

Produtividade científica sobre nanotecnologia (2007-2019)

Haide Maria Hupffer¹
Maria Ana Barcelos Pinto²
Daniela Müller de Quevedo³

Resumo: O estudo é de natureza quantitativa-descritiva, realiza uma pesquisa bibliométrica sobre publicações científicas em nanotecnologia no período entre 2007-2019, nos arquivos da base de dados da Web of Science, objetivando conhecer a produção científica sobre o tema, a taxa de crescimento da literatura, a distribuição geográfica e os títulos de artigos e autores mais produtivos. Para a coleta dos dados utiliza a metodologia adotada por Nazim e Ahmad (2008) que realizaram a mesma pesquisa para o período 1991-2006. Os resultados demonstram um crescimento na literatura de 624,93% na comparação entre os dois períodos. Liu Y da China desponta como primeiro autor participando na elaboração de 142 artigos científicos.

Palavras-chave: nanotecnologia; crescimento da literatura científica; mineração de texto; indicadores bibliométricos.

1 INTRODUÇÃO

A nanotecnologia é considerada uma das mais promissoras tecnologias e objeto de interesse de pesquisadores, laboratórios de pesquisa, governos e empresas de alta tecnologia. Incorporada em mais de nove mil produtos e aplicações, a nanotecnologia é dedicada à compreensão, controle e utilização das propriedades da matéria na nanoescala (1,0x10⁻⁹m, que equivale a 1 bilionésimo de um metro) e possui a capacidade de revolucionar produtos, processos e prestação de serviços, com inovações até pouco tempo inimagináveis. Por ser uma

¹ Pós-Doutora em Direito pelo PPGD da UNISINOS. Doutora e mestre em Direito pelo PPGD da UNISINOS. Docente e pesquisadora no Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental e no curso de Direito da Universidade Feevale. Líder do Grupo de Pesquisa CNPq/Feevale: Direito e Desenvolvimento. O artigo é resultante da participação no Projeto de Pesquisa “A autorregulação da destinação final dos resíduos nanotecnológicos”. Financiado pela FAPERGS - Edital 02/2017 – PqG (Programa Pesquisador Gaúcho). E-mail: haide@feevale.br.

² Mestranda no Programa de Pós-Graduação profissional em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação - PROFNIT na Universidade Federal de Santa Catarina -UFSC. Bacharel em Direito pela Universidade Feevale. Pesquisadora bolsista do projeto "Estruturação do Núcleo de Inovação Tecnológica da Embrapa Suínos e Aves" - Edital de chamada pública FAPESC n.14/2019 para atuação junto à área de Transferência de Tecnologia da Embrapa Suínos e Aves. E-mail: mariaanabp@gmail.com

³ Doutora em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS. Mestre em Matemática pela UFRGS. Professora no Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental da Universidade Feevale. Consultora CAPES na avaliação de Programas Acadêmicos e Profissionais na área de Ciências Ambientais. E-mail: danielamq@feevale.br

tecnologia com característica transversal, disruptiva e pervasiva, a nanotecnologia “acomoda facilmente todas as áreas do mundo dos negócios”. Potências econômicas como os Estados Unidos, China, Coréia do Sul, União Europeia, Japão, Rússia, Irã, Inglaterra e Taiwan, aportam volumosos recursos para fazer parte de um mercado que cresce exponencialmente. A Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), considera a nanotecnologia uma das bases das Tecnologias Convergentes e Habilitadoras, “responsável em moldar a próxima revolução industrial e trazer impactos positivos para o desenvolvimento social e econômico mundial” (BRASIL, 2019, p.19).

A característica pervasiva das nanotecnologias abre espaço para contínuas inovações pelo seu potencial facilitador (*enabling*), o que faz da nanotecnologia um mercado altamente promissor situando-se como um “novo paradigma tecnoeconômico” (BARBOSA, 2017, p. 50). Por ser uma tecnologia de base interdisciplinar e resultar da convergência de campos tecnológicos distintos, com capacidades radicalmente novas de entender e manipular a matéria em nanoescala, a nanotecnologia consegue adentrar em vários setores e mudar a “dinâmica de várias tecnologias” (LAURETH; INVERNIZZI, 2012). Neste ponto, observa-se que não existe uma nanotecnologia, “mas várias nanotecnologias, que não são fins em si mesmas, mas tecnologias facilitadoras que serão incorporadas em outras, podendo uma mesma nanotecnologia afetar diversos setores” (BARBOSA, 2017, p. 52).

Todas as áreas estão sendo desafiadas e a ciência precisa acompanhar o desenvolvimento da nanotecnologia, mapear os benefícios e riscos à saúde humana e ao meio ambiente, bem como documentar os resultados de suas descobertas e elaborar metodologias para possibilitar a rastreabilidade no ciclo de vida. Assim, ao longo dos anos foram publicados inúmeros artigos científicos sobre nanotecnologias nos principais periódicos científicos internacionais, em relatórios técnicos, livros e produtos patenteados, o que permite dizer que há um grau de cumulatividade da ciência produzida sobre o tema. As publicações refletem as preocupações de cientistas e a necessidade de socializar os resultados de pesquisas que continuam a receber investimentos substanciais para tornar a produção em nanoescala uma das tecnologias revolucionárias e promotora de mudanças paradigmáticas.

Como o volume de textos científicos sobre nanotecnologia é significativo e cresce exponencialmente, o presente estudo objetiva identificar na literatura a produção de conhecimento relacionada diretamente à nanotecnologia, com a utilização de análise bibliométrica e aplicação da técnica de mineração de textos na base de dados Web of Science (WoS), mais especificamente na Science Citation Index/Social Science Citation Index (SCI/SSCI) no período de 2007-2019. Assim, busca-se demonstrar, quantitativamente, o

movimento de publicações, observando o ano, autores mais produtivos, título do artigo, periódico, instituições, países e pesquisadores mais produtivos. Além disso, objetiva-se comparar os resultados de estudo anterior de Nazim e Ahmad (2008) que observaram o período 1991-2006 para avaliar a evolução da produção científica sobre o tema. Para atingir o objetivo proposto, o corpus foi analisado com apoio do software EndNote fornecido pela Thomson ISI WoS.

Frente a quantidade e diversidade de artigos publicados sobre o tema da nanotecnologia e por ser uma área interdisciplinar, este artigo contribui para a literatura por realizar uma análise da produção científica estratificada com utilização da bibliometria. A análise bibliométrica pode revelar a dinâmica da produtividade científica ao longo do tempo, o que é particularmente útil para correlacionar pesquisadores mais produtivos, países e instituições de origem e os principais periódicos em que foram divulgados os resultados das pesquisas. As seguintes seções do artigo incluem uma visão geral sobre nanotecnologia, caminho metodológico, discussão dos resultados e conclusão.

2 NANOTECNOLOGIAS E SUAS PRINCIPAIS APLICAÇÕES

A manipulação de átomos e moléculas em escala manométrica foi divulgada em 1959 pelo físico norte-americano Feynmann que apresentou o conceito em um encontro da Sociedade Americana de Física na palestra ministrada “There’s Plenty of Room at the Bottom” ao se referir a possibilidade de manipulação direta de átomos individuais que poderiam resultar na produção de dispositivos úteis para todos os campos do conhecimento (ACT, 2005, p.6). O termo nanotecnologia foi utilizado 15 anos após pelo professor Norio Taniguchi da Universidade de Ciências de Tóquio, entretanto foi apenas no ano de 1981 que o primeiro artigo científico sobre nanotecnologia foi publicado por Drexler, que era pesquisador do Instituto de Tecnologia de Massachussetts (MIT) (ZHANG; WEBSTER, 2009). No artigo publicado, o autor descrevia os elementos fundamentais para a nanotecnologia e a possibilidade de construção de máquinas na escala de moléculas, com alguns nanômetros de largura e que seriam capazes de reconstruir estruturas no interior do corpo humano, revitalizando células e redesenhando estruturas biológicas para evitar doenças. No ano de 1986, o livro *Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology* de Drexler foi o impulsionador de pesquisas em nanotecnologia, com teorias extremamente inovadoras e que popularizaram o termo nanotecnologia (DREXLER, 1986).

Neste texto, Drexler (1986) argumenta que as leis da natureza deixam muito espaço para a inovação e o progresso, e as pressões da competição mundial exigem novos paradigmas e empurram a humanidade para avançar. Ao apresentar as inúmeras possibilidades que a nanotecnologia oferece, Drexler (1986) demonstra que, enquanto os microcircuitos são medidos em micrômetros (milionésimos de um metro) as moléculas são medidas em nanômetros (mil vezes menores), as nanopartículas nanoengenheiradas possibilitam novas habilidades e aplicações que vão revolucionar todas as áreas de conhecimento. Profetiza que para o bem ou para o mal, as nanotecnologias varrerão o mundo dentro de dez a cinquenta anos, passando a ser o novo estilo de tecnologia, trazendo mudanças tão profundas quanto a Revolução Industrial, armas nucleares e antibióticos. Para o autor, os avanços vão surpreender pelas inúmeras possibilidades de combinar objetos complexos com precisão atômica (DEXLER, 1986).

Uma matéria em nanoescala tem comportamento muito diferente do que o mesmo material na escala macro, por isso a nanotecnologia é reconhecida como a tecnologia que sustentará a economia do futuro, como a inteligência artificial, ciência da informação quântica e a manufatura avançada. Por ser considerada uma tecnologia habilitadora essencial, a nanotecnologia é utilizada para o desenvolvimento de rins artificiais, ataduras e materiais para curativos que aceleram a cicatrização, tecidos adaptados para diferentes temperaturas, tecidos com propriedades antibactericidas, materiais e dispositivos para criptografia quântica e computação, sensores para missões interplanetárias, novas tecnologias de fabricação de semicondutores, catalisadores movidos a energia solar, eletrônica flexível, entre outros (UNITED STATES, 2019).

O vasto potencial das nanotecnologias se traduz no desenvolvimento rápido de inúmeros nanoprodutos e nanoaplicações em todas as áreas de ciência, tecnologia e negócios. Para acompanhar esse desenvolvimento, no ano de 2016 foi criada uma base de dados nominada Nanotechnology Products Database (NPD) que abriga no sítio StatNano informações confiáveis sobre produtos nanotecnológicos disponíveis no mercado, patentes, publicações científicas, eventos e outras questões relevantes sobre essa tecnologia inovadora. No início de maio de 2021 a StatNano contabilizava a existência de 9.035 produtos com nanotecnologia, produzidos por 2.551 empresas instaladas em 63 diferentes países. Por ordem de número de produtos disponibilizados no mercado, estão listadas as seguintes categorias: eletrônica com 1.928 produtos, medicina (1.093), construção (870), cosméticos (866), têxtil (786), automotivo (637), meio ambiente (553), alimentos (348), aplicações para residências

(325), energias renováveis (297), petróleo (291), agricultura (231), tintas (154), esporte e fitness (145), outros (511) produtos (STATNANO, 2021).

A produção e aplicação de nanotecnologia frequentemente é empregada como um indicador da competência tecnológica de um país em tecnologias emergentes, devido ao seu papel atual e potencial de apoiar o desenvolvimento científico, econômico e social. Muitos países estabeleceram investimentos e incentivos de financiamento público e privado para apoiar o desenvolvimento da nanotecnologia. Os Estados Unidos (EUA) e a República Popular da China (China), as duas maiores economias mundiais, assumiram o desenvolvimento da nanotecnologia como parte de suas estratégias nacionais de desenvolvimento tecnológico (ROCO, 2005). São projetos para os setores de saúde, fármacos, sistemas eficientes de energia, assistentes cognitivos inteligentes, nanobiomanufatura, nanofiltração de água para usuários finais as maiores taxas de crescimento conforme informações do National Nanotechnology Initiative (NNI), agência do governo dos Estados Unidos (ROCO, 2019).

Gharailou (2018) estima que o mercado global de nanotecnologia tenha uma taxa de crescimento anual de cerca de 18% nos próximos anos. Dispositivos nanoeletrônicos, grafeno e pontos quânticos terão a maior taxa de crescimento. Entre os nanomateriais, as nanopartículas de prata e ouro serão responsáveis pelo maior mercado, especialmente nos setores de saúde, biomedicina e eletrônica devido às suas propriedades e aplicações específicas (GHARAILOU, 2018).

A exploração do quântico, da biologia de nanossistemas para a saúde, a interface homem-máquina no nível do tecido e do sistema nervoso e a manipulação atômica para o design de moléculas estão sendo projetadas com funções totalmente novas. Para o período de 2020-2025 os avanços projetados são para plataformas tecnológicas convergentes da nanoescala baseadas em novas arquiteturas de nanossistemas em confluência com a biotecnologia, informática das coisas e ciências cognitivas (NBIC-nano-bio-info-cogno). O desenvolvimento de redes de convergência de nanossistemas, com a inclusão de redes de plataformas fundamentais NBIC e seus spins-offs com nanobiosistemas emergentes, será a aposta para 2025-2030 quando se espera a interação em diversos níveis (fundamental, tópico, aplicação, produtos/serviços) com destaque para a saúde, infraestrutura, produção e serviços (ROCO, 2017).

Como resultado da ampla corrida mundial por respostas para a pandemia global pela Covid-19, a nanotecnologia tem-se mostrado promissora e está presente em inúmeros kits de detecção e teste rápido baseado em nanogold, no desenvolvimento de vacinas de diferentes

laboratórios em fase final de avaliação/regulação e algumas já liberadas para aplicação em massa; sequenciadores de DNA/RNA portáteis, medicamentos, nanomateriais para absorver e desativar o vírus com eficiência em superfícies, nanoestruturas antivirais duráveis para reduzir a disseminação do SARS-CoV-2 em ambientes hospitalares, sistemas de filtragem de ar contendo filtros de ar com nanotecnologia de alta eficiência na captura do vírus e evitar a contaminação do ar em hospitais com remoção de partículas ultrafinas de até 0,3 nanômetros; máscaras que proporcionam alta respirabilidade e eficiência de filtragem à base de nanofibra de celulose capaz de remover nanopartículas do tamanho de um vírus, máscaras com nanofibras naturais, orgânicas e sustentáveis com filtro nano-coco-carbono; utilização das propriedades do grafeno para desenvolvimento de máscaras, luvas e tecidos superhidrofóbicas, entre outras tantas pesquisas e aplicações com nanotecnologia para possibilitar o enfrentamento de pandemias com vírus como a que o mundo está enfrentando (STATNANO, 2020).

No orçamento organizado para o ano de 2020 a NNI dos Estados Unidos solicitou mais de US\$ 1,4 bilhão para aplicar em pesquisa básica, pesquisa aplicada e transferência de tecnologia. Desde o ano de 2001 até o pedido realizado em 2020, a NNI já recebeu do governo americano US\$ 29 bilhões para investir em pesquisas amplas e na aplicação do conhecimento gerado em novos produtos e aplicações com nanotecnologia. Os investimentos governamentais em inovações na nanoescala tem garantido a liderança dos EUA na computação estratégica e nas indústrias de semicondutores, avançando ainda em outras prioridades nacionais, como: exploração espacial, segurança nacional, energia, medicina, agricultura e segurança alimentar. (UNITED STATES, 2019).

Na China, em dezembro de 2003 foi criado o National Center for Nanoscience and Technology (NCNST) pela Chinese Academy of Science (CAS) e pelo Ministério da Educação com objetivos de se tornar um centro de pesquisa de classe mundial em nanotecnologia, referência em treinamento de jovens talentos e ser uma ponte para o intercâmbio acadêmico internacional e colaboração. O NCNST possui programas de doutorado e pós-doutorado o que alavanca publicações pesquisas e, em consequência, publicações científicas. No ano de 2015 a CAS criou o Center for Excellence in Nanoscience (CAS-CENano) para acelerar o estabelecimento de um novo modelo de pesquisa científica com agregação de talentos inovadores com foco na fronteira da nanociência. No ano de 2016 pesquisadores vinculados ao ONCNST publicaram 1699 artigos revisados por pares. Além disso, foram solicitadas 868 patentes, das quais 393 patentes foram autorizadas. No topo das

pesquisas e publicações sobre nano na China estão as pesquisas de materiais catalíticos e em segundo lugar a contribuição chinesa é sobre nanomedicina. (LIU et al., 2017)

Os EUA e a China diferem em termos de governança do investimento em nanotecnologia. Os EUA aportam mais investimentos privados em nanotecnologia do que a China, enquanto a China tem uma taxa sustentada na expansão da capacidade de pesquisa, incluindo infraestrutura humana e física (WU et al., 2019).

Na seção seguinte será apresentada a metodologia utilizada para realizar a análise bibliométrica da produção científica sobre nanotecnologia.

3 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Em relação ao seu objetivo, a pesquisa se caracteriza por ser uma análise exploratória, de abordagem quantitativa, com a utilização de técnicas de Mineração de Textos (*Text Mining*) em um *corpus* previamente escolhido objetivando a descoberta de conhecimento em dados não estruturados e análise bibliométrica. Segundo Morais e Ambrósio (2007, p. 6) a Mineração de Textos é um “campo multidisciplinar, que envolve recuperação de informação, análises textuais, extração de informação, clusterização, categorização, visualização, tecnologias de base de dados, e mineração de dados”.

Um processo de Mineração de Textos, de forma geral, observa as seguintes etapas: seleção de documentos, definição do tipo de abordagem dos dados (análise semântica ou estatística), preparação dos dados, indexação e normalização, cálculo da relevância dos termos, seleção dos termos e pós-processamento (análise de resultados)” (MORAIS, AMBRÓSIO, 2007, p. 7). Por sua vez, indicadores bibliométricos possibilitam informações quantitativas sobre a produtividade científica de autores, instituições e temáticas ao longo do tempo, características comuns entre os artigos científicos, periódicos mais citados, bem como permitem identificar modelos de comportamento e estabelecer padrões de análise de dados (MACHADO JÚNIOR et al., 2016, p. 123).

Para a realização do presente estudo a opção foi a base de dados WoS do ISI, *Thomson Scientific*, Filadélfia (EUA), restringindo a pesquisa para artigos científicos indexados na SCI/SSCI. A WoS é um banco de dados bibliográfico multidisciplinar que fornece informações de periódicos internacionais e é usada para mapear dados mundiais de ciência e tecnologia. Com o objetivo de cobrir todas as citações disponíveis sobre o assunto, o banco de dados mencionado acima foi pesquisado usando os termos-filtro: “nanotechnology” e “nano technology”. A escolha por termos-fixos amplos foi determinada pela amplitude dos

objetivos propostos neste estudo, e para que se possa analisar quantitativamente os documentos científicos no período histórico escolhido (2007-2019).

As citações dos termos-fixos para o período 2007-2019 foram baixadas usando o *software* EndNote fornecido pela Thomson ISI WoS considerando apenas artigos científicos disponibilizados pela SCI/SSCI. A escolha do período (2007-2019) se dá em razão de estar disponibilizado um artigo científico de Nazim e Ahmad (2008), que serviu de base para o presente artigo, com o título “*A bibliometric analysis on nanotechnology research*” em que os autores realizaram pesquisa do período de 1991 a 2006 na mesma base de dados. Utilizou-se a Lei de Lotka e a Lei de Bradford, que foram seguidas de forma adaptada, nas orientações propostas pelos autores Nazim e Ahmad (2008).

Na pesquisa foram encontrados 39 registros duplicados que foram removidos usando o aplicativo de remoção de duplicados do EndNote. Apenas artigos de periódicos revisados por pares foram incluídos no estudo. Portanto, livros, capítulos de livros, resenhas de livros, anais e outros textos que não sejam classificados como artigos científicos, foram todos excluídos da análise. Após a exclusão das publicações descartadas, um total de 21.255 registros foram coletados, estes dados foram tratados no software livre de análise bibliométrica BibExcel com as seguintes categorias de análise: artigos publicados, periódicos indexados, autores, instituições de vínculo dos autores, países, referências citadas, a distribuição das publicações por ano. Em seguida, os dados coletados foram tabulados usando o Bibliometrix (ARIA, CUCCURULLO, 2017).

Para a seleção das variáveis codificadas seguiu-se, de forma adaptada, a pesquisa realizada pelos autores Nazim e Ahmad (2008) buscando observar: ano de publicação, autores que contribuíram para os artigos, país/instituto ou universidade a que pertencem, nome do periódico em que os artigos foram publicados e número de citações.

Na etapa pós-processamento utilizou-se da Lei de Lotka e da Lei de Bradford, ambas também utilizadas na pesquisa realizada por Nazim e Ahmad (2008). A Lei de Lotka ou Lei do Quadrado Inverso, desenvolvida por Lotka em 1916, é utilizada para análise bibliométrica, por propiciar observar princípios de comportamento aplicados na análise quantitativa da produção científica. Conforme Machado Júnior et al. (2016, p. 123) Lotka observou que “um número restrito de pesquisadores produz muito em determinada área de conhecimento, enquanto um grande volume de pesquisadores produz pouco” o que o levou a concluir que a produção científica é produzida por um número restrito de pesquisadores.

Por sua vez, a Lei de Bradford ou curvas Bradford (técnica usada para descrever a distribuição de fragmentos dos modelos de percolação) foi utilizada por Bogaert, Rousseau e

Heck (2000) como metodologia para observar sua aplicabilidade para análise informétrica e scientométrica de publicações científicas. Os autores obtiveram sucesso na utilização da Lei de Bradford e constataram que cada célula de rede pode ser considerada como um artigo científico escrito por um pesquisador ou um grupo de pesquisadores sobre determinado tópico. Razão pela qual, consideram a Lei de Bradford interessante para estudos bibliométricos generalizados, como lista de publicação de institutos científicos, lista de autores, lista de citações, evolução temporal das publicações, possibilitando novas interpretações e utilizações em outros campos da ciência (BOGAERT; ROUSSEAU; HECK, 2000).

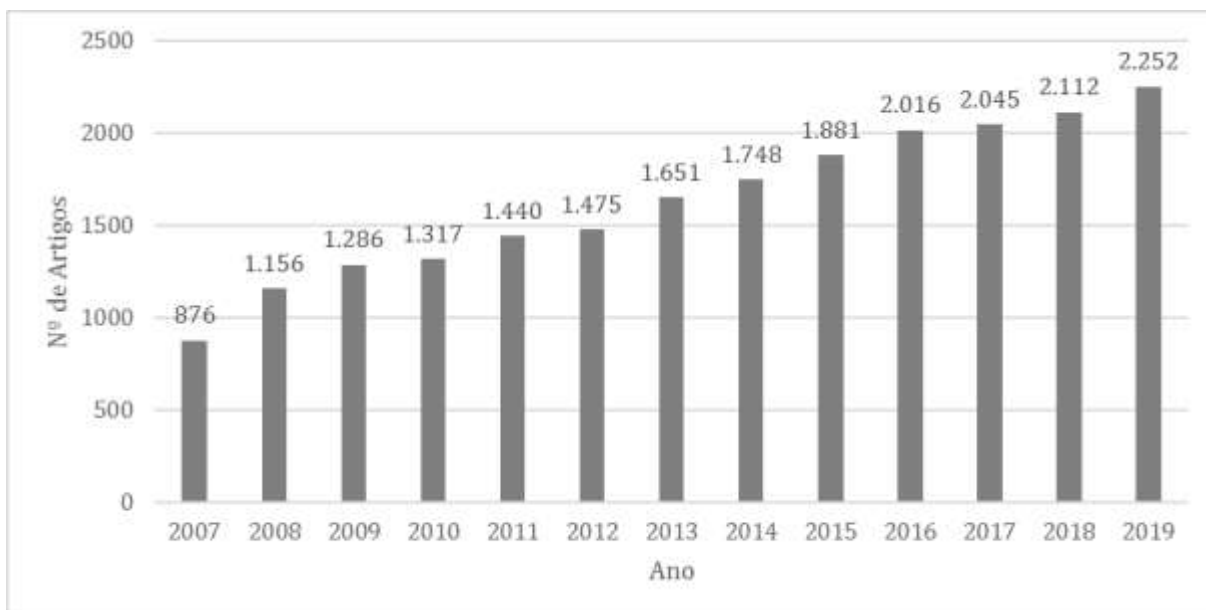
4 ANÁLISE DE DADOS E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Após o levantamento dos dados bibliométricos na principal coleção da ISI WoS, pelo índice de citação da SCI/SSCI com os termos “nanotechnology” e “nano technology” durante o período 2007-2019, foram identificados 21.255 artigos científicos sobre nanotecnologia. Estes artigos estão publicados em 2.883 periódicos indexados na WoS e foram escritos por 67.085 autores que possuem vínculo com 8.989 Instituições de ensino localizadas em 98 países.

Devido ao grande número de documentos, serão apresentados para análise deste estudo os top 15 dos periódicos com mais artigos científicos publicados com os termos-fixos da pesquisa, o top 15 dos autores (primeiro autor dos artigos) com maior número de publicações na temática, o top 15 dos países com mais artigos publicados na temática, e o top 15 dos artigos mais citados na WoS.

Com o objetivo de identificar o crescimento da produção científica no campo da nanotecnologia no período 2007-2019 apresenta-se na sequência o Gráfico 1. No período foram identificados 21.255 artigos científicos e o Gráfico 1 mostra um crescimento linear.

Gráfico 1: Evolução do número de artigos publicados sobre nanotecnologia por ano no período 2007 a 2019



Fonte: elaborada pelos autores (2020).

O maior crescimento percentual anual dos artigos pertence aos anos de 2007 e 2008 com aproximadamente 32%, e o menor crescimento anual pertence a 2017 com aproximadamente 2%. Nos últimos três anos, o crescimento percentual anual de nanotecnologias apresentou aumento gradual que atingiu aproximadamente 2% em 2017, pouco mais de 3% em 2018 e mais de 6% em 2019. O crescimento no período (2007-2019) foi de 157,08%, sendo que o crescimento médio anual de publicação de artigos científicos sobre nanotecnologia foi de 12,08% durante os 13 anos, enquanto o total de documentos científicos indexados em WoS no mesmo intervalo de tempo teve um crescimento médio anual de cerca de 4,7%. Da mesma forma, a porcentagem de nano-artigos do total de artigos mostra um aumento significativo.

Tabela 1: Evolução do número de publicações em relação ao ano anterior

Ano	Índice Móvel (%)
2007	...
2008	32
2009	11
2010	2
2011	9
2012	2
2013	12
2014	6
2015	8
2016	7
2017	1
2018	3
2019	7

Fonte: elaborada pelos autores (2020).

A comparação do crescimento anual de artigos deste estudo com o estudo anterior de Nazim e Ahmad (2008) utilizados para definição dos critérios metodológicos para coletar os dados para o presente estudo, mostra que o número total de artigos encontrados aumentou 624,93%. No período de 1991-2006 analisado por Nazim e Ahmad (2008) foram publicados 2.675 artigos o que representa em média por ano 167 artigos. No período 2007-2019 foram publicados 21.255 com uma média de 1.635 artigos a cada ano, o que denota uma alta expressiva no número de artigos publicados no período analisado no presente estudo.

Analisando nano-artigos nos últimos 13 anos, observa-se que uma parte importante destes documentos (quase 53%) foi publicada por dois países: China e EUA (Tabela 2).

Tabela 2 - Distribuição geográfica das publicações (2007-2019)

PAÍSES	Nº ARTIGOS	%
EUA	5.893	28,195
CHINA	3.668	17,549
INDIA	1.492	7,138
ALEMANHA	1.341	6,416
ITÁLIA	1.133	5,421
INGLATERRA	996	4,765
JAPÃO	887	4,244
CORÉIA DO SUL	870	4,162
IRÃ	860	4,115
FRANÇA	809	3,871
ESPANHA	791	3,785
BRASIL	716	3,426
CANADA	610	2,919
AUSTRALIA	526	2,517
RUSSIA	434	2,076

Fonte: elaborada pelos autores (2020).

Observa-se cinco países da Ásia entre os que mais publicam artigos em nanotecnologia: China, Índia, Coreia do Sul, Irã, Japão. Dentre os países que mais produzem conteúdo sobre o tema estão 5 países europeus: Alemanha, França, Inglaterra, Espanha, Itália, com um total de 6923 artigos indexados por estes países europeus. Como a Rússia está em ambos continentes não será considerada nem como país asiático e nem europeu. Observa-se, que na pesquisa realizada por Nazim e Ahmad (2008) no período 1991-2006 na mesma base de dados, os EUA também ocupavam o primeiro lugar em número de artigos publicados sobre nanotecnologia com 1085 artigos (40,56%), seguido da Alemanha com 267 (9,98%), Japão com 250 (9,34%), Inglaterra com 167 (6,24%) e a China ocupava a 5ª colocação com 154 artigos publicados (5,76%). Portanto, observa-se que a China no período 2007-2019 deu um

salto no número de publicações o que pode ser explicado pela criação da NCNST no ano de 2003.

A Índia é outro país que na pesquisa de Nazim e Ahmad (2008) ocupava o 9º lugar com 67 (2,5%) publicações e deu um salto gigantesco no período 2007-2019 passando a ocupar o terceiro lugar com ampliação significativa de publicações científica. De acordo com Ghosh e Krishnan (2014), o resultado da Índia pode ter relação com o aporte de investimentos substanciais do governo nas últimas duas décadas para pesquisa em nanotecnologia, educação, empreendedorismo, infraestrutura para produção e em pesquisa transnacional (GHOSH; KRISHNAN, 2014).

O número de patentes é considerado um dos indicadores de liderança de um país em áreas em que pesquisas estão tendo impactos práticos diretos. Segundo estudos de Liu et al. (2017) o número de patentes internacionais registradas pela China no exterior relacionadas a produtos e aplicações com nanotecnologia ainda é baixo se comparado com os Estados Unidos que está na liderança com quase 50% do total de patentes concedidas. No cenário global os pedidos de patentes relacionados à nanotecnologia estão mais concentrados nas áreas de eletrônica, energia, química, metalurgia, medicina, saúde e higiene (LIU et al., 2017).

Wu et al. (2019) na análise comparativa de patentes em nanotecnologia concedidas pelo *United States Patent and Trademark Office* (USPTO) dos Estados Unidos e pelo *China National Intellectual Property Administration* (CNIPA) da China concluíram que no mercado americano as empresas desempenham um papel vital no desenvolvimento de nanotecnologias, o que atrai mais colaborações internacionais e um nível alto de troca de conhecimento e compartilhamento de recursos. Diferentemente, na China são as universidades e os institutos de pesquisa os principais atores para o desenvolvimento da nanotecnologia, o que tem gerado mais colaborações entre a academia e a indústria no mercado chinês (WU et al., 2019).

Na sequência, buscou-se no corpus pesquisado identificar os autores que possuem a maior quantidade de registros de publicações sobre nanotecnologia e a instituição de origem. A tabela 3, apresenta a listagem com o nome desses autores, a quantidade de artigos publicados, o vínculo institucional desses autores e o país de origem da instituição. Nota-se que, no top 15 dos autores com a maior quantidade de trabalhos publicados tem origem na Ásia com destaque para a China que ocupa as quatro primeiras colocações.

Tabela 3: Autores mais produtivos de publicações em nanotecnologia com sua instituição e país de origem (2007-2019)

AUTORES	Nº ARTIGOS	INSTITUIÇÃO	PAÍS
---------	------------	-------------	------

LIU Y	142	Shangai University of Traditional Chinese Medicine	CHINA
WANG Y	120	University Science & Technology Liaoning	CHINA
WANG J	95	Nankai University	CHINA
LI J	85	Chongqing University	CHINA
LI Y	81	Universite Paris Saclay	FRANÇA
WEBSTER TJ	81	Northeastern University	EUA
ZHANG Y	81	Sun Yat Sem University	CHINA
ZHANG H	71	Ohio State University	USA
GUO PX	64	Ohio State University	USA
YAN H	61	Arizona State University	USA
ZHANG L	61	Nanjing University of Post & Telecommunications	CHINA
KIM J	60	Ulsan National Institute of Science & Technology	CORÉIA DO SUL
LI H	58	Beijing University of Chemical Technology	CHINA
WANG X	58	Shangai Jiao Tong University	CHINA
ZHANG J	58	Dalian University of Technology	CHINA

Fonte: elaborada pelos autores (2020).

Ao examinar os autores mais produtivos, os artigos foram classificados com base no nome do autor, instituição a qual o autor estava filiado e ao país da instituição de origem. Observa-se na Tabela 3 que da lista dos 15 autores mais produtivos em nanotecnologia, nove são da China, quatro dos Estados Unidos, um da França e um da Coreia do Sul. O autor Liu Y. da Shangai University of Traditional Chinese Medicine da China desponta com 142 artigos publicados, sendo que em 36 artigos seu nome consta como primeiro autor.

A Lei de Bradford mensura o nível de relevância dos periódicos sobre determinada área (ACEDO; CASILLAS, 2005). Já a Lei de Lotka descreve a produtividade e as citações de autores por meio de um modelo de distribuição de tamanho-frequência, em um conjunto de pesquisas, evidenciando aspectos de coautoria. Após aplicar a Lei de Lotka nos artigos encontrados, observou-se que 50.068 autores possuem apenas uma publicação com o tema, 9.143 autores publicaram dois documentos e 3.279 autores possuem três artigos publicados, enquanto 14 autores possuem 20 artigos na base de dados analisada.

No estudo anterior realizado por Nazim e Ahmad (2008), 84,21% dos autores contribuíram com apenas um artigo cada, 11,25% com dois artigos e 2,59% três artigos. Apenas nove (0,12%) autores publicaram dez ou mais estudos. Observa-se, portanto, que a publicação de um artigo por autor se confirma também no período de 2007-2019.

Dentre o conjunto de 21.255 artigos localizados na base de dados pesquisada, buscou-se identificar os trabalhos mais representativos sobre o tema. Para isso, foram identificados os artigos mais citados no *Global Citation Score*. O Quadro 2 apresenta os artigos mais citados em toda a base de dados.

Quadro 2 – Artigos mais citados sobre nanotecnologia no *Global Citation Score* (2007-2019)

TRABALHO MAIS CITADO	CITAÇÕES	FONTE	AUTORES	ANO
WSXM: A software for scanning probe microscopy and a tool for nanotechnology	5.250	Review of Scientific Instruments	Horcas,I.; Fernandez, R.; Gomez Rodriguez, J. M. et al.	2007
Renal clearance of quantum dots	2.588	Nature Biotechnology	Choi, Hak Soo; Liu, Wenhao; Misra, Preeti; et al.	2007
Graphene-based polymer nanocomposites	1.869	Polymer	Potts, Jeffrey R.; Dreyer, Daniel R.; Bielawski, Christopher W.; et al.	2011
In vivo tumor targeting and spectroscopic detection with surface-enhanced Raman nanoparticle tags	1.707	Nature Biotechnology	Qian, Ximei; Peng, Xiang-Hong; Ansari, Dominic O.; et al.	2008
Fano resonances in nanoscale structures	1.619	Reviews of Modern Physics	Miroshnichenko, Andrey E.; Flach, Sergej; Kivshar, Yuri S.	2010
Demonstration of a spaser-based nanolaser	1.490	Nature	Noginov, M. A.; Zhu, G.; Belgrave, A. M.; et al.	2009
Nanoparticles in medicine: Therapeutic applications and developments	1.446	Clinical Pharmacology & Therapeutics	Zhang, L.; Gu, F. X.; Chan, J. M.; et al.	2008
Artificially engineered magnetic nanoparticles for ultra-sensitive molecular imaging	1.370	Nature Medicine	Lee, Jae-Hyun; Huh, Yong-Min; Jun, Young-wook; et al.	2007
Analysis of nanoparticle delivery to tumours	1.237	Nature Reviews Materials	Wilhelm, Stefan; Tavares, Anthony J.; Dai, Qin; et al.	2016
Nanoparticle silver released into water from commercially available sock fabrics	1.139	Environmental Science & Technology	Benn, Troy M.; Westerhoff, Paul	2008
A Graphene Nanoprobe for Rapid, Sensitive, and Multicolor	1.095	Advanced Functional Materials	He, Shijiang; Song, Bo; Li, Di; et al.	2010

Fluorescent DNA Analysis				
Unique Cellular Interaction of Silver Nanoparticles: Size-Dependent Generation of Reactive Oxygen Species	1.033	Journal of Physical Chemistry	Carlson, C.; Hussain, S. M.; Schrand, A. M. et al.	2008
Near-infrared resonant nanoshells for combined optical imaging and photothermal cancer therapy	994	Nano Letters	Gobin, Andre M.; Lee, Min Ho; Halas, Naomi J.; et al.	2007
A unified view of ligand-protected gold clusters as superatom complexes	982	Proceedings of The National Academy of Sciences of The United States of America	Walter, Michael; Akola, Jaakko; Lopez Acevedo, Olga; et al.	2008
Density multiplication and improved lithography by directed block copolymer assembly	936	Science	Ruiz, Ricardo; Kang, Huiman; Detcheverr, Francois A.; et al.	2008

Fonte: elaborada pelos autores (2020).

O artigo científico mais citado “*WSXM: A software for scanning probe microscopy and a tool for nanotechnology*” foi publicado no ano de 2007 na *Review of Scientific Instruments* e discute detalhadamente procedimentos relevantes do WSXM, que é um software de microscopia de testes de digitalização (baseado no MS-Windows) que foi adaptado pelos autores para ser aplicado em pesquisas sobre nanotecnologia para resolução de estruturas no nível subnanômetro. Os autores demonstram as possibilidades promissoras e a versatilidade do software que está sendo utilizado por diferentes grupos de pesquisa de diferentes áreas. (HORCAS et al. 2007).

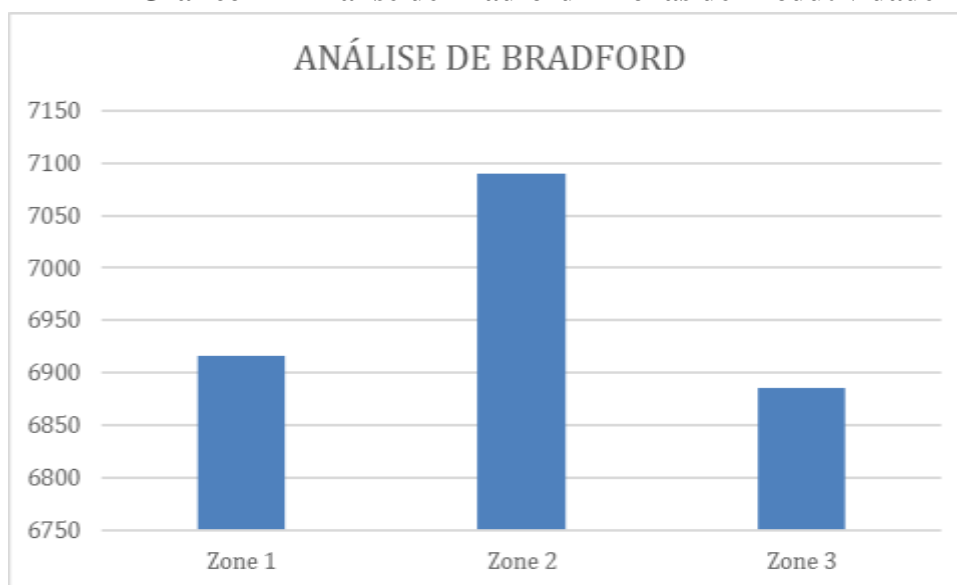
O artigo “*Renal clearance of quantum dots*” de Choi et al. (2007) publicado na *Revista Nature Biotechnology* é o segundo mais citado. Os autores usaram pontos quânticos em pesquisa com roedores para observar como ocorre a filtração renal e a excreção urinária de nanopartículas inorgânicas, concluindo que os resultados alcançados com a pesquisa podem ser utilizados como base para o desenho e desenvolvimento de nanopartículas biologicamente direcionadas para aplicações biomédicas (CHOI et al.2007).

No terceiro artigo mais citado, “*Graphene-based polymer nanocomposites*” de Potts et al. (2011), os autores fazem uma ampla revisão da literatura sobre nanocompósitos de polímeros a base de grafeno; propriedades e rotas utilizadas para produzir nanomateriais à

base de grafeno; morfologia e cristalização; propriedades térmicas, elétricas, mecânicas e reológicas com revisão dos métodos para dispersar esses materiais em matrizes de polímeros; aplicações potenciais para nanocompósitos de polímeros a base de grafeno. Os autores concluem que os polímeros a base de grafeno representam um dos mais promissores campos tecnológicos e com grande impacto comercial pelo seu baixo custo e possibilidade de produção em larga escala (POTTS et al. 2011).

Após analisar os artigos mais citados, foram observados os periódicos com maior número de publicações e sua relevância utilizando-se a Lei de Bradford que é apresentada no Gráfico 2 em que são identificadas três zonas. Os periódicos que publicam o maior número de artigos em qualquer área de assunto são considerados como periódicos centrais. A Lei de Bradford enuncia que a ordenação decrescente de produtividade de artigos de determinado assunto nos periódicos científicos possibilita o estabelecimento de agrupamentos divididos de forma exponencial. O número de revistas em cada grupo será proporcional a 1: n: n². Assim, conforme Araujo (2006) por meio da medição da produtividade das revistas, é possível estabelecer o núcleo e as áreas de dispersão sobre determinado assunto em um mesmo conjunto de revistas.

Gráfico 2 – Análise de Bradford – Zonas de Produtividade



Fonte: elaborada pelos autores (2020).

No eixo Y estão relacionados os números de artigos publicados nos periódicos por zona de produtividade. Cada artigo que faz parte deste estudo constitui-se em uma fonte potencial de se tornar ativo, ou seja, o artigo examinado pode formar um “cluster” com outros artigos que são publicados sobre a temática no mesmo periódico. Para cada zona foram separados um terço do total dos artigos mais produtivos. A primeira zona contempla “um pequeno número

de periódicos altamente produtivos, a segunda contém um número maior de periódicos menos produtivos, enquanto a terceira inclui um volume ainda maior de periódicos com reduzida produtividade sobre o assunto” (MACHADO JÚNIOR et al, 2014, p. 5).

A Lei de Bradford possibilita identificar um núcleo de periódicos que pode ser considerado mais produtivo, tendo como parâmetro o número de vezes que os artigos sobre nanotecnologia da base pesquisada foram citados. Dos 2.883 periódicos indexados na WoS, 43 estão na Zona 1 de produtividade (periódicos com maior produtividade), sendo que o periódico líder do ranque de produtividade é o ACS Nano. Trata-se de um periódico multidisciplinar que publica artigos científicos abrangentes sobre nanociência e nanotecnologia nas interfaces com química, física, engenharias, saúde, aplicação de softwares, ciência de materiais e biologia. O fator de impacto da ACS Nano em 2019 foi avaliado em 14,588 e contabilizou um total de 166.989 citações. A ACS Nano recebeu no ano de 2008 da Association of American Publishers o prêmio de melhor periódico na categoria de novas revistas de ciência, tecnologia e medicina. O primeiro número da ACS Nano foi publicado em agosto de 2007 pela American Chemical Society (ACS Nano, 2019).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As inúmeras possibilidades das nanopartículas nanoengenheiradas desencadeou publicações acadêmicas sobre o tema nos mais importantes periódicos internacionais. Como qualquer nova tecnologia, inovações ganham força quando o conhecimento gerado nas universidades e nos laboratórios de pesquisa são transformados em produtos pelo setor produtivo e socializados em publicações científicas. Um indicador da atratividade da inovação tecnocientífica pode ser representado pelos investimentos governamentais e privados em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), faturamento ou expectativa de faturamento pelo mercado, número de patentes registradas e pelo número de publicações científicas. Estados Unidos e China ocupam respectivamente a liderança e a vice-liderança em artigos publicados que versam sobre nanotecnologia no período 2007-2019.

As inúmeras possibilidades das nanopartículas nanoengenheiradas desencadearam publicações acadêmicas sobre o tema nos mais importantes periódicos internacionais. Como qualquer nova tecnologia, inovações ganham força quando o conhecimento gerado nas universidades e nos laboratórios de pesquisa são transformados em produtos pelo setor produtivo e socializados em publicações científicas. Um indicador da atratividade da inovação tecnocientífica pode ser representado pelos investimentos governamentais e privados em

Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), faturamento ou expectativa de faturamento pelo mercado, número de patentes registradas e pelo número de publicações científicas. Os Estados Unidos e a China ocupam respectivamente a liderança e a vice-liderança em artigos publicados que versam sobre nanotecnologia no período 2007-2019.

A ACS NANO é o periódico líder em produtividade, em razão da alta contagem de citações de seus artigos por outros autores. Além de ter um excelente fator de impacto, seu reconhecimento como importante periódico na temática, pode ser explicado por ser uma revista mensal que possibilita a comunicação de resultados de pesquisas mais abrangentes sobre nanotecnologia. Essa estratégia a torna mais atrativa para os pesquisadores publicarem seus resultados em uma revista temática, bem como para os pesquisadores que utilizam as publicações do periódico em suas revisões de literatura, aproximando cientistas de todas as áreas do conhecimento. Os artigos da ACS NANO são de acesso aberto e podem ser baixados diretamente do site do periódico, o que contribui para ser o periódico mais citado. Apesar da ACS NANO ser destaque com seu número expressivo de citações, o periódico não figura entre as 10 revistas mais citadas sobre nanotecnologia no *Global Citation Score* (2007- 2019). O artigo com o maior número de citações é do ano de 2007 “*WSXM: A software for scanning probe microscopy and a tool for nanotechnology*” publicado na *Review of Scientific Instruments*. A popularidade científica desse artigo pode ser creditada à discussão detalhada do software WSXM de microscopia de testes de digitalização. Esse estudo, mesmo após transcorridos 11 anos da sua publicação, ainda se apresentava atrativo demonstrando que a relevância e a aplicabilidade dos resultados em outras pesquisas contribuem para um expressivo número de citações.

Portanto, o estudo mostrou que a produtividade de um periódico está relacionada ao interesse da comunidade científica sobre a pesquisa divulgada, o que em consequência gera a possibilidade de os pesquisadores serem citados, agregando valor à carreira acadêmica. Aplicando a Lei de Lotka, constatou-se que poucos pesquisadores produzem muito e que a grande maioria dos pesquisadores participaram apenas de uma publicação sobre nanotecnologia.

Produtos e aplicações com nanotecnologia estão presentes em diferentes setores (automotivo, polímero, eletrônico, alimento, medicina, cosmético, fármaco, diagnóstico e prevenção de doenças, energia, têxtil, pesticidas, produtos veterinários, construção civil, remediação ambiental, bactericidas, armamentos, aeroespacial, naval, siderurgia, tecnologia da informação e comunicação, entre outros) que proporcionam características nunca antes vistas e habilidades completamente novas. Análises bibliométricas possibilitam quantificar os

resultados da Ciência e os investimentos públicos e privados em áreas emergentes como o das nanotecnologias. De igual forma, a socialização de resultados de pesquisas em periódicos científicos mostra ser relevante para observar o avanço da Ciência na área, a produtividade dos periódicos e a produtividade dos pesquisadores. Recomenda-se que futuros estudos estabeleçam investigações para identificar as publicações científicas dos principais produtos e aplicações com nanotecnologias.

O conhecimento relacionado a produção científica sobre uma temática, a sua taxa de crescimento na literatura, distribuição geográfica, bem como os autores mais produtivos, pode contribuir de forma efetiva no estabelecimento de diretrizes para estudos na área, bem como o avanço de pesquisas inovadoras direcionadas a aspectos do conhecimento ainda não abordados na temática de nanotecnologia. A escala de crescimento ainda é ascendente o que indica o interesse da comunidade científica sobre nanotecnologia. Na análise por país, os Estados Unidos da América e a China contribuem com a maioria das publicações sobre nanotecnologia.

REFERÊNCIAS

ACS NANO. **About the Journal**. 2019. Disponível em <https://pubs.acs.org/page/ancac3/about.html> . Acesso em 17 jun. 2021.

ALLIANZ CENTER OF TECHNOLOGY (ACT); OECD INTERNATIONAL FUTURES PROGRAMME. **Small sizes att matter: Opportunities and Risks of Nanotechnologies**. 2005. Disponível em <http://www.oecd.org/science/nanosafety/44108334.pdf>. Acesso em 30 abr. 2021.

ARIA, Massimo; CUCCURULLO, Corrado. Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. **Journal of Informetrics**, v. 11, n. 4, p. 959-975, 2017.

BOGAERT, Jan; ROUSSEAU, Ronald; HECKE, Piet. Percolation as a model for informetric distributions: fragment size distribution characterised by Bradford curves. **Scientometrics**, v. 47, p. 195-206, 2000. Disponível em https://www.researchgate.net/profile/Ronald_Rousseau/publication/238832661_Percolation_a_s_a_Model_for_Informetric_Distributions_Fragment_Size_Distribution_Characterised_by_Bradford_Curves/links/0c960537a4bc76e06c000000/Percolation-as-a-Model-for-Informetric-Distributions-Fragment-Size-Distribution-Characterised-by-Bradford-Curves.pdf. Acesso em 30 abr. 2021.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. Secretaria de Empreendedorismo e Inovação. **Plano de ação de ciência, tecnologia e inovação para tecnologias convergentes e habilitadoras: nanotecnologia**. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, 2019, v. 1.

CHOI, H., LIU, W., MISRA, P. et al. Renal clearance of quantum dots. **Nat Biotechnol**, v. 25, pp. 1165–1170, 2007. DOI: 10.1038/nbt1340.

DREXLER, Eric K. **Engines of creation**: the coming era of nanotechnology. New York: Anchor Books, 1986.

GHARAILOU, D., A Review of Market Studies in Different Fields of Nanotechnology, **StatNano Publications**, Dezembro 2018. Disponível em: <https://statnano.com/publications/4866/A-Review-of-Market-Studies-in-Different-Fields-of-Nanotechnology> . Acesso em 30 abr. 2021.

GHOSH, Arindam; KRISHNAN, Yamuna. At a long-awaited turning point. **Nature Nanotechnology**, v. 9, p.491–494, 2014. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nnano.2014.138>. Acesso em: 30 abr. 2021.

HORCAS, I.; FERNÁNDEZ, R.; GÓMES-RODRÍGUEZ, J.M.; COLCHERO, J.; GÓMES-HERRERO, J.; BARO, A. M. WSXM: A software for scanning probe microscopy and a tool for nanotechnology. **Rev. Sci. Instrum.** v.78, 2007. Disponível em: <https://aip.scitation.org/doi/pdf/10.1063/1.2432410>. Acesso em 30 abr. 2021.

LAURETH, Waleska Camargo; INVERNIZZE, Noela. Educating nanotechnology workforce in Brazil: companies demands and university supply. **Acta Scientiarum. Human and Social Sciences**, v. 34, n. 2, p. 205, jul./dec. 2012.

MACHADO JUNIOR, Celso et al. As Leis da Bibliometria em Diferentes Bases de Dados Científicos. **Revista de Ciências da Administração, Florianópolis**, p. 111-123, abr. 2016. Doi: <https://doi.org/10.5007/2175-8077.2016v18n44p111>.

NAZIM, Mohammad; AHMAD, Moin. A bibliometric analysis on nanotechnology research. **Annals of Library and Information Studies**, v. 55, n. 4, pp. 292-299, 2008. Disponível em <http://eprints.rclis.org/16855/1/A%20Bibliometric%20Analysis%20on%20Nanotechnology%20research.pdf> . Acesso em 01 maio 2021.

POTTS, Jeffery R.; DREYER, Daniel R.; BIELAWSKI, Christopher W.; RUOFF, Rodney. Graphene-based polymer nanocomposites. **Polymer**, v. 52, n. 1, p. 5-25, January 2011. <https://doi.org/10.1016/j.polymer.2010.11.042>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032386110010372>. Acesso em 30 abr. 2021.

ROCO, Mihail C. International perspective on government nanotechnology funding in 2005. **Journal of Nanoparticle Research**, v. 7, n. 6, p. 707-712, 2005.

ROCO, Mihail C. Overview: Affirmation of Nanotechnology between 2000 and 2030. **Nanotechnology Commercialization: Manufacturing Processes and Products**. John Wiley & Sons, Inc., p. 1-23, October 2017. Doi: <https://doi.org/10.1002/9781119371762.ch1>

ROCO, Mihail. **Nanotechnology**. Disponível em https://www.nsf.gov/crssprgm/nano/reports/InterviewRoco_2019-0528_Nanotechnology_NNI_NanoBCA_Interview_Series_7p.pdf. Acesso em 30 abr. 2021.

STATNANO. 2021. **Nanotechnology Products e Database**. Disponível em <https://product.statnano.com/>. Acesso em 04 maio 2021.

STATNANO. 2020. **Technology against Covid-19: Nano Insights into Prevention, Diagnosis, and Treatment**. Disponível em <https://statnano.com/technology-against-covid-19-nano-insights>. Acesso em 30 abr. 2021.

UNITED STATES. National Science and Technology Council. Committee on Technology (COT); Subcommittee on Nanoscale Science, Engineering, and Technology (NSET) (2019). **The National Nanotechnology Initiative Supplement to the President's 2020 Budget**. Aug. 2019. Disponível em <https://www.nano.gov/sites/default/files/NNI-FY20-Budget-Supplement-Final.pdf>. Acesso em 02 maio 2021.

WU, Lanfen et al. Comparing nanotechnology landscapes in the US and China: a patent analysis perspective. **Journal of Nanoparticle Research**, v. 21, 2019. Disponível em <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11051-019-4608-0>. Acesso em 28 abr. 2021.

ZHANG, Lijie; WEBSTER, Thomas J. Nanotechnology and nanomaterials: Promises for improved tissue regeneration. **Nano Today**, v. 4, n.1, p. 66-80, feb. 2009. Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1748013208000182>. Acesso em 08 jun. 2021.

SCIENTIFIC PRODUCTIVITY ON NANOTECHNOLOGY (2007-2019)

Abstract: The study nature is quantitative-descriptive, using a bibliometric research on scientific publications about nanotechnology in the period between 2007-2019, in the archives of the database of Web of Science, aiming to know the scientific production on the subject, the rate of growth of the literature, the geographical distribution and the titles of articles and authors more productive. For the collection of the data it uses the methodology adopted by Nazim and Ahmad (2008) that carried out the same research for the period 1991-2006. The results demonstrate an increase in the literature of 624.93% in the comparison between the two periods. Liu Y of China emerges as the first author participating in the elaboration of 142 scientific articles.

Keywords: nanotechnology; growth of scientific literature; text mining; bibliometric.