

COLEÇÃO
DESAFIOS
DAS
ENGENHARIAS:

ENGENHARIA DE MATERIAIS E METALÚRGICA 2



HENRIQUE AJUZ HOLZMANN
(ORGANIZADOR)

Atena
Editora
Ano 2021

COLEÇÃO
DESAFIOS
DAS
ENGENHARIAS:

ENGENHARIA DE MATERIAIS E METALÚRGICA 2



HENRIQUE AJUZ HOLZMANN
(ORGANIZADOR)

Atena
Editora
Ano 2021

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2021 Os autores

Copyright da edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Diagramação: Maria Alice Pinheiro
Correção: Flávia Roberta Barão
Indexação: Gabriel Motomu Teshima
Revisão: Os autores
Organizador: Henrique Ajuz Holzmann

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C691 Coleção desafios das engenharias: engenharia de materiais e metalúrgica 2 / Organizador Henrique Ajuz Holzmann. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-551-5

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.515210610>

1. Engenharia de Materiais. 2. Metalúrgica. I. Holzmann, Henrique Ajuz (Organizador). II. Título. CDD 669

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, desta forma não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

APRESENTAÇÃO

A engenharia de materiais, se tornou um dos grandes pilares da revolução técnica industrial, principalmente quando se diz a indústria 4.0, devido a necessidade de desenvolvimento de novos materiais, que apresentem melhores características e propriedades físico-químicas. Para obtenção desses novos materiais, muitos processos precisaram de alterações e de novos métodos, exigindo um desprendimento de força elevado nesta área. Grandes empresas e centros de pesquisa investem maciçamente em setores de P&D a fim de tornarem seus produtos e suas tecnologias mais competitivas.

Destaca-se que a área de material compreende três grandes grupos, a dos metais, das cerâmicas e dos polímeros, sendo que cada um deles tem sua importância na geração de tecnologia e no desenvolvimento dos produtos. Aliar os conhecimentos pré-existentes com novas tecnologias é um dos grandes desafios da nova engenharia.

Neste livro são explorados trabalhos teóricos e práticos, relacionados as áreas de materiais, dando um panorama dos assuntos em pesquisa atualmente. Apresenta capítulos relacionados ao desenvolvimento de novos materiais, com aplicações nos mais diversos ramos da ciência, bem como assuntos relacionados a melhoria em processos e produtos já existentes, buscando uma melhoria e a redução dos custos.

De abordagem objetiva, a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas, em situações reais.

Boa leitura a todos.

Henrique Ajuz Holzmann

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

STRESS-CRACKING: UM ESTUDO BIBLIOMÉTRICO DOS ÚLTIMOS 21 ANOS DE PUBLICAÇÕES CIENTÍFICAS

Vinícius Pereira Bacurau
Ana Larissa Soares Cruz
Nicolas Moreira de Carvalho Gomes
Ermeson David dos Santos Silva
Thalia Delmondes de Souza
Leonardo Alves Pinto
Edvânia Trajano Teófilo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5152106101>

CAPÍTULO 2..... 18

ESTUDO DA INFLUENCIA DA ADIÇÃO DO WC NANOESTRUTURADO NAS PROPRIEDADES DO AÇO MA957

Kívia Fabiana Galvão de Araújo
Maria José Santos Lima
Fernando Erick Santos da Silva
Cléber da Silva Lourenço
Uilame Umbelino Gomes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5152106102>

CAPÍTULO 3..... 30

CARACTERIZAÇÃO DA TRANSFORMAÇÃO MARTENSÍTICA EM AÇOS INOXIDÁVEIS AUSTENÍTICOS E DEFORMADOS POR DIFERENTES PROCESSOS DA ÁREA NUCLEAR

Jamil Martins Guimarães Júnior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5152106103>

CAPÍTULO 4..... 38

TRÊS MÉTODOS PARA MELHORAR AS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE LIGAS DE ALUMÍNIO

Juan José Arenas Romero
Jesús García Lira
Martín Castillo Sánchez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5152106104>

CAPÍTULO 5..... 45

IMPACT OF ZINC CONCENTRATION AND pH IN THE ELECTROPLATING PROCESS IN AN ACID SULFATE-BASED SOLUTION

Gabriel Abelha Carrijo Gonçalves
Pedro Manoel Silveira Campos
Tácia Costa Veloso
Vera Rosa Capelossi

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5152106105>

CAPÍTULO 6	56
INSPEÇÃO ATRAVÉS DO ENSAIO VISUAL Marta Alves Marques  https://doi.org/10.22533/at.ed.5152106106	
CAPÍTULO 7	78
RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS NO BRASIL: UMA ABORDAGEM SOBRE ARTIGOS CIENTÍFICOS E POLÍTICAS NACIONAIS NO ÚLTIMO QUINQUÊNIO Mariana Cordeiro Magalhães Fernanda Nadier Cavalcanti Reis Peolla Paula Stein Tatiane Benvenuti Tácia Costa Veloso  https://doi.org/10.22533/at.ed.5152106107	
CAPÍTULO 8	84
PRODUÇÃO DE JANELAS INTELIGENTES BASEADAS EM POLÍMEROS NATURAIS Márcio Roberto da Silva Oliveira  https://doi.org/10.22533/at.ed.5152106108	
CAPÍTULO 9	94
BENEFÍCIOS NA UTILIZAÇÃO DE TUBOS DE PAPELÃO ESTRUTURAL COMO SISTEMA CONSTRUTIVO Gabriela Santos Pereira Lopes de Barros  https://doi.org/10.22533/at.ed.5152106109	
CAPÍTULO 10	106
ADIÇÃO DE BORRACHA DE PNEUS ORIUNDA DE CAPEAMENTO NO CONCRETO ESTRUTURAL – UMA AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS Myrelle Pinheiro e Silva Maria Letícia Ferreira da Silva Daniele Gomes Carvalho  https://doi.org/10.22533/at.ed.51521061010	
CAPÍTULO 11	132
AVALIAÇÃO DA BORRACHA NATURAL EPOXIDADA COMO UM POSSÍVEL MATERIAL AUTORREPARÁVEL Duane da Silva Moraes Helena Mesquita Biz Tatiana Louise Avila de Campos Rocha Cristiane Krause Santin  https://doi.org/10.22533/at.ed.51521061011	

CAPÍTULO 12..... 149

LAJOTAS DE PISO TÁTIL PREPARADAS COM ADIÇÃO DE *FLAKES* DE POLIESTIRENO RECICLADO COMO AGREGADO MIÚDO EM ARGAMASSA

Debora Scopel
Mateus Vosgnach
Vinicio Ceconello
Ana Maria Coulon Grisa
Edson L. Francischetti
Mara Zeni Andrade

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.51521061012>

CAPÍTULO 13..... 159

ADSORCION DE XANTATO ISOPROPILICO DE SODIO EN LA GALENA

Claudia Veronica Reyes Guzman
Leonor Muñoz Ramírez
Sergio García Villarreal
Gloria Guadalupe Treviño Vera
Aglae Davalos Sánchez
Gema Trinidad Ramos Escobedo
Manuel García Yregoi
Evelyn Rodríguez Reyna
Samuel Chacón de la Rosa
Luis Rey García Canales

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.51521061013>

CAPÍTULO 14..... 170

ADSORCION DE CIANURO EN CARBON ACTIVADO DE CASCARA DE TAMARINDO

Claudia Veronica Reyes Guzmán
Leonor Muñoz Ramírez
Sergio García Villarreal
Gloria Guadalupe Treviño Vera
Aglae Davalos Sánchez
Gema Trinidad Ramos Escobedo
María Gloria Rosales Sosa
Evelyn Rodríguez Reyna
Samuel Chacón de la Rosa
Luis Enrique Barajas Castillo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.51521061014>

CAPÍTULO 15..... 180

DESENVOLVIMENTO DE MEMBRANAS DE QUITOSANA/GELATINA/FÁRMACO PARA REGENERAÇÃO DA SUPERFÍCIE OCULAR

Amanda Eliza Goulart Gadelha
Wladýmjr Jéfferson Bacalhau Sousa
Albaniza Alves Tavares
Rossembérg Cardoso Barbosa
Maria Dennise Medeiros Macêdo

Thiago Cajú Pedrosa
Ana Caroline Santana de Azevedo
Fernando Melo Gadelha
Kleilton Oliveira Santos
Marcus Vinícius Lia Fook

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.51521061015>

CAPÍTULO 16..... 194

META-ARAMIDAS: DE UMA PERSPECTIVA DE PROTEÇÃO PESSOAL A UMA PERSPECTIVA AMBIENTAL

Natália de Oliveira Fonseca
Íris Oliveira da Silva
Francisco Claudivan da Silva
Késia Karina de Oliveira Souto Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.51521061016>

CAPÍTULO 17..... 205

USINAS TERMELÉTRICAS E A SIDERURGIA

Késsia de Almeida Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.51521061017>

SOBRE O ORGANIZADOR..... 209

ÍNDICE REMISSIVO..... 210

CAPÍTULO 1

STRESS-CRACKING: UM ESTUDO BIBLIOMÉTRICO DOS ÚLTIMOS 21 ANOS DE PUBLICAÇÕES CIENTÍFICAS

Data de aceite: 01/10/2021

Data da submissão: 06/08/2021

Edvânia Trajana Teófilo

Universidade Federal do Cariri (UFCA), Centro de Ciências e Tecnologia (CCT), Juazeiro do Norte – CE
<http://lattes.cnpq.br/8243151291427201>

Vinícius Pereira Bacurau

Universidade Federal do Cariri (UFCA), Centro de Ciências e Tecnologia (CCT), Juazeiro do Norte – CE
<http://lattes.cnpq.br/3702118357708912>

Ana Larissa Soares Cruz

Universidade Federal do Cariri (UFCA), Centro de Ciências e Tecnologia (CCT), Juazeiro do Norte – CE
<http://lattes.cnpq.br/8948387799925330>

Nicolas Moreira de Carvalho Gomes

Universidade Federal do Cariri (UFCA), Centro de Ciências e Tecnologia (CCT), Juazeiro do Norte – CE
<http://lattes.cnpq.br/4699827186889924>

Ermeson David dos Santos Silva

Universidade Federal do Cariri (UFCA), Centro de Ciências e Tecnologia (CCT), Juazeiro do Norte – CE
<http://lattes.cnpq.br/5128932687931370>

Thalia Delmondes de Souza

Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Centro de Ciência Exatas e de Tecnologia (CCET), São Carlos - SP
<http://lattes.cnpq.br/3337909176324793>

Leonardo Alves Pinto

Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Centro de Ciência Exatas e de Tecnologia (CCET), São Carlos – SP
<https://orcid.org/0000-0002-0371-7424>

RESUMO: O Environmental Stress Cracking (ESC), ou simplesmente stress cracking, é um fenômeno que ocorre em materiais poliméricos quando se tem a ação conjunta de um fluido (líquido ou vapor) com tensões mecânicas, ocasionando fissuramento ou levando à falha prematura e catastrófica do material. Busca-se por meio deste estudo averiguar as publicações dos últimos 21 anos (2000 a 2020) sobre o stress cracking. A pesquisa foi realizada em três bancos de dados, o Web of Science, Scielo e Scopus a fim de obter a quantidade de artigos publicados, verificar quais países mais pesquisam sobre o assunto, as palavras chaves relacionadas e as principais referências adotadas. Com isso, destacar as rotas construídas dentro deste campo em uma linha temporal, assim como os principais países que assumem postos de liderança nestas pesquisas. Constatou-se, a partir da distribuição de palavras chaves, que ocorreu uma variação sobre os estudos do fenômeno ESC, como sendo: diversificação nos polímeros empregados e preocupação com aspectos não apenas mecânicos, mas também morfológicos e estruturais. As pesquisas realizadas no presente estudo mostram que a quantidade anual de publicações mundial sobre o fenômeno ESC apresenta um crescimento linear discreto no período de 2000 a 2020, e que o Brasil figura

como um dos principais países que pesquisam sobre o fenômeno juntamente com EUA, China, Alemanha e Canadá.

PALAVRAS - CHAVE: environmental stress cracking, polímeros, Ciência dos Materiais, estudo bibliométrico.

ABSTRACT: Environmental Stress Cracking (ESC), or simply stress cracking, is a phenomenon that occurs in polymeric materials when there is the joint action of a fluid (liquid or steam) with mechanical stresses, causing cracking or leading to premature and catastrophic failure of the material. The aim of this study is to investigate publications from the last 21 years (2000 to 2020) on stress cracking. The research was carried out in three databases, the Web of Science, Scielo and Scopus in order to obtain the number of articles published, verify which countries research the most on the subject, the related keywords and the main references adopted. With this, we highlight the routes built within this field in a timeline, as well as the main countries that assume leadership positions in these surveys. From the distribution of key words, it was found that there was a variation on the studies of the ESC phenomenon, such as: diversification in the polymers used and concern with not only mechanical, but also morphological and structural aspects. The surveys carried out in this study show that the annual amount of publications on the ESC phenomenon worldwide shows a discrete linear growth in the period from 2000 to 2020, and that Brazil is one of the main countries that research the phenomenon together with the USA, China, Germany and Canada.

KEYWORDS: environmental stress cracking, polymer, Materials Science, bibliometric study.

1 | INTRODUÇÃO

Environmental stress cracking (ESC) tem sido reportado como uma das principais causas para diminuição da vida útil de produtos plásticos, causando danos que variam de fissuras superficiais à fratura frágil, mesmo em polímeros considerados de comportamento dúctil, como é o caso do policarbonato e do PET (TEÓFILO & RABELLO, 2015).

O fenômeno de *stress cracking* acontece quando se tem a ação conjunta de um fluido ativo (líquido ou vapor) com tensões mecânicas (internas ou externas), levando à falha do material. Sendo que, pequenas quantidades desse fluido já são o suficiente para o desenvolvimento do fenômeno (WRIGHT, 1996). Muitas das falhas por *stress cracking* envolvem contato do produto com fluidos como tintas, adesivos, agentes de limpeza, aerossóis, lubrificantes, óleos vegetais e até mesmo alimentos como manteiga e sorvete (TEÓFILO et al, 2009).

Sobre o mecanismo de ESC, acredita-se que o fluido atua (i) reduzindo a energia superficial para a formação de trincas ou (ii) causando plastificação localizada, que juntamente com a tensão mecânica, facilita o deslocamento molecular e a formação de microfibrilas, que posteriormente evoluem para trincas, ocasionando a falha do material (TEÓFILO & RABELLO, 2015).

A tensão que gera o fenômeno do *stress cracking*, geralmente deve ser tratativa, pois esse tipo de tensão faz com que ocorra desacomplamento entre as moléculas do

material. Tensões compressivas podem até ter uma magnitude suficiente para fraturar mecanicamente o material, mas não orientam as moléculas de forma que favoreça o *stress cracking*. Segundo Jansen (2004), estudos apontam que 25% das fraturas em polímeros são decorrentes do *stress cracking*. Assim, destaca-se como essencial uma análise dos trabalhos publicados sobre o assunto, de modo a avaliar quantitativamente o cenário mundial dessas pesquisas.

Para isso foi utilizada a bibliometria, que é uma ferramenta estatística que permite gerar diferentes indicadores, necessários para o planejamento, avaliação e gestão de conhecimento, principalmente em meios de comunicação científicos e tecnológicos, ao mesmo tempo contribuindo para organização e sistematização do conhecimento (GUEDES, 2005). Cunha (1985), expõe que bibliometria é um método de pesquisa que permite encontrar uma quantidade restrita de periódicos essenciais (denominados nucleares), nos quais estarão os artigos mais relevantes publicados sobre o assunto.

Nesse contexto, a principal contribuição desta pesquisa está em analisar as publicações dos últimos 21 anos sobre *stress cracking* na área dos materiais poliméricos, por meio das bases de dados *Web of Science*, *Scielo* e *Scopus*. Ao mesmo tempo busca-se avaliar o comportamento científico mundial nestas publicações, traçando um perfil que destaque as rotas construídas dentro deste campo em uma linha temporal, assim como os principais países e autores que assumem postos de liderança nestas pesquisas. Com esse perfil, pode-se direcionar novos trabalhos a partir dos polímeros ou aspectos já amplamente citados e discutidos nos artigos de análise.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

A aquisição de dados bibliográficos foi realizada na base de dados da *Web of Science*, *Scielo* e *Scopus* em 01 de julho de 2021. A busca eletrônica foi limitada ao campo de tópicos, que incluiu o título, resumo e palavras-chave, o descritor utilizado foi “*stress cracking*” na categoria “*Polymer Science*”. O banco de dados *Scopus* não permitiu limitar a categoria da pesquisa para ciência dos polímeros, sendo usado o termo “*Materials Engineering*”. A delimitação desta, teve como objetivo evitar uma possível confusão com eventos de corrosão em outros tipos de materiais. A pesquisa compreendeu o período entre 2000 e 2020, detendo-se apenas a trabalhos do tipo artigos. Os resultados da pesquisa foram exportados como arquivos delimitados por tabulação e processado usando um programa de software bibliométrico, *VOSviewer* versão 1.6.16.

O software *VOSviewer* é uma ferramenta para criar, visualizar e explorar mapas com base em dados de rede. Diferentes aspectos da literatura podem ser enfatizados, como coautores, países, citações e palavras-chave. O software usa uma abordagem unificada baseada na matriz de co-ocorrência para o agrupamento de termos normalizados e uma medida de similaridade que calcula a força de associação entre os termos.

Durante a análise de citação com o software as palavras derivadas foram unidas a partir dos arquivos do dicionário de sinônimos. Foi definida uma co-ocorrência mínima para o caso dos autores, países, citações e palavras chaves. O gráfico das publicações por ano foi gerado pelo software *Origin*. O mapa de publicações por países foi construído a partir das Planilhas Google e editada pela plataforma Canva.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Dentre os resultados da pesquisa está a quantidade de artigos publicados, encontrados em cada banco de dados, apresentados na Tabela 01. No SciELO não foi possível encontrar nenhuma publicação de artigos sobre o tema de interesse. Para o Scopus pode ser que a quantidade de publicações esteja levemente inflada porque não foi possível filtrar os resultados de forma a evitar um fenômeno que ocorre em materiais metálicos (a saber, o *stress corrosion cracking*), o qual possui palavras similares ao fenômeno avaliado no presente estudo. Com isso, seus dados não foram utilizados nas análises subsequentes. Os dados do *Web of Science* apresentaram os resultados mais coerentes com os parâmetros de busca estabelecidos, sendo, portanto, escolhidos para ilustrar as discussões dos tópicos que seguem.

Banco de dados	Quantidade de Publicações
<i>Web of Science</i>	165
<i>Scopus</i>	160*
<i>SciELO</i>	0

(*) Dados encontrados com um diferente filtro de categoria.

Tabela 01 - Publicações por Banco de Dados

3.1 Publicações Anuais

A Figura 01 ilustra a quantidade de publicações por ano no mundo e nos cinco países que mais publicaram sobre o tema. A quantidade de publicações mundial por ano (Figura 01.a) apresenta um crescimento linear discreto. Para os países que mais realizaram publicações nas últimas duas décadas, temos um crescimento quase contínuo para os Estados Unidos da América (EUA) (Figura 01.b) e Alemanha (Figura 01.d), e uma certa estabilidade ao longo das duas décadas para o Canadá (Figura 01.f). No caso da China (Figura 01.c), há um crescimento na quantidade de publicações e uma leve queda no final da segunda década. No caso do Brasil (Figura 01.e), ocorreu um pico de publicações no final da primeira década, e permaneceu praticamente estável no decorrer dos anos que se seguiram.

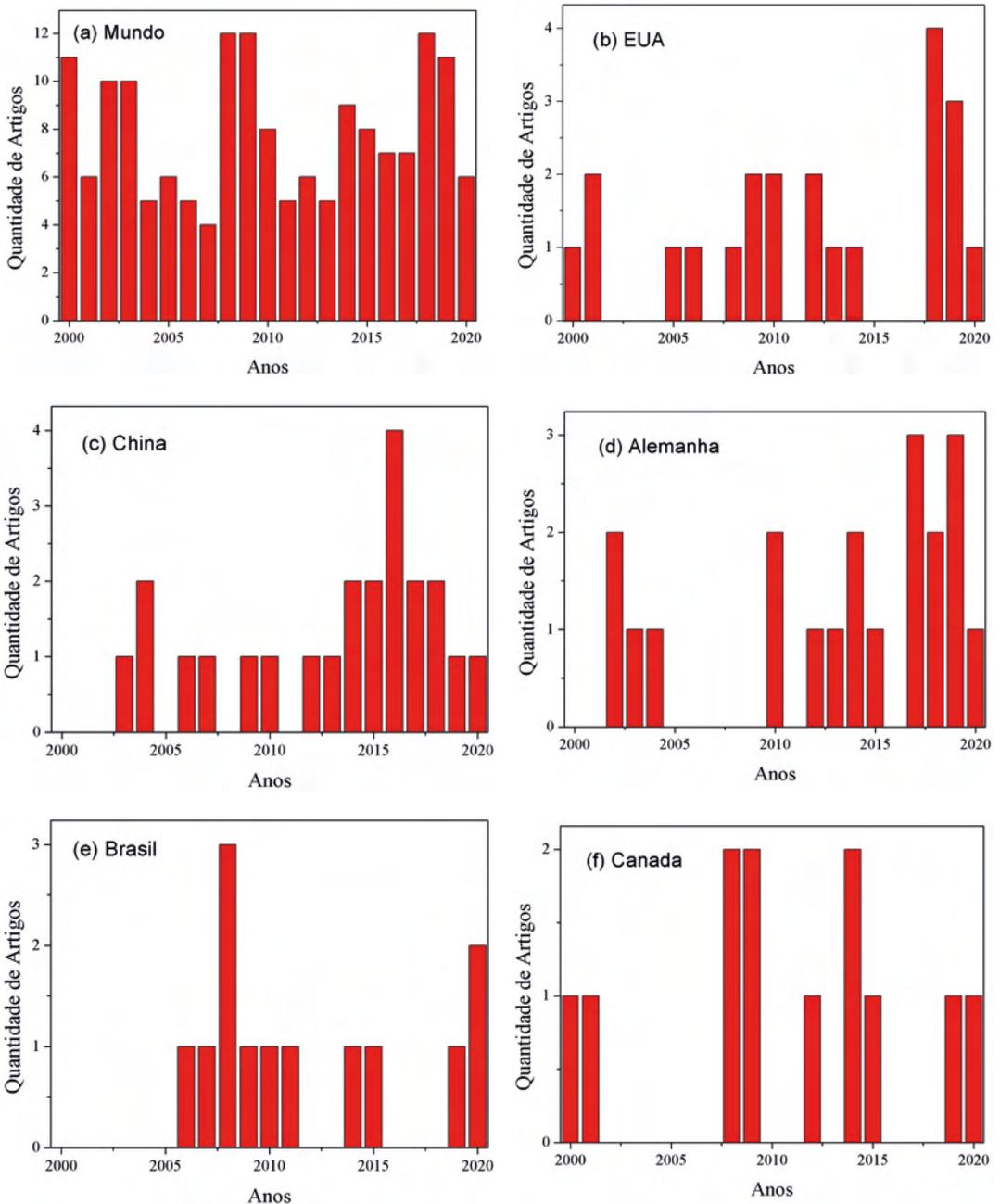


Figura 01 - Publicações de artigos sobre ESC por ano (a) no mundo, (b) nos Estados Unidos, (c) na China, (d) na Alemanha, (e) no Brasil e (f) no Canadá, com base no banco de dados do Web of Science.

3.2 Publicações por Países

A Figura 02 exibe a quantidade de publicações por países acima de duas publicações nos últimos 21 anos. Países identificados com cores mais claras são aqueles com menores números de trabalhos publicados sobre o tema, como é o caso da Espanha, Turquia e Áustria. Países com cores mais escuras apresentam os maiores números de publicações. Dentre estes destacam-se os Estados Unidos da América, China, Alemanha, Brasil e Canadá com 24, 23, 20, 13 e 13 trabalhos publicados, respectivamente, formando o ranking dos 5 países com mais publicações sobre Stress Cracking na área de Ciência dos Polímeros.

Ao fazer uma média de trabalhos publicados por ano durante os últimos 21 anos, percebe-se que o país com mais publicação de artigos científicos na área fica com uma média de apenas 1,1 artigos publicados anualmente. Ou seja, o país que mais publica sobre o assunto, gera em torno 1 artigo a cada ano. Analisando países como Áustria, que tem números bem menores, trata-se de 1 artigo científico sobre Stress Cracking a cada 10 anos e 6 meses. Países como Brasil e Canadá, que estão entre os cinco que mais publicam, produzem 1 a cada quase 2 anos, o que reforça a necessidade de mais trabalhos e discussões sobre o tema.

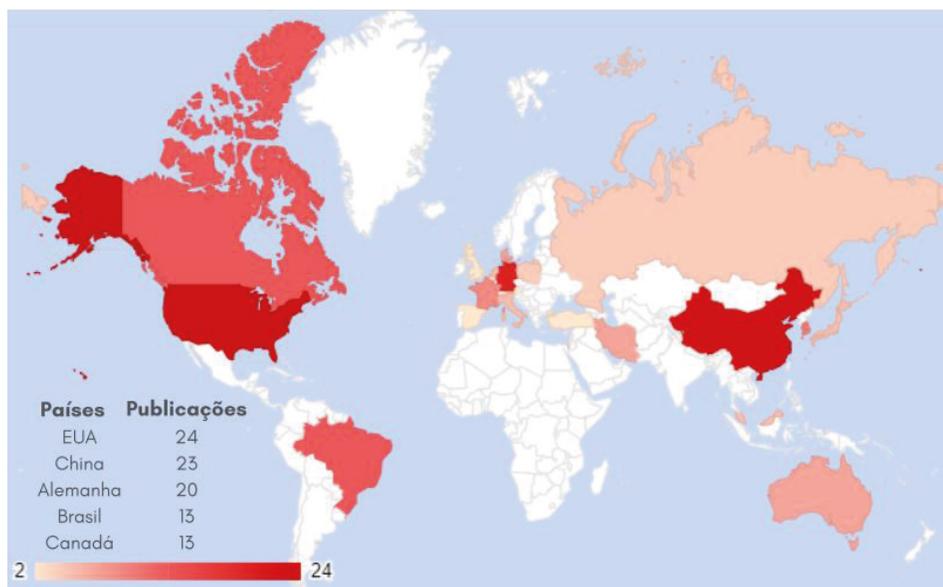


Figura 02 - Publicações de artigos sobre ESC por países. Destaque para os cinco países com mais publicações.

Segundo o relatório da Unesco (2010), países como EUA, Canadá e Alemanha, apresentaram em 2002 e 2007 investimento em pesquisa proporcional ao PIB (Produto

Interno Bruto) acima da média mundial (1,70%), com Brasil e China muito distantes desta marca. Em 2018, EUA (USA) e Alemanha continuam apresentando investimento acima da média mundial (1,79%), com respectivamente, 2,84% e 3,09%, e China em uma escalada vertiginosa, assume patamares próximos, com 2,19%. Para Brasil e Canadá seus valores ficam abaixo da média mundial, com 1,26% e 1,57%, respectivamente (UNESCO, 2021). Correlacionando número de publicações e proporção do PIB investido em pesquisa e desenvolvimento (P&D), nota-se que os países que assumem os 3 primeiros lugares no ranking de mais publicações são os mesmos que ao longo dos anos mais investiram parte de seu PIB para fomentar pesquisa. O caso especial é a China que apesar de seus baixos investimentos em 2002 e 2007, teve um grande crescimento a partir da segunda década.

Apesar desta ótima relação, não é apenas esta que deve ser levada em conta. Aspectos como demanda e produção de polímeros são fatores fundamentais para que haja ou não atenção a essa discussão nos respectivos países. De acordo com a *PlasticsEurope* (2020) o bloco comercial NAFTA (*North American Free Trade Agreement*), formado por Estados Unidos, México e Canadá, representa 19% da produção mundial de plástico em 2019, enquanto a Ásia é responsável por 51%, sendo destes, 31% contribuição direta da China. Os países da América Latina, fora México, representam 4% da produção mundial de plástico. Somam-se a esse grupo todos os países da América Latina incluindo o Brasil. Este último, mesmo sendo uma parcela muito pequena frente a outros países na produção mundial de plástico, ainda sim desponta com 13 publicações, tal como o Canadá, que tem contribuições superiores na produção de polímeros pelo NAFTA.

3.3 Correlação de Autores

A Tabela 02 apresenta os 5 autores com mais artigos publicados sobre *stress cracking* na área de ciência dos polímeros durante os anos de 2000 a 2020, segundo a *Web of Science*. Canadá ocupa os dois primeiros lugares com Penlidis e Polak tendo o total de 7 trabalhos cada e valor de h-index igual 35 e 21, respectivamente. O Brasil ocupa o terceiro lugar com Rabello, apresentando também 7 trabalhos publicados sobre o assunto, e H-index 18. Quarto e quinto lugar apresentam 4 trabalhos, sendo respectivamente, EUA com Hansen, H-index igual a 24, e China com Liu, alcançando o maior valor de H-index dentre os autores analisados, sendo 58. O h-index é uma ferramenta para avaliar individualmente: qualidade científica, regularidade de produção e previsão de desempenho científico, relacionando produtividade e impacto (THOMAZ et. al, 2011; HIRSCH, 2007; KULASEGARAH e FENTON, 2010).

Ranking por N° de Trabalhos	Autor	N° de Trabalhos	h-index	Países Associados
1°	Penlidis, Alexander	7	35	Canadá
2°	Polak, Maria Anna	7	21	Canadá
3°	Rabello, Marcelo	7	18	Brasil
4°	Hansen, Charles	4	24	EUA
5°	Liu, Chuntai	4	58	China

Tabela 02 - Ranking dos autores com maior número de trabalhos publicados sobre ESC no período de 2000 a 2020, segundo a base de dados Web of Science.

Através dos dados apresentados é possível notar uma relação inversa entre país associado dos autores com mais publicações e países com mais publicações (figura 02), ficando fora dessa correlação apenas a Alemanha, dado não haver nenhum autor associado ao país no ranking de 5.

3.4 Correlação de citações por trabalhos

Com o intuito de analisar as referências mais citadas pelos 165 trabalhos obtidos pela base de dados *Web Science* entre 2000 a 2020 e como eles se relacionam, foi construído pelo software *Vosviewer* uma análise de cocitações utilizando como unidade de análise as referências, gerando dessa forma uma rede com 22 referências que possuem no mínimo 10 correlações como ilustrado na Figura 03. Na imagem, o tamanho dos “nós” simbolizam a quantidade de citações, dessa maneira os “nós” com maior diâmetro representam as referências com maior número de citações e vice-versa. As colorações representam dois grupos: verde e vermelho, que são gerados pela incidência de referências que são citadas em conjunto nos artigos, ocorrendo uma maior correlação entre elas dentro desse espaço.

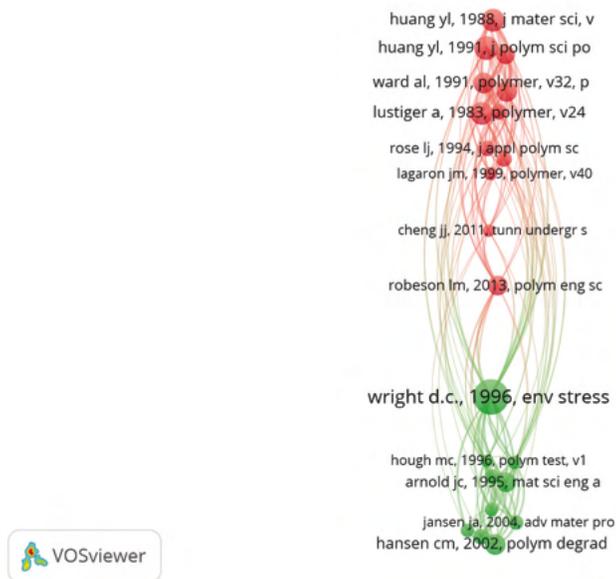


Figura 03 - Rede de correlação das referências mais citadas nos trabalhos entre 2000 a 2020, segundo o banco de dados *Web of Science*, gerado pelo *Vosviewer*.

A partir dos dados gerados pelo Vosviewer foi possível determinar a média de citações entre as 22 referências que possuíam as 10 correlações mínimas, sendo essa média de 14,59. Dessa maneira, as referências mais utilizadas foram determinadas tomando como critério possuir um número de citações superior à média. Tais referências estão indicadas na Tabela 3 e uma visão geral de seus conteúdos expostas a seguir.

Título	Autores	Nº de citações
Environmental Stress Cracking of Plastics	David Wright (1996)	28
Dependence of Slow Crack Growth in Polyethylene on Butyl Branch Density: morphology and Theory	Yan-Ling Huang and Norman Brown (1991)	19
The effect of molecular weight on slow crack growth in linear polyethylene homopolymers	Yan-Ling Huang and Norman Brown (1988)	18
Importance of tie molecules in preventing polyethylene fracture under long-term loading conditions	A. Lustiger and R. L. Markham (1983)	18
On predicting environmental stress cracking in polymers	Charles M. Hansen (2002)	17
Strain hardening modulus as a measure of environmental stress crack resistance of high density polyethylene	L. Kurelec et al., (2005)	17
The mechanism of slow crack growth in polyethylene by an environmental stress cracking agent	A. L. Ward et al., (1991)	17
The influence of liquid uptake on environmental stress cracking of glassy polymers	J.C. Arnold (1994)	16
Environmental Stress Cracking: A Review	Lloyd M. Robeson (2012)	16
Critical Review of the Molecular Topology of Semicrystalline Polymers: The Origin and Assessment of Intercrystalline Tie Molecules and Chain Entanglements	Roland Seguela (2005)	15

Tabela 03 - Referências com maior número de citações ordenadas de forma decrescente.

No livro de Wright (1996) foi explicado as causas do fenômeno Environmental stress cracking e suas implicações. Abordando os métodos de análise do fenômeno, os fatores que influenciam a sua ocorrência e dados sobre alguns polímeros específicos.

Os autores Huang & Brown (1991) propuseram uma teoria para avaliar o efeito que a baixa densidade da ramificação exerce sobre a taxa de crescimento da fissura. Dessa forma, dividiram sua pesquisa em duas etapas. Na primeira calculou-se o número de moléculas de ligação a partir da maior cadeia polimérica e na segunda parte utilizaram um microscópio eletrônico de varredura (MEV) para observar o surgimento da trinca e sua morfologia. O crescimento da fissura ocorreu sob condições de deformação plana por meio de ensaios de tração entalhada.

Huang & Brown (1988) realizaram uma análise que mediu a taxa de crescimento da trinca em polietileno em função do peso e densidade molecular das ramificações. Com o intuito de determinar o efeito da densidade de ramificações de butil utilizou-se um copolímero etileno-hexeno com o peso molecular próximo do homopolímero. O crescimento

foi observado em espécimes de tração entalhados sob condições de deformação plana e em função da tensão e da temperatura. O efeito do peso molecular foi determinado em homopolímeros.

Lustiger & Markham (1983) realizaram uma análise para examinar os aspectos práticos do fenômeno *environmental stress cracking* em tubos extrudados de polietileno de média densidade (PEMD). Com o intuito de descrever o modelo de fratura frágil e entender as diferenças entre as propriedades, utilizou-se microscópio eletrônico de varredura e microscópio eletrônico de transmissão para analisar as áreas de fratura do corpo de prova. Foi realizada também cromatografia de permeação em gel para exames morfológicos da parede interna do tubo.

Hansen (2002) realizou uma correlação do ESC com o gráfico de número RED (diferença de energia relativa), utilizando uma interação polímero solvente que foram determinadas a partir dos parâmetros de solubilidade de Hansen (HSP) versus parâmetro de tamanho molecular. Os gráficos foram feitos para um copolímero ciclo-olefínico, um policarbonato e um polivinilcloro. Este trabalho é uma extensão de estudos anteriores (Hansen CM, Just L; 2001), que apresentam as correlações do parâmetro de solubilidade particular de Hansen (HSP) para a solubilidade e ESC no Copolímero ciclo-olefínico (COC) Topas 6013 (Ticona), para 43 solventes sistematicamente escolhidos cobrindo uma ampla gama de HSP.

Kurelec et. al (2005) estudaram a resistência à propagação de trincas em diferentes tipos de homopolímero e copolímero de etileno e polietileno a partir de um ensaio de tração realizado a 80 °C. Dessa maneira, determinou-se que a resistência à propagação de trincas no polietileno é influenciada por *craxe*. Defendem os autores que, nesse caso, o material quando submetido a uma tensão de tração terá um aumento de resistência por alinhamento das microfibrilas, o que conseqüentemente irá reduzir a deformação, retardando a fratura.

Ward et al. (1991) utilizaram um copolímero de etileno-octeno, com intuito de avaliar os efeitos da tensão e da temperatura sobre o crescimento de fissuras nas condições ao ar e umedecido por Igepal. O polietileno investigado ao ar possui um comportamento de fissuração próximo a de uma resina usada em aplicações críticas como distribuição de gás natural.

Arnold (1994) realizou testes em dois polímeros em condições específicas para avaliar o fenômeno de ESC. Os sistemas trabalhados foram o policarbonato sob ação de etanol e um fenólico banhado em óleo e água. Ambos foram expostos a testes de tração com taxa de deformação constante e testes de fluência.

Robeson (2012) desenvolveu um artigo de revisão, realizando uma discussão sobre os mecanismos que causam ESC proposto na literatura, os métodos de testes comumente empregados e abordagens para reduzir a ocorrência do fenômeno.

Seguela (2005) aborda uma revisão sobre os mecanismos de nucleação das moléculas de ligação durante o estágio da cristalização e a avaliação experimental e teórica

de sua concentração. O objetivo deste artigo foi fazer um levantamento crítico desses estudos e propor algumas melhorias das deficiências ou lacunas das várias abordagens.

Analisando os trabalhos com maior número de citações, foi possível inferir que a maioria deles são publicações antigas, sendo a do Yan-Ling Huang e Norman Brown de 33 anos atrás. Dessa maneira, pode-se perceber que o ESC em polímeros é um assunto com pouca literatura, fazendo com que a maioria das pesquisas atuais acabem recorrendo a trabalhos antigos publicados.

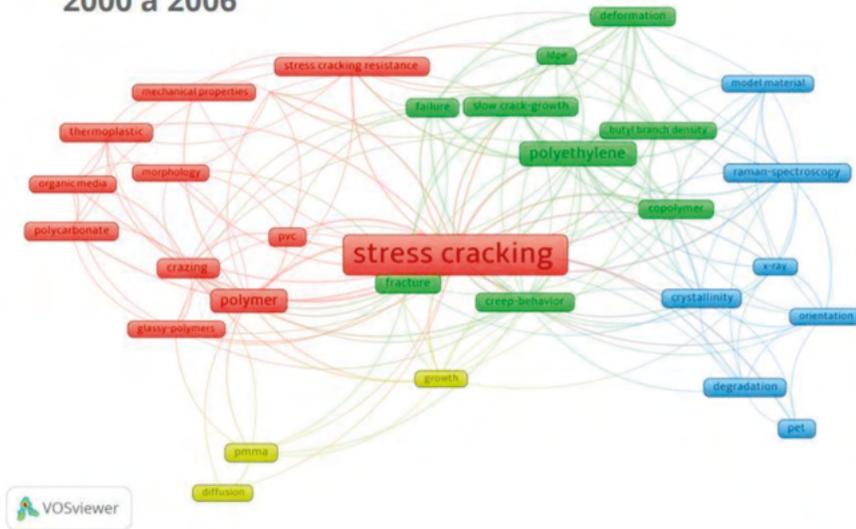
3.5 Distribuição das Palavras Chaves

No intuito de descrever as rotas das pesquisas envolvendo o fenômeno *stress cracking*, foram analisadas em período de 7 em 7 anos, dentro dos últimos 21 anos (2000-2020), as palavras chaves mais recorrentes nos artigos publicados. Para tal, foram definidos como parâmetros a ocorrência mínima de 3 repetições, sendo realizada análise de co-ocorrência de todas as palavras chaves (contando com palavras chaves definidas pelos autores e as eleitas pela base de dados *web of science*). Os resultados estão ilustrados na Figura 04.

A Figura 04 ilustra o mapa de palavras-chaves, nesta observa-se que cada período apresenta quantidades distintas de palavras-chave representadas nas redes. Para os anos de 2000 a 2006 há 31 palavras-chave a partir de 3 ocorrências. Com as mesmas condições, os períodos de 2007 a 2013 e 2014 a 2020 apresentaram respectivamente 41 e 53 palavras-chave. Tal diferença tem relação direta com o aumento de publicações sobre o tema a partir do ano de 2007.

No período de 2000 a 2006 (figura 04.a), as palavras que mais ganham destaque são “*stress cracking*”, “*polymer*”, “*fracture*”, “*creep-behavior*”, “*stress cracking resistance*”, “*pvc*”, “*polycarbonate*”, “*polyethylene*” e “*pe*”. Logo é possível inferir que as pesquisas desse período se concentraram nos polímeros: Poli(cloreto de vinila) (PVC), Policarbonato, Polietileno e Poli(tereftalato de etileno) (PET).

2000 a 2006



(a)

2007 a 2013



(b)

morfológicas desses. Polietileno de alta densidade (HDPE) e poliestireno seguem como os polímeros mais estudados dentro do ESC, destacando-se também o policarbonato, polipropileno e os materiais compósitos.

4 | CONCLUSÕES

A partir da análise bibliométrica na base de dados *Web of Science* foi possível constatar que entre 2000 a 2020, 165 artigos foram publicados sobre o ESC em polímeros. Sendo que, a quantidade de publicações mundial por ano sobre ESC não apresentou uma tendência de aumento no número de artigos publicados a cada ano, e que os EUA, China, Alemanha, Brasil e Canadá figuram como os principais países que publicam sobre o fenômeno.

Os autores com maior número de artigos produzidos são Penlidis A. e Polak M.A. ambos do Canadá, Rabello M. do Brasil, Charles Hansen do EUA e Chuntai Liu da China. Os trabalhos mais citados entre os artigos obtidos pelo banco de dados são, em sua maioria, publicações antigas em que o conceito pode ser aplicado até hoje, sinalizando que existe pouca literatura sobre o assunto. Dessa forma, há necessidade de mais estudos em diferentes polímeros com diferentes funções estruturais e que estejam dentro de ambientes propícios ao stress cracking.

Constatou-se que os polímeros mais investigados nos últimos 21 anos foram: HDPE, poliestireno, PET, PVC, polipropileno e policarbonato. A partir da segunda década os estudos mostraram-se preocupados com aspectos não apenas mecânicos, mas também morfológicos e estruturais dos polímeros.

Por fim, esse trabalho tem o intuito de avaliar como ocorreu os estudos sobre o stress cracking nos últimos 21 anos, expondo a evolução das pesquisas, os países mais promissores na área, principais autores e referências mais utilizadas. Ademais, orientar as tomadas de decisões quanto a pesquisas futuras.

REFERÊNCIAS

ARNOLD, J. C. **The influence of liquid uptake on environmental stress cracking of glassy polymers**. *Materials Science and Engineering: A*, vol. 197, p. 119-124, 1995.

CUNHA, M. V. **Os periódicos em ciência da informação: uma análise bibliométrica**. *Ciência e Informação*, Brasília, vol. 14, p. 37-45, 1985.

GUEDES, V. L. S.; BORSCHIVER, S. **Bibliometria: uma ferramenta estatística para a gestão da informação e do conhecimento, em sistemas de informação, de comunicação e de avaliação científica e tecnológica**. In: Encontro Nacional da Ciência da Informação, 2005.

HANSEN, C. M.; JUST, Lisbeth. **Prediction of Environmental Stress Cracking in Plastics with Hansen Solubility Parameters**. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, vol. 40, 2000.

HANSEN, C. M. **On predicting environmental stress cracking in polymers.** Polymer Degradation and Stability, vol. 77, p. 43–53, 2002.

HIRSCH J. E. **Does the H index have predictive power?** Proc Natl Acad Sci USA. 2007.

HUANG, Y.-L.; BROWN, N. **The effect of molecular weight on slow crack growth in linear polyethylene homopolymers.** Journal of Materials Science, vol. 23, p. 3648–3655, 1988.

HUANG, Y.-L.; BROWN, N. **Dependence of slow crack growth in polyethylene on butyl branch density: Morphology and theory.** Journal of Polymer Science Part B: Polymer Physics, vol. 29, p. 129–137, 1991.

KULASEGARAH, J.; FENTON, J. E. **Comparison of the h index with standard bibliometric indicators to rank influential otolaryngologists in Europe and North America.** Eur Arch Otorhinolaryngol, 2010.

KURELEC, L.; TEEUWEN, M.; SCHOFFELEERS, H.; DEBLIECK, R **Strain hardening modulus as a measure of environmental stress crack resistance of high density polyethylene.** Polymer, vol. 46, p. 6369–6379, 2005.

LUSTIGER, A.; MARKHAM, R. L. **Importance of tie molecules in preventing polyethylene fracture under long-term loading conditions.** Polymer, 24(12), 1647–1654, 1983.

PLASTICSEUROPE. **Plastics – the Facts 2020: An analysis of European plastics production, demand and waste data.** 2020. Disponível em: <<https://www.plasticseurope.org/en/resources/publications/4312-plastics-facts-2020>> . Acesso em 03 de ago. 2021.

ROBESON, L. M. **Environmental stress cracking: A review.** Polymer Engineering & Science, vol. 53, p. 453–467, 2012.

SCIELO - Scientific Electronic Library Online. 2014. Disponível em: < <https://www.scielo.org/>>. Acesso em 31 jul. 2021.

SCOPUS. 2019. Disponível em: <<https://www-scopus.ez98.periodicos.capes.gov.br/search/form.uri?display=basic#basic>>. Acesso em 31 jul. 2021

SEQUELA, R. **Critical review of the molecular topology of semicrystalline polymers: The origin and assessment of intercrystalline tie molecules and chain entanglements.** Journal of Polymer Science Part B: Polymer Physics, vol. 43, p. 1729–1748, 2005.

TEÓFILO, E. T.; MELO, R. N.; SILVA, S. M. L.; RABELLO, M. S. **Stress Cracking e Ataque Químico do PET em Diferentes Agentes Químicos.** Polímeros: Ciência e Tecnologia, vol. 19, nº 03, p. 202-211, 2009.

TEÓFILO, E. T.; RABELLO, M. S. **The use of acoustic emission technique in the failure analysis of PET by stress cracking.** Polymer Testing, vol. 45, p. 68-75, 2015.

THOMAZ, P. G.; ASSAD, R. S.; MOREIRA, L. F. P. **Uso do Fator de impacto e do índice H para avaliar pesquisadores e publicações.** Arquivos Brasileiros de Cardiologia [online], vol. 96, 2011.

UNESCO. **Relatório Unesco Sobre Ciência 2010: O atual status da ciência em torno do mundo.** Resumo Executivo, 2010. Disponível em: <<http://www.bibl.ita.br/UNESCOrelatorio.pdf>> . Acesso em 03 de ago. 2021.

UNESCO. **Relatório de ciências da UNESCO: a corrida contra o tempo por um desenvolvimento mais inteligente; resumo executivo e cenário brasileiro**, 2021. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000377250_por> . Acesso em 03 de ago. 2021.

WARD, A. L.; LU, X.; HUANG, Y.; BROWN, N. **The mechanism of slow crack growth in polyethylene by an environmental stress cracking agent.** Polymer, vol. 32, p. 2172–2178, 1991.

WEB OF SCIENCE. 2015. Disponível em: < https://apps-webofknowledge.ez98.periodicos.capes.gov.br/WOS_GeneralSearch_input.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch>. Acesso em 31 jul. 2021.

WRIGHT, D.C. **Environmental Stress Cracking of Plastics**, Rapra Technology Ltd, 1996.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aço MA957 4, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28

Aços inoxidáveis 4, 30, 31, 36

Adsorción 159, 160, 162, 163, 165, 167, 168, 170, 171, 172, 174, 175, 176, 177, 178

Alumínio 4, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 95, 141

Argamassa 6, 112, 149, 150, 156, 157, 158

Austenita 30, 31, 36

Autorreparação 132, 133, 134, 136, 138, 143, 144, 145, 146, 147

B

Biomateriais 180, 181, 182

Biopolímeros 172, 181, 187

Borracha 5, 90, 106, 108, 115, 116, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 125, 127, 129, 130, 132, 133, 134, 135, 137, 140, 147

C

Cascara 6, 170, 171, 173, 174, 175, 176, 177, 178

Cianuro 6, 170, 171, 174, 175, 176, 177, 178

Combustível nuclear 30

Compressão 30, 31, 33, 36, 40, 41, 96, 106, 108, 112, 113, 119, 121, 124, 125, 128, 129, 149, 150, 151, 154, 155, 158

Concreto 5, 100, 106, 107, 108, 110, 112, 113, 114, 115, 116, 119, 120, 121, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 150, 157, 158

Conforto Humano 149

D

Deformação a Frio 38, 40, 41, 42

Desorción 160

E

Eficiência de corrente 46

Eletrocromismo 84

Eletrodeposição reversível 84, 85, 86, 87

Eletrogalvanização 45, 46

ENR50 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146

Ensaio visual 56, 57, 58

Estudo Bibliométrico 4, 1, 2

F

Fármaco 6, 180, 181, 183, 185, 186, 187, 188, 189, 190

Ferritoscopia 30, 31, 35, 36

G

Galena 6, 159, 160, 161, 162, 164, 165, 166, 167, 168, 169

Geotêxteis 194, 201, 202

I

Incêndios florestais 194, 195, 199, 200

L

Lajota Piso Tátil 149

Laminação 30, 31, 32, 34, 35, 36, 39, 69

M

Martensita 30, 31, 36

Meta-Aramidas 7, 194, 195, 196, 197, 199, 200, 203

Morfologia do revestimento 46

P

Parâmetros operacionais 46

Poliestireno 6, 14, 15, 133, 149, 150, 156, 157, 158, 185

Polímeros 3, 5, 1, 2, 3, 6, 7, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 82, 84, 86, 90, 147, 158, 182, 192, 195, 196, 203

R

Resíduos 5, 78, 79, 80, 82, 83, 94, 99, 103, 106, 107, 108, 110, 116, 119, 123, 125, 127, 129, 130, 131, 157

Reticulação com peróxido 132

Revestimento metálico 46

S

Síntese 18, 21, 158

Soldagem 41, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 209

Superfície ocular 6, 180, 181, 182, 190, 191, 193

Sustentabilidade 103, 104, 106, 108, 127, 149

Sustentável 80, 81, 94, 98, 99, 106, 107, 108, 116, 127, 130, 150

T

Tamarindo 6, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179

Textura 30, 36, 37, 150

Tratamentos Térmicos 38, 39, 41

Tubos de papelão 5, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 103, 104, 105

W

WC nanoestruturado 4, 18, 20, 21, 26, 28

COLEÇÃO

DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA DE MATERIAIS E METALÚRGICA 2

- 
-  www.atenaeditora.com.br
 -  contato@atenaeditora.com.br
 -  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
 -  www.facebook.com/atenaeditora.com.br

COLEÇÃO

DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA DE MATERIAIS E METALÚRGICA 2

- 
- 🌐 www.atenaeditora.com.br
- ✉ contato@atenaeditora.com.br
- 📷 @atenaeditora
- 📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br