Ciência dos Polímeros, uma vez que aparece na terceira posição com a já citada “Polymer chemistry” como também com o termo “polymerization”.

Além das palavras-chave relacionadas ao ensino da ciência dos polímeros, podemos perceber também a presença de termos ligados a outras áreas ou disciplinas diretamente ligadas ao curso. O termo “Materials Science”, ocupando a 6ª posição com 47 publicações é a primeira a se mencionar, este termo está relacionado com a disciplina de Ciências dos Materiais, disciplina base e de extrema importância para desenvolvimento dos alunos no curso. Além desta, vemos também as expressões “nanotechnology”, com 25 publicações e “metals”, com o total de 23 publicações.

Não podemos deixar também de mencionar o termo “laboratory instruction”, uma vez que aparece na segunda colocação com 77 publicações, além de que, assim como outros cursos de engenharia, várias disciplinas que fazem parte do curso são ministradas ou necessitam do laboratório como ferramenta auxiliar na aprendizagem. Um destes trabalhos com autoria de PERIG, A.V., e de título “How to teach students to make a simple experimental visualization of the macroscopic rotational modes of large deformations during pressure forming”, publicado em 2017, faz uma descrição detalhada sobre uma nova técnica de simulação física amigável a engenharia ainda ausente nos livros

didáticos, guias e periódicos de pesquisa conhecidos até o momento de sua publicação [47].

Observa-se também a ocorrência de palavras-chave relacionadas às metodologias ativas de ensino-aprendizagem, importantes para a modernização do ensino, uma vez que estas têm sido bastante indicadas como alternativa aos métodos tradicionais de ensino, pois permitem ao estudante o protagonismo de seu processo formativo, garantindo um maior engajamento e direcionamento da formação de acordo com os interesses profissionais almejados. Este assunto tem ganhado grande destaque atualmente com a necessidade de mudanças na educação em engenharia, já que boa parte das disciplinas ainda são ministradas com metodologias tradicionais.

O primeiro termo que aparece e que está relacionado às metodologias ativas de aprendizagem e também principal dentre todos os demais no topo da lista de palavras-chave com 91 publicações no total é termo “hands-on learning/manipulatives”. Nesta metodologia de ensino, os alunos fazem parte do processo e estão envolvidos de forma ativa em seu processo de aprendizagem, praticando suas habilidades e colocando seus conhecimentos à prova.

Essas metodologias ativas oferecem benefícios consideráveis para processo de ensino e aprendizagem do discente. Há inclusive pesquisas com aplicação destas metodologias, diretamente no ensino da engenharia, ciências e matemática [48]. De maneira geral, o emprego das metodologias ativas geralmente obtém melhores resultados que as ditas metodologias tradicionais.

O segundo termo é o “inquiry based/discovery learning”, que é um método de Instrução baseada em pesquisa. Esta abordagem incentiva os alunos a construírem sobre experiências e conhecimentos passados, usar sua intuição, imaginação e criatividade, além de procurar por novas informações para descobrir fatos, correlações e novas verdades.

Uma das publicações relevantes retornadas pela pesquisa e que fala sobre o tema é o artigo “Active methodologies through interdisciplinary teaching links: Industrial radiography and Technical drawing”, que faz o uso destas metodologias com intuito que alunos com dificuldades de visualização espacial possam exercitar esta capacidade melhorando assim seu aprendizado [49]. Os

autores Kumar, D.D. e Yurick, K.A., utilizaram a Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL) na disciplina de nanotecnologia e obtiveram um efeito positivo na qualidade geral de aprendizagem dos alunos no tocante da compreensão conceitual, atitude e percepção da ciência na sociedade. A pesquisa foi intitulada “Web-assisted problem-based learning in nanotechnology and quality student learning in elementary Science”, trabalho publicado no ano de 2018 [50].

O autor USKOKOVIĆ, V. em “Rethinking active learning as a paradigm of our times: towards poeticizing and humanizing natural sciences in the age of STEM”, faz crítica ao emprego das metodologias ativas sem que haja uma análise mais profunda de seus prós e contras, bem como, não fornecer condições para que haja seu progresso. O autor ainda argumenta que, uma discussão contínua sobre as fraquezas das práticas de aprendizagem ativa é necessária para garantir o progresso sem impedimentos desta metodologia de ensino, atualmente é incomparável em sua popularidade e perspectiva [51].

Por fim, foi observado a presença de três termos relacionados aos diferentes períodos em que os cursos são divididos. Os termos “first-year undergraduate/general” (48 publicações) e “second-year graduate” (39 publicações) são relacionados aos dois primeiros anos de um curso, geralmente esse é o período onde as disciplinas do ciclo básico são ministradas. Já o termo “upper-division undergraduate” (76 publicações), refere-se ao período final do curso, após as disciplinas do ciclo básico serem ministradas. Nesta etapa, os alunos geralmente fazem disciplinas diretamente ligadas ao curso escolhido.

Aprofundando um pouco mais a respeito das palavras-chave utilizadas pelos autores, está apresentado na Figura 5.11 a rede de ocorrência destas.

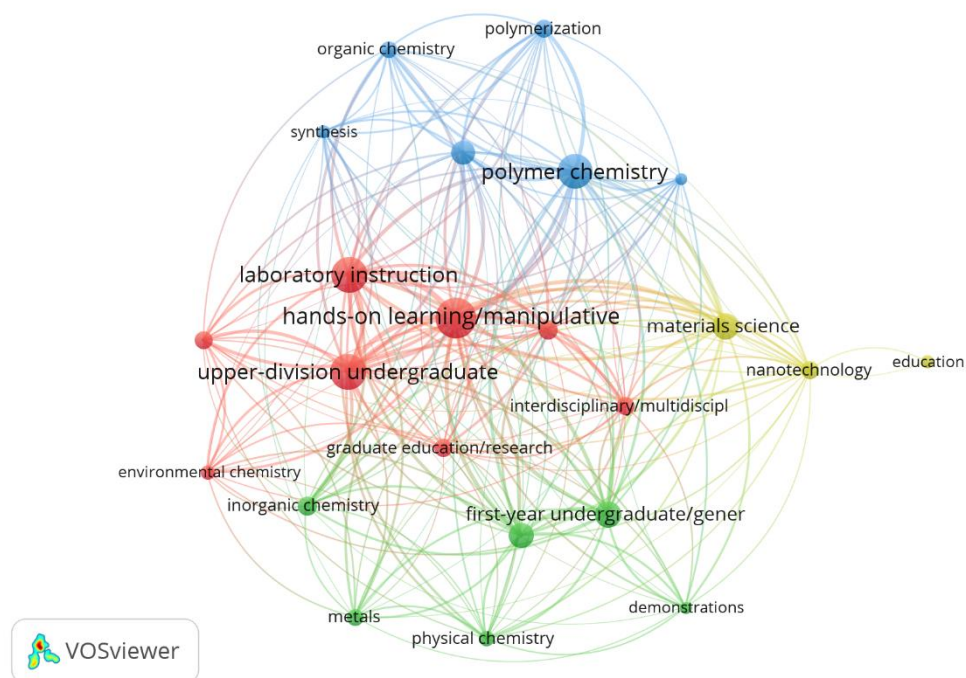


Figura 5.11 – Rede de colaboração entre as palavras-chave sobre Educação em Engenharia de Materiais.

O algoritmo de agrupamento do VOSviewer resultou em quatro grupos distintos: o vermelho, composto por palavras majoritariamente relacionado ao ensino; o verde, composto por palavras relacionadas a química e aos metais; azul, composto majoritariamente por disciplinas diretamente relacionadas a educação em polímeros e um grupo menor em amarelo composto pelas palavras: “materials science”, “nanotechnology” e “education”.

É importante analisar também a posição central do agrupamento vermelho, mostrando assim protagonismo deste grupo de palavras, bem como, a ponte que o mesmo faz sendo conectado com ambos os lados da rede. Neste agrupamento estão presentes as duas principais palavras-chave para o tema como visto previamente: “hands-on learning/manipulatives”, “Upper-division undergraduate” e “laboratory instruction”. Já o grupo em amarelo parece completar essa posição central que conecta com os outros dois grupos restantes, localizando-se ao canto direito do grupo vermelho.

Acima do mapa, o agrupamento representado pela cor azul, que reúne as palavras relacionadas ao ensino de polímeros, como: “Polymer

chemistry” e “polymerization”, “organic chemistry” e “synthesis”. Já a palavra “second year undergraduate”, apesar de não se referir a alguma disciplina ligada ao tema, faz menção ou período universitário em que as mesmas são ministradas.

Por fim, o agrupamento verde que reúne as palavras relativas a área da química e metais, são elas: “metals”, “inorganic Chemistry” e “Physical Chemistry”. Outras duas palavras que não fazem parte diretamente nem da área da química nem dos metais, o termo “demonstrations” é bastante geral, porém “first-year undergraduate” diz respeito ao período em que estas disciplinas são geralmente ministradas nos cursos da Engenharia de Materiais.

Buscando uma maior organização das palavras-chave, um tesouro foi desenvolvido utilizando a estruturação e termos contidos na EER Taxonomy, agrupando assim as palavras que tenham afinidade em um dos 14 termos de primeiro nível da taxonomia. Um tesouro pode ser definido por um tipo de linguagem documentária que fornece os termos padronizados para representar o assunto ou assuntos identificados nos documentos analisados. Os resultados após a aplicação do tesouro estão expressos na Figura 5.12.

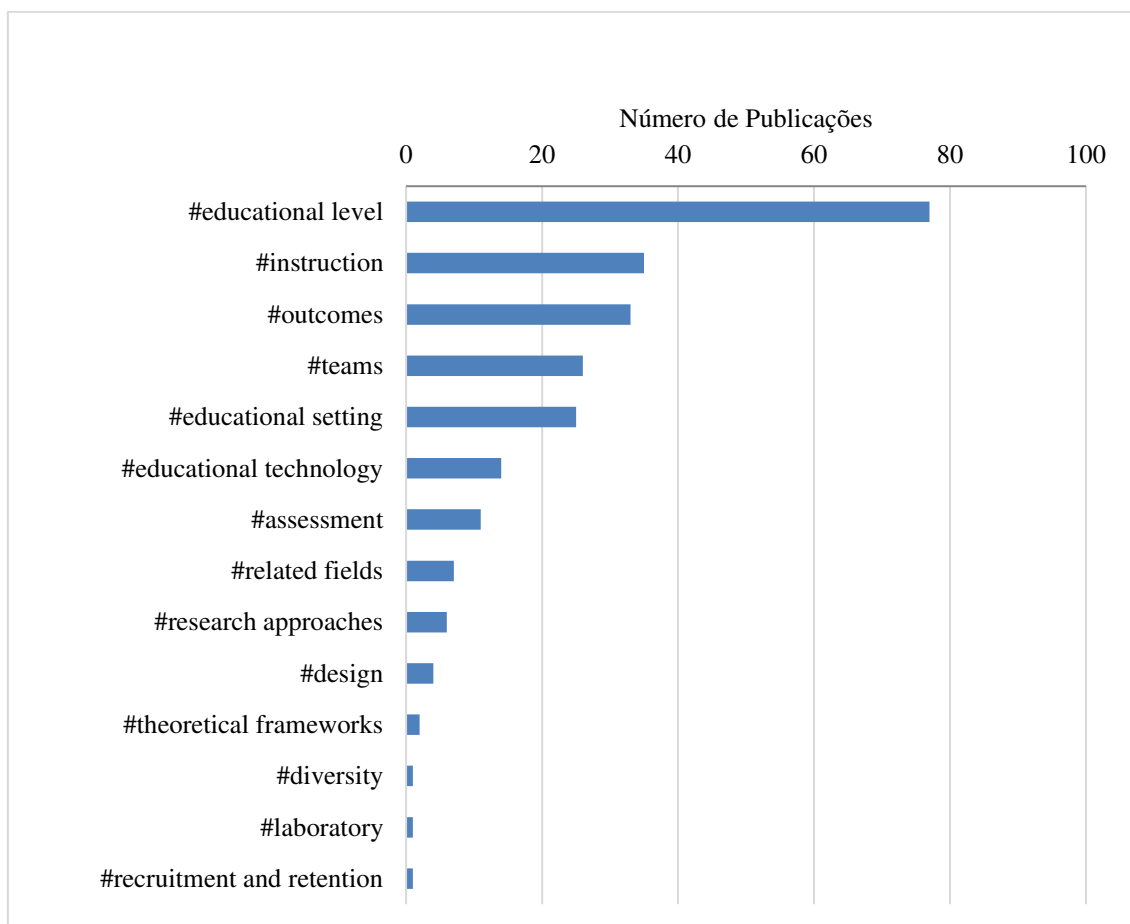


Figura 5.12 – Palavras-chave de maior ocorrência após aplicação do tesauro desenvolvido a partir da EER Taxonomy.

Primeiramente, vale ressaltar a dificuldade e complexidade da construção de um tesauro de busca que englobe toda ou maior parte da amostragem. Para isto, deve se dedicar bastante tempo de trabalho e pesquisa, o que não seria o objetivo deste trabalho. Na Educação em Engenharia de Materiais por exemplo, existe uma variedade de termos específicos nesta área e não são contemplados pela taxonomia por esta dizer respeito a Educação em Engenharia como um todo.

Dito isto, após aplicação do tesauro, 171 publicações foram agrupadas em algum dos 14 termos de primeiro nível. Este número de documentos contemplados pela utilização do tesauro corresponde a aproximadamente 21% da amostragem total, valor este suficiente para fornecer alguns apontamentos sobre quais termos estão sendo mais discutidos.

Observamos uma grande preocupação quanto ao nível educacional, uma vez que aparece na primeira colocação o termo “Educational Level” da taxonomia, com o total de 77 publicações. Vale ressaltar ainda, que apesar de tal colocação, a taxonomia não englobou os principais termos a respeito deste termo e que aparecem na Figura 5.10, são eles: “Upper-division undergraduate”, “first-year undergraduate” e “second-year undergraduate”. Neste caso em específico, estes termos podem não ter sido englobados pela presença de alguma palavra adicional, ou até mesmo de caracteres não previstos pelo tesouro.

Os termos “instruction” (35publicações) e “outcomes” (33 publicações) são os próximos termos com maior relevância que aparecem na amostragem, estes ocupam a segunda e terceira colocações, nesta ordem. A importância de novas tecnologias na educação aparece representado pelo termo “educational technology”, seu emprego tem sido utilizado para uma melhora e capacitação do corpo docente, como é no caso do artigo “Enlivening 300 level general education classes on nanoscience and nanotechnology with 3D printed crystallographic moldes” que utiliza a impressora 3D para capacitação de instrutores universitários e alunos [52].

O uso da realidade virtual na Educação em Engenharia de Materiais também se mostra um importante aliado para melhora na motivação dos alunos, como na pesquisa “Enhancing the teaching/learning of materials mechanical characterization by using virtual reality” que utilizou laboratórios virtuais no processo de ensino/aprendizagem dos discentes [53]. Já VERGARA, D. e RUBIO, M. P. em “The application of didactic virtuais tools in the instruction of industrial radiography”, com auxílio de uma plataforma virtual interativa obtiveram resultados positivos na disciplina de radiografia industrial. Além de considerarem um recurso educativo inovador, os alunos deram sua opinião quanto ao realismo, interatividade, facilidade de uso, tempo real, motivação e qualidade didática da ferramenta [54].

Um ponto negativo a se observar é a baixa adesão no número de publicações em termos relacionados a áreas de extrema importância para o desenvolvimento da Educação em Engenharia, termos estes que vem cada vez

mais discutidos após as novas DCN, como mencionado previamente. Estes termos são: "Theoretical Frameworks", "Diversity" e "Recruitment and Retention".

Passando para a conjuntura dos principais autores, o mapa de rede obtido está representado pela Figura 5.13.

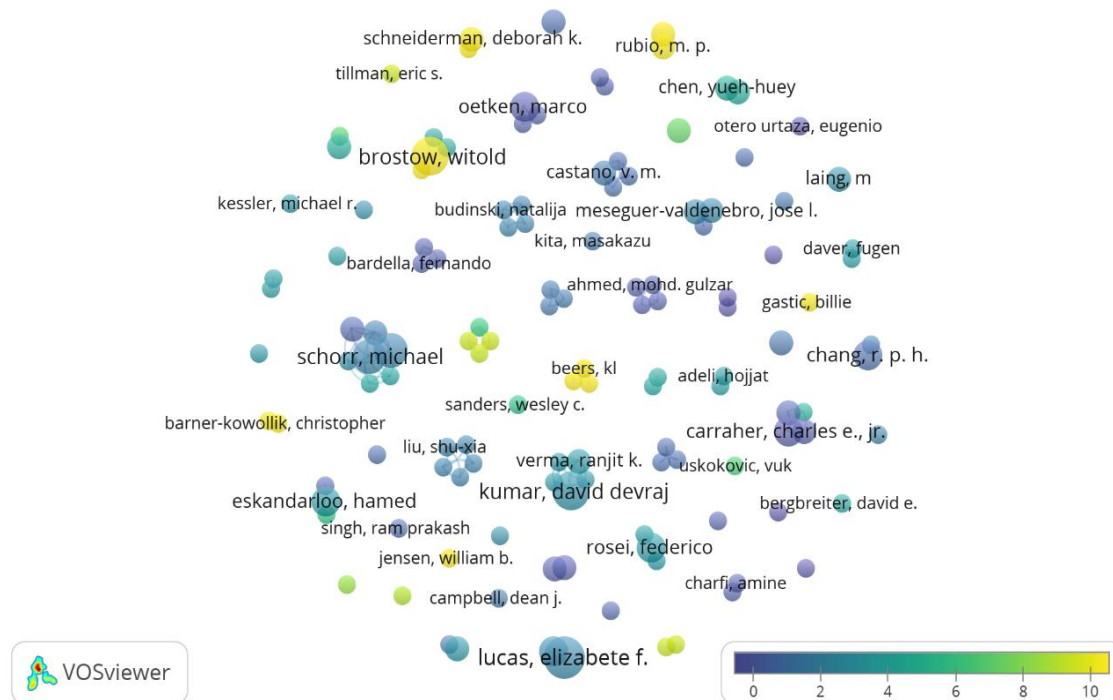


Figura 5.13 – Rede de colaboração entre os principais autores sobre Educação em Engenharia de Materiais.

De imediato observa-se a ausência de autor ou grupo de pesquisa centralizado na imagem, o que nos remete a falta de protagonismo para a área estudada. É evidente que as pesquisas referentes ao tema são encabeçadas majoritariamente por autores isolados, com a presença de apenas dezessete grupos de colaboração diferenciados evidenciados com a presença de três ou mais autores. Observa-se também a ausência de conexões entre os diferentes grupos, uma vez que estes elementos estão ligados pelas linhas, o que nos remete que a pesquisa a respeito da Educação em Engenharia de Materiais ainda é feita de certa maneira isolada.

Vale dar destaque também aos autores representados em amarelo, pois estes são os autores mais citados, em contrapartida com as tonalidades mais próximas ao azul onde estas cores detêm menos citações no total. Chama atenção a presença de grupos onde todos os seus autores receberem muitas citações, como é o caso dos grupos representado pelos autores Beers, Rubio, Schneiderman e Barner. Não podemos deixar de destacar também a presença dos autores Brostow, Gastic e Jensen como protagonistas no número de citações. Por fim, como mencionado previamente o tamanho dos nós está diretamente ligado a importância e número total de trabalhos publicados pelo autor em questão.

Na busca de maior aprofundamento sobre os autores, a Figura 5.14 nos apresenta um panorama geral sobre autores com maior número de publicações na área.

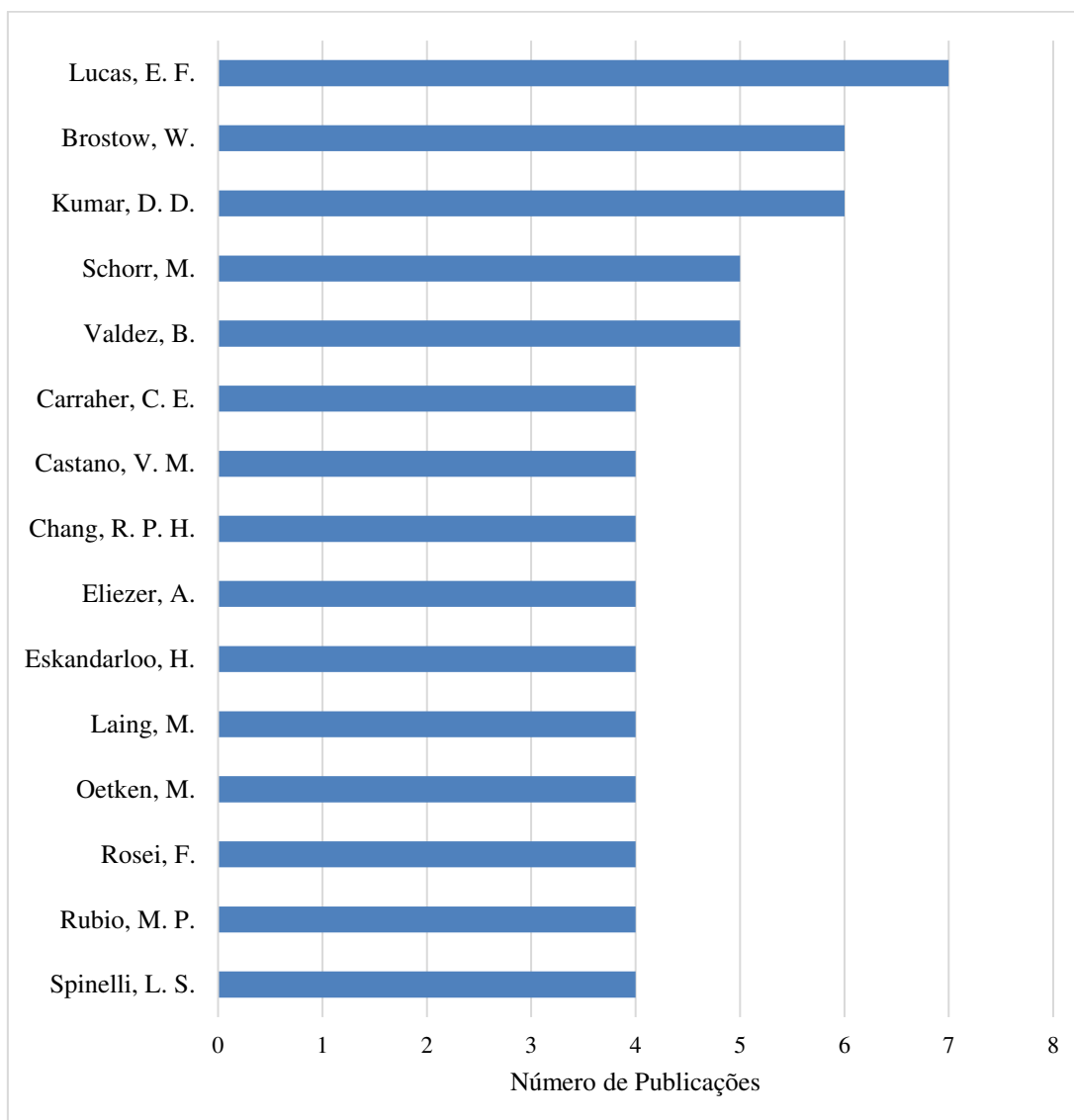


Figura 5.14 – Principais autores em número de publicações sobre Educação em Engenharia de Materiais.

A primeira informação relevante que podemos extrair após análise do gráfico acima, está na proximidade no número de publicações entre as diferentes posições no ranking apresentado. Isto nos leva a crer que apesar de alguns nomes se destacarem nas publicações referentes ao tema, não há a dominância ou mesmo protagonismo de autores em tais publicações.

Dos quinze nomes presentes na lista de principais autores quatro são estadunidenses ou lecionam no país, sendo assim o país com maior presença na lista de autores apresentada. Outro país que marcou presença de maneira

significativa foi o México, com 3 autores figurando na lista, sendo dois destes vinculados a Univ. Autônoma Baja Califórnia e o demais a Univ. Autônoma do México. Vale ressaltar que os dois autores mexicanos vinculados a Univ. Autônoma Baja Califórnia possuem os mesmos números de publicações, são eles: Schorr, M e Valdez, B. Em investigações mais a fundo notou-se que estes são co-autores em todos os 5 trabalhos publicados na área. Os demais autores lecionam no Brasil, Alemanha, Espanha, África do Sul, Canadá, Irã, Israel.

O Brasil recebe algum destaque com a presença da autora Elizabete Fernandes Lucas ocupando a primeira posição, como principal nome em número de publicações relacionadas a Educação em Engenharia de Materiais. A docente é professora titular da Universidade Federal do Rio de Janeiro, com sua área de atuação em polímeros, colóides e aplicações.

Outra importante presença brasileira entre as principais autorias está na Luciana S. Spinelli, que também é vinculada a Universidade Federal do Rio de Janeiro. Vale ressaltar que três dos seus trabalhos foram em coautoria com a professora Elizabete Fernandes Lucas. Um importante fato a ser mencionado, é que além da posição de destaque ocupada pelas autoras, estas são as únicas mulheres presentes dentre os mostrados acima.

Dentre os autores americanos, dois se sobressaem dentre os demais com o total de 6 publicações cada, dividindo assim a segunda colocação. O autor Kumar, DD é membro da comunidade acadêmica da Florida Atlantic University, seus trabalhos publicados são na área da nanotecnologia, ciência dos materiais e análise térmica. Já Brostow, W; têm suas pesquisas publicadas vinculadas a University North Texas com o tema da tribologia, memória de forma e materiais termoelétricos.

Dentre os 15 nomes citados, 12 deles tiveram todas as suas publicações feitas por meio da revista JME, ressaltando ainda mais a importância de tal periódico como demonstrado e discutido na Figura 5.3. O pesquisador estadunidense Carraher, C.E.; teve três dos seus 4 artigos publicados pelo periódico JCE, cuja importância também se tornou evidente no decorrer do trabalho (Figura 5.1).

O pesquisador sul-africano Laing, M; teve quatro artigos também publicados pelo periódico Journal of Chemical Education. Laing é professor da University of Kwazulu Natal e tais pesquisas são todas na área dos metais. Já as publicações do autor americano Asta, M; são na área de ciência dos materiais e computação e vinculadas ao Lawrence Berkeley National Lab. Tais publicações foram publicadas em três diferentes periódicos: Scientific Reports, JOM e Modelling and Simulation in Materials Science and Engineering.

O último autor da lista que não teve seus trabalhos publicados na revista JME, foi do alemão Oetken, M.; professor da Freiburg University of Education. Oetken tem trabalhos na temática dos metais polímeros e baterias que foram publicados pela revista Chemkon.

O número reduzido de publicações, assim como a pequena diferença de publicações entre os autores apresentados nos leva a inferir que não haja algum autor referência na Educação em Engenharia de Materiais. O baixo número de publicações também levou a seguinte questão: “Educação em Engenharia de Materiais é o tema principal de pesquisa do autor?”. Desta maneira, está apresentado no quadro 5.3 a seguir, o número publicações dos principais autores sobre o tema de pesquisa, suas publicações totais indexadas à base de dados e por fim, qual a porcentagem das publicações na Educação em Engenharia de Materiais para cada um deles.

Quadro 5.3 - Publicações totais na WoS X Publicações na área de pesquisa, elaborado pelo autor a partir de dados coletados na *Web of Science*, 2021.

| Autor | Ed. em Materiais | WoS (total) | % |
|----------------|-------------------------|--------------------|----------|
| Lucas, E F | 7 | 144 | 4,8 |
| Brostow, W | 6 | 285 | 2,1 |
| Kumar, D D | 6 | 18 | 33,3 |
| Schorr, M | 5 | 73 | 6,8 |
| Valdez, B | 5 | 191 | 2,6 |
| Carraher, C E | 4 | 647 | 0,6 |
| Castano, V M | 4 | 604 | 0,6 |
| Chang, R P H | 4 | 464 | 0,8 |
| Eliezer, A | 4 | 50 | 8,0 |
| Eskandarloo, H | 4 | 49 | 8,1 |
| Laing, M | 4 | 139 | 2,8 |
| Oetken, M | 4 | 53 | 7,5 |
| Rosei, F | 4 | 401 | 0,9 |
| Rubio, M P | 4 | 25 | 16,0 |
| Spinelli, L S | 4 | 45 | 8,8 |

A análise dos dados nos mostra que realmente, todos os 15 principais autores representados não tem como foco principal a pesquisa na Educação em Engenharia de Materiais, sendo estas então pesquisas secundárias. Apenas dois autores obtiveram porcentagens mais elevadas que o geral, um deles foi o autor Manuel P. Rubio que teve 16% de suas publicações indexadas a WoS na Educação em Engenharia de Materiais. Vale lembrar que este autor ficou em evidência para o número de citações recebidas, como vimos nas discussões da figura 5.13.

O autor David Devraj Kumar foi o que obteve o maior percentual de artigos publicados no tema com pouco mais de 33%. Porém vale chamar atenção para o fato de ambos serem os autores com menos publicações gerais indexadas à base de dados, com valores bem menores que os demais.

Uma análise em conjunto das figuras 5.13 e 5.14, bem como do quadro 5.3 também nos leva a concluir que não há autor ou grupo de pesquisa como referência no tema, apesar de sua relevância discutida previamente. Porém outras informações pertinentes a respeito dos autores ainda serão abordadas. Como é o caso das informações apresentadas no quadro 5.4.

Quadro 5.4 - Publicações na área de pesquisa X Fontes, elaborado pelo autor a partir de dados coletados na *Web of Science*, 2021.

| Autor | JME | JCE | Outros |
|----------------|------------|------------|---------------|
| Lucas, E F | 7 | 0 | 0 |
| Brostow, W | 6 | 0 | 0 |
| Kumar, D D | 6 | 0 | 0 |
| Schorr, M | 5 | 0 | 0 |
| Valdez, B | 5 | 0 | 0 |
| Carraher, C E | 0 | 3 | 1 |
| Castano, V M | 4 | 0 | 0 |
| Chang, R P H | 4 | 0 | 0 |
| Eliezer, A | 4 | 0 | 0 |
| Eskandarloo, H | 4 | 0 | 0 |
| Laing, M | 0 | 4 | 0 |
| Oetken, M | 0 | 0 | 4 |
| Rosei, F | 4 | 0 | 0 |
| Rubio, M P | 4 | 0 | 0 |
| Spinelli, L S | 4 | 0 | 0 |

Já de início podemos observar a importância da revista JME para a colocação dos principais autores a respeito do tema, sendo que os 5 primeiros autores do ranking possuem suas publicações exclusivamente neste periódico. Apenas três autores presentes no quadro não publicaram na revista JME, O autor Mark Laing por exemplo teve suas quatro publicações vinculadas a revista JCE.

Com três de suas quatro publicações a respeito do tema de pesquisa no JCE, o autor Charles E. Carraher Jr. é o segundo autor presente no quadro a ter suas publicações vinculadas a este periódico. Por último, Marco Oetken teve suas quatro publicações vinculadas ao periódico Chemkon.

Por fim, está representado pelo quadro 5.5 as principais categorias da WoS, a qual as publicações dos principais autores que serão apresentados foram vinculadas.

Quadro 5.5 - Publicações totais na WoS X Publicações na área de pesquisa, elaborado pelo autor a partir de dados coletados na WoS,2021.

| Autor | Educational, Scientific Disciplines | Materials Science, Multidisciplinary | Chemistry, Multidisciplinary |
|----------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------|
| Lucas, E F | 7 | 7 | 0 |
| Brostow, W | 6 | 6 | 0 |
| Kumar, D D | 6 | 6 | 0 |
| Schorr, M | 5 | 6 | 0 |
| Valdez, B | 5 | 5 | 0 |
| Carraher, C E | 3 | 0 | 3 |
| Castano, V M | 4 | 4 | 0 |
| Chang, R P H | 4 | 4 | 0 |
| Eliezer, A | 4 | 4 | 0 |
| Eskandarloo, H | 4 | 4 | 0 |
| Laing, M | 4 | 0 | 4 |
| Oetken, M | 4 | 0 | 0 |
| Rosei, F | 4 | 4 | 0 |
| Rubio, M P | 4 | 4 | 0 |
| Spinelli, L S | 4 | 4 | 0 |

Podemos observar a presença de categorias fundamentais e de bastantes destaque para o tema, como já discutido previamente. Vale ressaltar ainda que até a 18^o posição do ranking, fora as categorias apresentadas no quadro 5.5, a única categoria diferente presente foi a “Polymer Science”.

Todos os autores tiveram suas publicações vinculadas a categoria “Educational, Scientific Disciplines”, como já era de se esperar. Dois dos autores tem publicações relacionadas a área da química e como podemos ver a grande maioria dos autores representados apresentam suas publicações vinculadas a categoria “Materials Science, Multidisciplinary”.

Estão apresentados a seguir no Quadro 5.6, os trabalhos de maior relevância, pelo critério de número de citações, publicados na WoS desde 2000.

Quadro 5.6 - Trabalhos mais citados desde o ano 2001, elaborado pelo autor a partir de dados coletados na Web of Science, 2021.

| Título | Citações | Média de citações por ano |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|----------------------------------|
| Design of planar steel frames using Teaching-Learning Based Optimization | 170 | 17,00 |
| Learning polymer crystallization with the aid of linear, branched and cyclic model compounds | 160 | 7,62 |
| Tribology of polymers and polymer-based composites | 156 | 13,00 |
| Polymer Molecular Weight Analysis by H-1 NMR Spectroscopy | 105 | 9,55 |
| A Statistical Learning Framework for Materials Science: Application to Elastic Moduli of k-nary Inorganic Polycrystalline Compounds | 98 | 16,33 |
| Evaluation of success rate of endodontic treatment performed by students with stainless-steel K-files and nickel-titanium hand files | 81 | 3,86 |
| The nature of the glassy state: structure and glass transitions | 80 | 8,00 |
| Accelerating high-throughput searches for new alloys with active learning of interatomic potentials | 69 | 23,00 |

Inicialmente, podemos observar uma grande contribuição de trabalhos publicados sobre a educação em materiais poliméricos ou compósitos poliméricos, onde dos oito trabalhos com maior número de citação 4 pertencem ao tema. Outra área de ensino bastante expressiva foi a do ensino de materiais metálicos, com um total de 3 publicações dentre as oito principais que foram apresentadas. Temos ainda um artigo dentre os mais citados que se enquadra no ensino da ciência dos materiais.

O artigo que obteve o maior número de citações é o intitulado “Design of planar steel frames using Teaching-Learning Based Optimization”, do ano de 2012 e com o total de 170 publicações, uma média de 17 publicações por ano. Este artigo apresenta um procedimento de projeto empregando a técnica de Otimização Baseada em Ensino-Aprendizagem para otimização discreta de

estruturas planas de aço. O trabalho é de autoria de Togan, V, e vinculado a Karadeniz Tech University, localizada na Turquia. A revista *Engineering Structures* (onde foi publicada), aspira a uma cobertura ampla e integrada de princípios e tecnologias para estruturas e componentes estruturais, considerando todas as classes de materiais estruturais de engenharia (aço, aço e concreto reforçado com fibra, compósitos, vidro, alvenaria, madeira, materiais novos (inteligentes), como nanomateriais e materiais bioinspirados).

O segundo trabalho em número de citações foi o: “Learning polymer crystallization with the aid of linear, branched and cyclic model compounds”, publicado no ano de 2001. Com autoria de Ungar, G e Zeng, K B, ambos da University Sheffield, na Inglaterra. Este review foi publicado pela revista *Chemical Reviews*, uma revista científica revisada por pares, publicada duas vezes por mês pela American Chemical Society. A importância da área da Química na educação em engenharia de materiais foi demonstrada previamente na Figura 5.4.

Alguns outros periódicos vinculados às publicações mostradas no quadro acima, são: *Scientific Reports*, *Journal of Endodontics* e *Computational Materials Science*. Lançada em 2011, a *Scientific Reports* é um jornal científico online revisado por pares, publicado pela Nature Research, cobrindo todas as áreas das ciências naturais. Com autoria de Jong, M et al., o artigo científico “A Statistical Learning Framework for Materials Science: Application to Elastic Moduli of k-nary Inorganic Polycrystalline Compounds” atingiu o total de 98 citações desde o ano de 2016.

The *Journal of Endodontics*, o jornal oficial da American Association of Endodontists, publica artigos científicos, relatos de casos e estudos comparativos avaliando materiais e métodos de conservação pulpar (termo relacionado a saúde bucal) e tratamento endodôntico. Com o artigo “Evaluation of success rate of endodontic treatment performed by students with stainless-steel K-files and nickel-titanium hand files”, publicado em 2001, alcançou 81 citações até o presente momento.

Já a *Computational Materials*, é um periódico de acesso aberto da Nature Research dedicado a publicar artigos de alta qualidade que relatam

avanços significativos no desenvolvimento e aplicação de técnicas computacionais na ciência dos materiais. Esta se encontra na 8º posição entre os artigos apresentados com 61 citações no trabalho intitulado “Accelerating high-throughput searches for new alloys with active learning of interatomic potentials”, publicado em 2019, sendo assim o mais recente dentre os apresentados. Com autoria de Gubaev, K et al., pesquisadores da Skolkovo Institute of Science & Technology localizada na Rússia.

Por fim vale destacar a presença dos periódicos JCE e JME, principais fontes de publicações para o tema como discutido na figura 1 e 7. A primeira conta com um artigo entre as principais listadas, já a revista JME conta com duas publicações.

A presença do JCE se deu com o trabalho de título “Polymer Molecular Weight Analysis by H-1 NMR Spectroscopy”, que figura na quarta posição do ranking de publicações com maior número de citações, com o total de 105 citações. Este trabalho é vinculado a Athlone Institute of Technology, instituição de ensino localizada na Irlanda. Outras informações relevantes à pesquisa estão apresentadas no Quadro 5.7.

Quadro 5.7 - Artigo referente ao periódico Journal of Chemical Education, elaborado pelo autor a partir de dados coletados na *Web of Science*, 2021.

| | |
|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Título | Polymer Molecular Weight Analysis by H-1 NMR Spectroscopy |
| Ano da publicação | 2011 |
| Autores | Izunobi, J HigginBothan, CL |
| Categorias <i>Web of Science</i> | education & educational research Chemistry Multidisciplinarity |
| Fonte | JOURNAL OF CHEMICAL EDUCATION |
| ISSN | 0738-7989 |
| Instituições | Athlone Institute of Technology |
| Número de citações recebidas (até a data da coleta) | 105 |
| Palavras-chave do Autor | Graduate Eduation/Research Problem Solveing/ Decision Making Inquired-Based/ Dicovery Learning |
| País | EUA |
| Tipo de documento | Article |

Uma das pesquisas publicadas pelo periódico JME e que faz parte do ranking de principais publicações em número de citações é o “The nature of the glassy state: structure and glass transitions”, com autoria de Kollerger, IM e Lobland, HEH. Segundo os autores, para fins de ensino, há atualmente uma necessidade de mais explicações sobre vidros, especialmente dada sua grande importância e a grande extensão de materiais vítreos existentes. Este trabalho visa, portanto, atender a essa necessidade. Esta publicação está na sétima colocação do ranking com 80 publicações.

O outro artigo publicado pela revista (JME) foi o trabalho intitulado “Tribology of polymers and polymer-based composites”, figurando na terceira posição com o total de 156 citações. Além de ser publicado por uma das principais fontes para o tema vale ressaltar como autor principal a presença do Brostow, W; que como visto na figura 5.14 é o segundo maior autor em número de publicações para o tema. Além disto, a pesquisa foi desenvolvida na University of North Texas, também uma das principais instituições de ensino em número de publicações para o tema como visto na figura 5.8. Levando todos estes levantamentos em conta, este trabalho ganha certo protagonismo em relação aos demais. Outras informações sobre o mesmo estão apresentadas no quadro 5.8.

Quadro 5.8 - Artigo referente ao periódico Journal of Materials Education, elaborada pelo autor a partir de dados coletados na *Web of Science*, 2021.

| | |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Título | TRIBOLOGY OF POLYMERS AND POLYMER-BASED COMPOSITES |
| Ano da publicação | 2010 |
| Autores | Brostow, W |
| | Kovacevic, V |
| | Vrsaljko, D |
| | Whitworth, J |
| Categorias <i>Web of Science</i> | education & educational research |
| | education, scientific disciplines |
| | Materials Science |
| Fonte | JOURNAL OF MATERIALS EDUCATION |
| ISSN | 0738-7989 |
| Instituições | University of North Texas |
| Número de citações recebidas (até a data da coleta) | 156 |
| Palavras-chave do Autor | TRIBOLOGY OF POLIMERIC MATERIALS |
| | VISCOELASTICITY |
| País | EUA |
| Tipo de documento | Article |

O crescimento no número de citações em artigos referentes ao tema de pesquisa se deu de maneira praticamente constante até o ano de 2008, sofrendo uma queda no ano seguinte. Após esta queda nas citações no ano de 2009, a tendência de crescimento foi retomada de forma ainda mais acentuada. Este crescimento é também um indicativo da relevância que o tema vem tomando no decorrer dos anos.

6 CONCLUSÕES

Após a análise dos dados desta pesquisa, fica evidente a importância da bibliometria na organização dos dados e obtenção de indicadores científicos para subsidiar a melhoria da Educação em Engenharia de Materiais. Por exemplo, os resultados obtidos por esta pesquisa podem ser utilizados como facilitadores na busca de redes de colaboração.

Outros dados importantes podem ser retirados de um estudo bibliométrico, como áreas com defasagem ou até mesmo possibilidade de crescimento em pesquisas. Pudemos observar uma participação bastante expressiva dos materiais poliméricos na Educação em Engenharia de Materiais, por outro lado aparece de maneira menos expressiva o ensino voltado a materiais metálicos. Por suas vezes os materiais cerâmicos e compósitos também são mencionados poucas vezes entre os resultados de pesquisa.

A relevância do tema Educação em Engenharia de Materiais, também foi comprovada à medida que este é um assunto que tem cada vez mais ganhado espaço em número de publicações, bem como, no transbordamento do tema para outras áreas como a química. Podemos citar como exemplo dois fatos: o primeiro está no crescimento a cada ano nas publicações, e nos últimos anos o número total de publicações na área vem alcançando seus valores mais altos. O segundo está na indexação a partir do ano de 2010 de um periódico totalmente ligado ao tema.

Dois periódicos devem ser acompanhados de perto o Journal of Materials Education e o Journal of Chemical Education. Ambos periódicos mostraram sua importância no número final e publicações, sendo estes as principais fontes de publicação para a área. Praticamente todos os autores de destaque que surgiram sobre o tema tiveram suas principais pesquisas publicadas por uma destas revistas. Ambos elevam o tema de pesquisa a um patamar superior, a medida em que influenciam diretamente nos resultados.

A pesquisa mostrou forte dominância dos EUA no número de publicações, conexões, presença de instituições de ensino entre as principais ao tema, entre outros. Notou-se também possibilidades dos demais países

angariarem melhores posições no ranking, uma vez que a diferença média de publicações entre eles é baixa.

A Universidade do Norte do Texas mostrou-se bastante relevante ao tema de pesquisa, não apenas por liderar o ranking de instituições no número de publicações referentes ao tema. Outro fator a ser considerado está no Conselho Internacional de Educação em Engenharia de Materiais, conselho este responsável pela edição da revista *Journal of Materials Education*, ser vinculado a ela.

O transbordamento do tema mais uma vez foi verificado na análise das principais categorias, bem como das palavras-chave utilizadas pelos autores, uma vez que surgiram termos ligados a outras áreas de estudo. Ainda nas palavras-chave as metodologias ativas de aprendizagem foram bastante expressivas no tema, trazendo a necessidade de modernização ao processo de ensino/aprendizagem na Educação em Engenharia de Materiais.

No tocante aos principais autores, apesar da quantidade relativamente baixa o Brasil ganha destaque com a presença da autora Elizabete Fernandes Lucas, como principal nome em número de publicações relacionadas a educação em engenharia de materiais. A docente é professora titular da Universidade Federal do Rio de Janeiro, com sua área principal de atuação em polímeros, coloides e aplicações. Vale mencionar também que as únicas duas mulheres presentes no ranking dos principais autores na área são brasileiras, esta informação é importante à medida que cada vez mais vem se tocado no assunto diversidade nas engenharias.

Após todo processo de análise dos dados, pode-se concluir também que a Universidade Federal de São Carlos oferece um cenário ideal para ganhar destaque no processo de publicações e modernização da Educação em Engenharia de Materiais. Seu pioneirismo, programas de modernização do ensino, oficinas de capacitação docente, compartilhamento de experiências das parcerias com instituições nos EUA, quanto na temática mulheres na engenharia, acolhimento de calouros, são alguns dos facilitadores.

7 SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

As sugestões para trabalhos futuros visam buscar maiores esclarecimentos sobre o levantamento da produção científica. Tais aspectos incluem:

- Identificar quais as metodologias ativas relatadas nas pesquisas mais utilizadas, qual a melhor maneira para aplicá-las e as melhores formas de avaliar sua efetividade;
- Busca similar em outra base de dados mais específica para a área de engenharia, como a Engineering Village ou Compendex poderia complementar as informações, dado que possui uma maior abrangência dentro do contexto de engenharia;
- Busca similar em outra base multidisciplinar, como a Scopus, poderia fornecer algumas outras percepções, devido às diferenças nas publicações em relação à *Web of Science*;
- Maior aprofundamento dos dados poderia ser feito com intuito analisar correlações entre palavras-chave e instituições para determinar os assuntos específicos em que cada instituição domina;
- Verificar temas que vem sendo cada vez mais discutidos e levados em pauta na formação acadêmica como a diversidade na comunidade acadêmica, recepção dos novos estudantes e acompanhamento dos alunos egressos;
- A investigação sistemática de publicações sobre Educação em Engenharia de Materiais na literatura brasileira para compreensão de como o assunto é abordado no Brasil seria de interesse devido ao compartilhamento de realidades mais próximas. O Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE) e a Revista de Ensino de Engenharia, ambos mantidos pela Associação Brasileira de Educação em Engenharia (ABENGE), são dois meios nacionais de disseminação de conhecimentos nesta área de pesquisa.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] INSTITUTO DE ESTUDOS PARA O DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. A Formação de Engenheiros no Brasil: Desafio ao Crescimento e à Inovação, 2010. Disponível em: <https://iedi.org.br/cartas/carta_iedi_n_424_a_formacao_de_engenheiros_no_brasil_desafio_ao_crescimento_e_a_inovacao.html>. Acesso em: 30 jun. 2020.
- [2] LUCENA, Juan et al. Competencies beyond countries: the re-organization of engineering education in the United States, Europe, and Latin America. **Journal of engineering education**, v. 97, n. 4, p. 433-447, 2008.
- [3] OLIVEIRA, V. F. De; PINTO, D. P. Educação em Engenharia como Área do Conhecimento. In: ANAIS DO XXXIV COBENGE 2006, Passo Fundo. Anais.... In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA. Passo Fundo Disponível em: <http://www.abenge.org.br/cobenge/arquivos/13/artigos/12_85_357.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2020.
- [4] DE OLIVEIRA, Vanderlí Fava et al. Um estudo sobre a expansão da formação em engenharia no Brasil. **Revista de ensino de engenharia**, v. 32, n. 3, p. 37-56, 2013.
- [5] BRASIL. Ministério da Educação. CAPES. Edital n. 23/2018 – CAPES/CNE/COMISSÃO FULBRIGHT “Programa Brasil-Estados Unidos de modernização da educação superior na graduação (PMG-EUA)”. Diário Oficial da União: seção 3, Brasília, p. 24, 11 jun. 2018.
- [6] CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. EDITAL nº 23/2018: “Programa Brasil-Estados Unidos de modernização da educação superior na graduação (PMG-EUA)”. Brasília: CAPES/CNE/COMISSÃO FULBRIGHT, 2018. Disponível em: https://www.capes.gov.br/images/stories/download/editais/11062018-Edital_23_PMG_EUA2.pdf. Acesso em: 27 ago. 2020.
- [7] Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais. Educação em Engenharia de Materiais. Disponível em: <https://www.ppgcem.ufscar.br/pt-br/linhas-de-pesquisa/educacao-em-engenharia-de-materiais>
- [8] BUFREM, Leilah Santiago; GABRIEL JUNIOR, Rene Faustino; SORRIBAS, Tidra Viana. Redes sociais na pesquisa científica da área de ciência da informação. **DataGramZero-Revista de Informação**, v. 12, n. 3, 2011.
- [9] PINTO, Adilson Luiz; MATIAS, Márcio. Indicadores científicos e as universidades brasileiras. **Informação & Informação**, v. 16, n. 3, p. 1-18, 2011.

- [10] CREMASCO, Marco Aurélio. A responsabilidade social na formação de engenheiros. **Instituto Ethos de Empresa e Responsabilidade Social. (Org.). Responsabilidade social das empresas**, v. 1, p. 17-42, 2009.
- [11] HASSAN, Saeed-UI; HADDAWY, Peter; ZHU, Jia. A bibliometric study of the world's research activity in sustainable development and its sub-areas using scientific literature. *Scientometrics*, v. 99, n. 2, p. 549-579, 2014.
- [12] PRADO, José Willer et al. Multivariate analysis of credit risk and bankruptcy research data: a bibliometric study involving different knowledge fields (1968---2014). **Scientometrics**, v. 106, n. 3, p. 1007-1029, 2016.
- [13] UNT- International Council on Materials, Disponível em: <https://icme.unt.edu/> Acesso em: 27 set. 2020.
- [14] IKPAAHINDI, Linus. An overview of bibliometrics: its measurements, laws and their applications. **Libri**, v. 35, p. 163, 1985.
- [15] ENSSLIN, Leonardo et al. ProKnow-C, Knowledge Development Process--Constructivist: processo técnico com patente de registro pendente junto ao INPI. **Brasil: [sn]**, 2010.
- [16] TEIXEIRA, Aurora AC. Mapping the (in) visible college (s) in the field of entrepreneurship. **Scientometrics**, v. 89, n. 1, p. 1-36, 2011.
- [17] KOBASHI, Nair Yumiko; DOS SANTOS, Raimundo Nonato Macedo. Arqueologia do trabalho imaterial: uma aplicação bibliométrica à análise de dissertações e teses. **Encontros Bibli: revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação**, p. 106-115, 2008.
- [18] LI, Wei; ZHAO, Yang. Bibliometric analysis of global environmental assessment research in a 20-year period. *Environmental Impact Assessment Review*, v. 50, p. 158-166, 2015.
- [19] PESSOA, ISABELA CRISTINA et al. AMOSTRAGEM ESTATÍSTICA SOBRE OS MÉTODOS DE VIABILIDADE ECONÔMICA EM PERIÓDICOS COM ALTO FATOR DE IMPACTO. p. 1-15, 2015.
- [20] VALMORBIDA, Sandra Mara lesbik et al. Mapeamento das publicações do tema gestão pública com foco em resultados. **Revista de Informação Contábil**, v. 8, n. 1, p. 28-51, 2014.
- [21] ARAÚJO, Carlos AA. Bibliometria: evolução histórica e questões atuais. **Em questão**, v. 12, n. 1, p. 11-32, 2006.
- [22] GODIN, Benoît. The value of science: changing conceptions of scientific productivity, 1869 to circa 1970. **Social Science Information**, v. 48, n. 4, p. 547-586, 2009.

- [23] GODIN, Benoît. On the origins of bibliometrics. **Scientometrics**, v. 68, n. 1, p. 109-133, 2006.
- [24] GODIN, Benoît. The making of science, technology and innovation policy: conceptual frameworks as narratives, 1945-2005. 2009.
- [25] ASNER, Glen R. The linear model, the US Department of Defense, and the golden age of industrial research. **The science-industry nexus: History, policy, implications**, p. 3-30, 2004.
- [26] GRUPP, Hariolf; MOGEE, Mary Ellen. Indicators for national science and technology policy: how robust are composite indicators? **Research Policy**, v. 33, n. 9, p. 1373-1384, 2004.
- [27] DE OLIVEIRA, Vanderli Fava; PINTO–DANILO, Danilo Pereira; TIETÊ, Rua. Educação em Engenharia como área do conhecimento. 2006.
- [28] TELLES, Pedro Carlos da Silva. História da engenharia no Brasil: séculos XVI a XIX. **Rio de Janeiro: Clavero**, v. 2, 1994.
- [29] PARDAL, Paulo. **Brasil, 1792: início do ensino de engenharia civil e da Escola de Engenharia da UFRJ**. Construtora Norberto Odebrecht, 1985.
- [30] CORDEIRO, João Sérgio et al. Um futuro para a educação em engenharia no Brasil: desafios e oportunidades. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 27, n. 3, 2009.
- [31] PINTO, Danilo Pereira; PORTELA, JC da S.; OLIVEIRA, Vanderli Fava de. Diretrizes curriculares e mudança de foco no curso de engenharia. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 22, n. 2, p. 31-37, 2003.
- [32] MARCOS, Leonardo Polletini. Perspectivas e estratégias para melhoria da educação em engenharia de materiais brasileira. 2020.
- [33] DE MIRANDA, Leila Figueiredo et al. Avaliação Discente do Curso de Engenharia de Materiais. 2005.
- [34] DE PROJETO POLÍTICO-PEDAGÓGICO DO CURSO. ENGENHARIA DE MATERIAIS. Coordenação do Curso de Engenharia de Materiais: Universidade Federal de Campina Grande-UFCG, 2008.
- [35] FINELLI, Cynthia J.; BORREGO, Maura; RASOULIFAR, Golnoosh. Development of a taxonomy of keywords for engineering education research. **IEEE Transactions on Education**, v. 58, n. 4, p. 219-241, 2015.
- [36] MILANEZ, Douglas Henrique; DE FARIA, Leandro Innocentini Lopes; LEIVA, Daniel Rodrigo. A text mining-based approach for the evaluation of patenting trends on nanomaterials. **Journal of Nanoparticle Research**, v. 23, n. 9, p. 1-12, 2021.

- [37] CHANCHETTI, Lucas Faccioni et al. A scientometric review of research in hydrogen storage materials. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 45, n. 8, p. 5356-5366, 2020.
- [38] SANTOS, C. V. et al. Materials selection using patent information: A function-and application-based analysis of aircraft interior structures. **Materialwissenschaft und Werkstofftechnik**, v. 52, n. 6, p. 664-676, 2021.
- [39] DIRNBERGER, Dietmar. A guide to efficient keyword, sequence and classification search strategies for biopharmaceutical drug-centric patent landscape searches-A human recombinant insulin patent landscape case study. **World Patent Information**, v. 33, n. 2, p. 128-143, 2011.
- [40] MARCOS, L. P. De; Leiva, D. R. Educação em Engenharia como Área do Conhecimento. In: ANAIS DO XLVII COBENGE 2019, Passo Fundo. Anais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA. Fortaleza, CE Disponível em: < <http://www.abenge.org.br/cobenge/2019/anais.php>>. Acesso em: 30 jun. 2021.
- [41] Principal Coleção do Web of Science Ajuda, Disponível em: https://images.webofknowledge.com/WOKRS517B4/help/pt_BR/WOS/hp_research_areas_easca.html#:~:text=As%20%C3%A1reas%20de%20pesquisa%20formatam,dados%20relacionadas%20ao%20mesmo%20assunto. Acesso em: 30 set. 2020.
- [42] SILVA, Leandro Palis; CECÍLIO, Sálua. A mudança no modelo de ensino e de formação na engenharia. **Educação em Revista**, p. 61-80, 2007.
- [43] Principal Coleção da *Web of Science* Ajuda, Disponível em: https://images.webofknowledge.com/WOKRS410B4/help/pt_BR/WOS/hp_research_areas_easca.html Acesso em: 30 mai. 2021.
- [44] KALOGERAS, Ioannis M.; HAGG LOBLAND, Haley E. The nature of the glassy state: structure and glass transitions. **Journal of Materials Education**, v. 34, n. 3, p. 69, 2012.
- [45] MARTINEZ-BARRERA, G. et al. Polymer concretes: a description and methods for modification and improvement. **Journal of Materials Education**, v. 33, n. 1, p. 37, 2011.
- [46] MANSBACH, R. et al. Reforming an undergraduate materials science curriculum with computational modules. **Journal of Materials Education**, v. 38, n. 3-4, p. 161-174, 2016.
- [47] PERIG, Alexander V. How to teach students to make a simple experimental visualization of the macroscopic rotational modes of large deformations during pressure forming. **Journal of Materials Education**, v. 39, n. 5-6, p. 193-208, 2017.

- [48] FREEMAN, Scott et al. Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. **Proceedings of the national academy of sciences**, v. 111, n. 23, p. 8410-8415, 2014.
- [49] VERGARA, D.; RUBIO, M. P. Active methodologies through interdisciplinary teaching links: industrial radiography and technical drawing. **Journal of Materials Education**, v. 34, n. 5-6, p. 175-185, 2012.
- [50] KUMAR, David Devraj; YURICK, Karla Anne. Web-assisted problem-based learning in nanotechnology and quality of student learning in elementary science. **Journal of Materials Science Education**, v. 40, n. 1-2, p. 29-58, 2018.
- [51] USKOKOVIĆ, Vuk. Rethinking active learning as a paradigm of our times: towards poeticizing and humanizing natural sciences in the age of STEM. **The Journal of materials education**, v. 39, n. 5-6, p. 241, 2017.
- [52] MOECK, Peter et al. Enlivening 300 level general education classes on nanoscience and nanotechnology with 3D printed crystallographic models. **Journal of Materials Education**, v. 36, p. 77-96, 2014.
- [53] VERGARA, D. et al. Enhancing the teaching/learning of materials mechanical characterization by using virtual reality. **Journal of Materials Education**, v. 38, n. 3-4, p. 63-74, 2016.
- [54] VERGARA, Diego; RUBIO, Manuel Pablo. The application of didactic virtual tools in the instruction of industrial radiography. **Journal of Materials Education**, v. 37, n. 1-2, p. 17-26, 2015.

ANEXO A: ENGINEERING EDUCATION RESEARCH TAXONOMY

1. Assessment

- 1.a. Organizational assessment
- 1.b. Professional licensure
 - 1.b.i. Chartered engineer
 - 1.b.ii. Professional engineer
 - 1. Fundamentals of Engineering exam
- 1.c. Program evaluation
 - 1.c.i. Accreditation
 - 1. ABET
 - 2. Criteria
 - 1.c.ii. Advisory boards
 - 1.c.iii. Course assessment
 - 1.c.iv. External evaluation
 - 1.c.v. Multilevel program assessment
- 1.d. Student assessment
 - 1.d.i. Assessment tools
 - 1. Feedback
 - a. 360 degree
 - 2. Grades
 - a. Automated grading
 - b. Grading systems
 - c. Inflation
 - 3. Concept Inventory
 - 4. Portfolios
 - 5. Rubric
 - 6. Test format [syn: Exam format]
 - a. Multiple choice
 - b. Open ended tests
 - c. Practical examinations [syn: Clinical examinations]
 - d. Standardized
 - 1.d.ii. Knowledge gain
 - 1.d.iii. Knowledge retention
 - 1.d.iv. Performance
 - 1.d.v. Method
 - 1. Continuous
 - 2. Diagnostic
 - 3. Formative
 - 4. Peer review
 - 5. Outcomes based assessment
 - 6. Self assessment
 - 7. Summative
 - 1.d.vi. Setting
 - 1. Individual
 - 2. Group
 - 3. Online
 - 4. Workplace

2. Design

- 2.a. Design practice
 - 2.a.i. Ideation
 - 2.a.ii. Information gathering
 - 2.a.iii. Modeling
 - 1. Physical modeling
 - a. 3D modeling
 - b. Computer-aided design
 - c. Prototyping
 - i. Rapid prototyping
 - 2. Process modeling
 - a. Flowcharting
 - 2.a.iv. Needs analysis
 - 2.a.v. Problem definition
 - 2.a.vi. Product testing
- 2.b. Design projects
 - 2.b.i. Capstone projects [syn: Senior projects, Senior design]
 - 2.b.ii. Design competitions
 - 2.b.iii. Multidisciplinary design
- 2.c. Design process
 - 2.c.i. Human centered design [syn: User centered design]
 - 2.c.ii. Product archaeology [syn: Product dissection, Reverse engineering]
 - 2.c.iii. Product development
- 2.d. Design thinking

3. Diversity

- 3.a. Diversity concerns
 - 3.a.i. Bias
 - 3.a.ii. Discrimination
 - 3.a.iii. Equity
 - 3.a.iv. Inclusivity
 - 3.a.v. Multiculturalism
 - 3.a.vi. Student diversity
 - 3.a.vii. Underrepresentation [syn: Underrepresented students]
 - 3.a.viii. Workplace diversity
- 3.b. Types of diversity
 - 3.b.i. Gender
 - 1. Female [syn: Women, Girls]
 - 2. Male
 - 3. Transgender
 - 3.b.ii. Individual differences
 - 1. Learning styles
 - 2. Personality types
 - 3.b.iii. Nontraditional students
 - 1. Commuter students
 - 2. Part time students
 - 3. Transfer students
 - 4. Veterans
 - 3.b.iv. Race/Ethnicity
 - 3.b.v. Sexual orientation
 - 3.b.vi. Student background
 - 1. First generation
 - 2. International students
 - 3. Socioeconomic status
 - 3.b.vii. Students with disabilities

4. Educational level

- 4.a. Continuing education
- 4.b. Graduate education [syn: Postgraduate]
 - 4.b.i. Graduate
 - 1. Master's students
 - 2. PhD students [syn: Doctoral students]
 - 4.b.ii. Supervision
- 4.c. Higher education [syn: College, University]
- 4.d. P-12 [syn: P12, K-12, K12]
 - 4.d.i. Elementary school [syn: Primary school]
 - 4.d.ii. High school
 - 1. Advanced Placement courses
 - 2. Pre college preparation
 - 4.d.iii. Middle school
 - 4.d.iv. Preschool
 - 4.d.v. Pre-engineering
- 4.e. Postdoctoral studies
- 4.f. Undergraduate
 - 4.f.i. First year [syn: Freshmen, Freshman]
 - 1. First year curriculum
 - 2. First year experience
 - 4.f.ii. Junior
 - 4.f.iii. Senior
 - 4.f.iv. Sophomore

5. Educational setting

- 5.a. Engineering curriculum
- 5.b. Engineering fields
 - 5.b.i. Aerospace engineering
 - 5.b.ii. Architectural engineering
 - 5.b.iii. Biomedical engineering
 - 5.b.iv. Chemical engineering
 - 5.b.v. Civil engineering
 - 5.b.vi. Computer engineering
 - 5.b.vii. Computer science
 - 5.b.viii. Construction engineering
 - 5.b.ix. Electrical engineering
 - 5.b.x. Engineering technology
 - 5.b.xi. Environmental engineering
 - 5.b.xii. Information technology
 - 1. Green engineering
 - 2. Sustainability
 - 5.b.xiii. Industrial engineering
 - 5.b.xiv. Manufacturing
 - 5.b.xv. Materials science and engineering
 - 5.b.xvi. Mechanical engineering
 - 5.b.xvii. Ocean engineering [syn: Marine engineering]
 - 5.b.xviii. Nuclear engineering
- 5.c. Informal learning [syn: Outreach]
- 5.d. Institution type
 - 5.d.i. Baccalaureate institutions
 - 5.d.ii. Community colleges
 - 5.d.iii. Doctoral institutions
 - 5.d.iv. Hispanic serving institutions (HSIs)
 - 5.d.v. Historically black colleges/universities (HBCUs)
 - 5.d.vi. Master's institutions
 - 5.d.vii. Single gender campuses
 - 5.d.viii. Technical colleges
 - 5.d.ix. Tribal colleges
- 5.e. Learning environment
 - 5.e.i. Classroom
 - 5.e.ii. Co-curricular
 - 5.e.iii. Extracurricular
 - 5.e.iv. Honors programs
 - 5.e.v. International programs
 - 5.e.vi. Laboratory
 - 5.e.vii. Learning communities
 - 5.e.viii. Studio
 - 5.e.ix. Undergraduate research

6. Educational technology [syn: E-learning]

- 6.a. Computer-based instruction [syn: Internet-based instruction]
 - 6.a.i. Games
 - 6.a.ii. Educational software
- 6.b. Electronic communication
 - 6.b.i. Blog
 - 6.b.ii. Email
 - 6.b.iii. Groupware
 - 6.b.iv. Instant messaging
 - 6.b.v. Online discussions
 - 1. Web discussions [syn: Chat]
 - 2. Wikis
 - 6.b.vi. Online repositories
 - 6.b.vii. Social media
 - 6.b.viii. Streaming Media
 - 1. Streaming audio [syn: Podcast]
 - Streaming video
- 6.c. Learning technology
 - 6.c.i. Adaptive computer learning
 - 6.c.ii. Learning management systems
 - 6.c.iii. Personal response system [syn: Clicker]
 - 6.c.iv. Simulation
 - 6.c.v. Mobile applications
 - 6.c.vi. Pen and touch devices
 - 6.c.vii. Virtual reality
- 6.d. Learning modality
 - 6.d.i. Blended learning
 - 6.d.ii. Distance learning
 - 1. Asynchronous
 - 2. Massive Open Online Classes (MOOCs)
 - 3. Synchronous
 - 6.d.iii. Remote laboratory [syn: Virtual laboratory]

7. Instruction

- 7.a. Conceptual learning [syn: Conceptual change]
 - 7.a.i. Concept inventories
 - 7.a.ii. Concept maps
 - 7.a.iii. Misconceptions
 - 7.a.iv. Preconceptions
 - 7.a.v. Threshold concepts
- 7.b. Faculty [syn: Instructors]
 - 7.b.i. Faculty attitudes
 - 7.b.ii. Faculty development [syn: Educational development]
 - 1. Pedagogical content knowledge
 - 2. Reflective practice
 - 3. Teaching skills
 - 7.b.iii. Instructional role
 - 1. Adjunct
 - 2. Advisor
 - 3. Graduate teaching assistant
 - 4. Instructor
 - 5. Peer teaching assistant
 - 7.b.iv. Teaching philosophies
 - 7.b.v. Team teaching
- 7.c. Institutional change [syn: Institutional transformation, Organizational change]
 - 7.c.i. Evidence-based practice
 - 7.c.ii. Institutional culture
 - 7.c.iii. Instructional change
 - 7.c.iv. Research to practice
 - 1. Adoption
 - 2. Diffusion
 - 3. Dissemination
 - 7.c.v. Theories of change
- 7.d. Instructional design
 - 7.d.i. Alignment
 - 7.d.ii. Bloom's taxonomy
 - 7.d.iii. Course design
 - 7.d.iv. Backwards design
 - 7.d.v. Learning objectives
- 7.e. Instructional methods [syn: Pedagogy]
 - 7.e.i. Active learning
 - 1. Experiential learning
 - 2. Inquiry based learning
 - 3. Peer instruction
 - 4. Challenge based instruction
 - 7.e.ii. Critical pedagogy
 - 7.e.iii. Flipped classroom
 - 7.e.iv. Lecture
 - 7.e.v. Model-eliciting activities
 - 7.e.vi. Mutual learning models
 - 1. Collaborative learning
 - 2. Cooperative learning
 - 3. Team based learning
 - 7.e.vii. Problem based learning
 - 7.e.viii. Project based learning
 - 7.e.ix. Service learning
- 7.f. Teaching evaluations

8. Outcomes

- 8.a. Communication
 - 8.a.i. Audiences
 - 8.a.ii. Communication skills
 - 1. Nonverbal
 - 2. Verbal
 - a. Listening
 - b. Oral presentations
 - c. Speaking
 - 3. Visual communication
 - a. Engineering graphics
 - b. Illustrations
 - 4. Visualization [syn: Spatial skills]
 - 5. Written communication
 - a. Argumentation
 - b. Reading
 - c. Writing
 - 8.a.iii. Foreign languages
 - 8.a.iv. Technical communication
- 8.b. Competence
- 8.c. Computing skills [syn: Computing knowledge]
- 8.d. Creativity
- 8.e. Critical thinking
- 8.f. Engagement
- 8.g. Engineering standards
- 8.h. Entrepreneurship
- 8.i. Ethics
 - 8.i.i. Academic dishonesty [syn: Academic integrity]
 - 1. Plagiarism
 - 8.i.ii. Social justice
 - 8.i.iii. Social responsibility
- 8.j. Information literacy [syn: Information fluency]
- 8.k. Innovation
- 8.l. Intercultural competence [syn: Global]
 - 8.l.i. Cultural schemas
- 8.m. Leadership
- 8.n. Lifelong learning
- 8.o. Problem solving
- 8.p. Professional skills [syn: Soft skills]
- 8.q. Scientific literacy
- 8.r. Student perception
- 8.s. Student experience
- 8.t. Teamwork [syn: Team skills]
- 8.u. Reflection
 - 8.u.i. Critical reflection
- 8.v. Systems thinking

9. Professional practice

- 9.a. Careers
 - 9.a.i. Career choice
 - 9.a.ii. Career paths
- 9.b. Engineering profession
 - 9.b.i. Employers
 - 9.b.ii. Employment
 - 9.b.iii. Workplace culture
- 9.c. Engineering management
- 9.d. Industry involvement
 - 9.d.i. Cooperative education
 - 9.d.ii. Industry sponsorship
 - 9.d.iii. Internships

10. Recruitment and retention

- 10.a. Academic support
 - 10.a.i. Supplemental instruction
 - 10.a.ii. Tutoring
- 10.b. Achievement
- 10.c. Advising
 - 10.c.i. Academic advising
 - 10.c.ii. Coaching
 - 10.c.iii. Mentoring
 - 1. Peer mentoring
- 10.d. Preparation
- 10.e. Recruitment
 - 10.e.i. Engineering recruitment
 - 1. Engineering pathways [syn: Engineering pipeline]
 - 10.e.ii. Matriculation
 - 10.e.iii. Enrollment
- 10.f. Retention
 - 10.f.i. Attrition
 - 10.f.ii. Persistence
 - 10.f.iii. Retention rate
 - 10.f.iv. Scholarships
 - 10.f.v. Time to degree
- 10.g. Study behaviors
 - 10.g.i. Study groups
 - 10.g.ii. Time management
- 10.h. Student development
 - 10.h.i. Absenteeism
 - 10.h.ii. Mental health
 - 1. Test anxiety
 - 2. Depression
 - 3. Stress
 - 10.h.iii. Physical health

11. Related fields

- 11.a. Engineering economics
 - 11.a.i. Employability
 - 1. Industry demand
- 11.b. Education policy
 - 11.b.i. Bologna process
 - 11.b.ii. Common core state standards
- 11.c. Mathematics
 - 11.c.i. Calculus
 - 11.c.ii. Complex numbers
 - 11.c.iii. Differential equations
 - 11.c.iv. Engineering mathematics
 - 11.c.v. Graphing
 - 11.c.vi. Linear algebra
 - 11.c.vii. Pre-calculus
 - 11.c.viii. Probability theory
 - 11.c.ix. Statistics
- 11.d. Philosophy of engineering education
- 11.e. Science
 - 11.e.i. Biology
 - 11.e.ii. Chemistry
 - 11.e.iii. Geoscience
 - 11.e.iv. Life science
 - 11.e.v. Physical science
 - 11.e.vi. Physics
 - 11.e.vii. Technology applications
- 11.f. STEM
- 11.g. Technology studies

12. Research approaches

- 12.a. Data collection
 - 12.a.i. Analytics
 - 12.a.ii. Focus groups
 - 12.a.iii. Interviews
 - 12.a.iv. Observations
 - 12.a.v. Multi-institution
 - 12.a.vi. Survey
- 12.b. Research ethics
 - 12.b.i. Ethical treatment of subjects
 - 12.b.ii. Professional research ethics
- 12.c. Research evaluation criteria
 - 12.c.i. Credibility
 - 12.c.ii. Dependability
 - 12.c.iii. Generalizability
 - 12.c.iv. Reliability
 - 12.c.v. Transferability
 - 12.c.vi. Trustworthiness
 - 12.c.vii. Validity
- 12.d. Research methods
 - 12.d.i. Action research
 - 12.d.ii. Design-based research
 - 12.d.iii. Mixed methods research
 - 12.d.iv. Qualitative
 - 1. Case Study
 - 2. Content analysis
 - a. Discourse analysis
 - b. Document analysis
 - 3. Ethnography
 - 4. Grounded theory
 - 5. Narrative inquiry
 - 6. Phenomenology
 - 7. Phenomenography
 - 8. Photoelicitation
 - 12.d.v. Quantitative
 - 1. Data correlation
 - 2. Descriptive statistics
 - 3. Experimental research
 - 4. Factor analysis
 - 5. Inferential statistics
 - 6. Psychometric analysis
 - 7. Regression
 - 8. Structural equation modeling
 - 12.d.vi. Systematic review
 - 1. Meta-analysis

13. Theoretical frameworks

- 13.a. Affective theories
 - 13.a.i. Emotional learning
 - 13.a.ii. Motivation
 - 1. Achievement goal orientation theory [syn: Deep learning, Mastery learning]
 - 2. Attribution theory
 - 3. Behavior theory [syn: Behaviorism]
 - 4. Expectancy Value theory
 - 5. Self-determination theory
 - 13.a.iii. Self efficacy
- 13.b. Cognitive theories
 - 13.b.i. Constructivist
 - 1. Expert-novice
 - 13.b.ii. Knowledge transfer
 - 13.b.iii. Self regulated learning
 - 1. Metacognition
- 13.c. Critical theory
- 13.d. Developmental theory
 - 13.d.i. Adult learning theory
 - 13.d.ii. Agency
 - 13.d.iii. Model of domain learning
 - 13.d.iv. Identity
 - 13.d.v. Perry's model of intellectual development
 - 13.d.vi. Piaget's theory of cognitive development
- 13.e. Epistemology
- 13.f. Social cognitive theories [syn: Social learning theory]
 - 13.f.i. Activity theory
 - 13.f.ii. Cognitive apprenticeship
 - 13.f.iii. Community of practice
 - 13.f.iv. Social cognitive career theory

14. Teams [syn: Groups]

- 14.a. Interdisciplinary
- 14.b. Mental models
- 14.c. Multidisciplinary
- 14.d. Self managing work teams
- 14.e. Team dynamics
 - 14.e.i. Nominal group technique
 - 14.e.ii. Team development [syn: Group development]
 - 14.e.iii. Team formation
 - 14.e.iv. Team performance
 - 14.e.v. Team roles
- 14.f. Teamwork training
- 14.g. Transdisciplinary
- 14.h. Virtual teams [syn: Distributed]

[“Engineering Education Research Taxonomy ver.1.1”](#), criada por [Maura Borrego](#) e [Cynthia J. Finelli](#), é licenciada sob os termos [CC BY-SA 4.0](#).