

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

**MIRIAM FERREIRA FREIRE DIAS**

ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DA PESQUISA EM NANOTECNOLOGIA E  
SAÚDE NO BRASIL

Rio de Janeiro

2015

**MIRIAM FERREIRA FREIRE DIAS**

**ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DA PESQUISA EM NANOTECNOLOGIA E  
SAÚDE NO BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Escola de Biblioteconomia da Universidade Federal  
do Estado do Rio de Janeiro, como requisito parcial  
para a obtenção do grau de Bacharel em  
Biblioteconomia.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria Simone de Menezes Alencar

Rio de Janeiro

2015

D541a      Dias, Miriam Ferreira Freire.  
Análise bibliométrica da pesquisa em nanotecnologia e saúde  
no Brasil / Miriam Ferreira Freire Dias. - 2015. - 53 f. -  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação)-Escola de  
Biblioteconomia da Universidade Federal do Estado do Rio de  
Janeiro, 2015. - Orientadora: Maria Simone de Menezes  
Alencar.  
1. ESTUDOS MÉTRICOS DA INFORMAÇÃO. 2.  
BIBLIOMETRIA. 3. NANOTECNOLOGIA. 4. SAÚDE. 5.  
LEI DO ELITISMO DE PRICE. 6. LEI DE BRADFORD. I.  
Alencar, Maria Simone de Menezes. II. Título.

CDD (23. ed.) 001.4

MIRIAM FERREIRA FREIRE DIAS

ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DA PESQUISA EM NANOTECNOLOGIA E  
SAÚDE NO BRASIL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Escola de Biblioteconomia da Universidade Federal  
do Estado do Rio de Janeiro, como requisito parcial  
para a obtenção do grau de Bacharel em  
Biblioteconomia.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria Simone de Menezes  
Alencar

Aprovado em \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria Simone de M. Alencar - Orientadora  
Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro - UNIRIO

---

Prof. Dr. Cláudio José Silva Ribeiro  
Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro - UNIRIO

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Lidiane dos Santos Carvalho  
Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro - UNIRIO

À mulher que investiu alguns minutos para me convencer de que eu sou capaz, e assim, mudou a minha história.

Miriam Macedo, esta pesquisa não existiria se você não existisse.

## AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus, autor da minha fé, meu refúgio e fortaleza, minha alegria, minha vida.

À minha querida mãe que sempre me apoiou e, sem cobranças, espera sempre por mim.

Ao meu paizinho (*in memoriam*), um exemplo de trabalho e doação.

Ao melhor e mais paciente marido do mundo. Davi, seu caráter me desafia todos os dias a tentar ser uma pessoa melhor.

Ao meu querido filho Dan, pelas incessantes demonstrações de carinho e por todas as vezes em que me socorreu diante do computador;

Ao meu querido filho Dê, minha inspiração, razão para eu viver e continuar tentando...

À minha inesquecível professora Simone Alencar, obrigada por tudo que me ensinou e, por tantas vezes, não me deixar desistir.

À professora Rosany Bochner, sua experiência e generosidade foram fundamentais para o enriquecimento deste trabalho.

A toda a minha turma. Percorrer esse caminho com vocês foi uma das melhores experiências da minha vida. Em especial, à minha querida Gerlaine, amiga, confidente e amparo em todas as horas que precisei. À fiel amiga Andreia, exemplo de superação e desprendimento. À competente Amanda, pessoa que sempre me ensinou e, neste trabalho, liberalmente, foi tradutora. À destemida Jamile, os cafezinhos daquelas manhãs geladas aqueceram meu coração.

Aos professores e funcionários da UNIRIO. Levarei um pouco de cada um de vocês.

Aos meus amigos: Elisângela, Alexandre, Rute, Miguel, Beatriz, Maurício, Viviane, Cleide, Joselaine, Mozilene, Eduardo e Fabio. Preparem a comilança porque eu estou chegando...

*O meu povo está sendo destruído por falta de conhecimento [...].*

Oséias 4:6

*Feliz o homem que acha sabedoria, e o homem que adquire conhecimento.*

Provérbios 3:13

## RESUMO

Este estudo se propõe a identificar os pesquisadores atuantes em nanotecnologia e saúde no Brasil e os principais periódicos em que é escoada sua produção científica. Para isso realizou-se um estudo exploratório-bibliográfico com abordagem quantitativa, usando como fonte bases de dados públicas do CNPq. A escolha do tema, nanotecnologia, deve-se a emergência do assunto, considerada uma área revolucionária com potencial para transformar a medicina e os cuidados com a saúde no futuro próximo. No entanto, estudos bibliométricos que produzam indicadores para o diagnóstico da produção brasileira sobre esse assunto são pouco explorados. A pesquisa identificou 798 artigos publicados em 341 periódicos por 419 autores, no período de 2000 a 2013. Aplicando a Lei do Elitismo de Price foi gerada uma lista com os 59 autores que mais publicam sobre nanotecnologia e saúde. Portanto, foi possível constatar que conforme a lei, poucos pesquisadores produzem muito e muitos pesquisadores produzem pouco. Através da aplicação clássica da Lei de Bradford foi identificado o núcleo de revistas científicas focadas no tema, composto por 16 periódicos mais produtivos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Estudos Métricos da Informação. Bibliometria. Nanotecnologia. Saúde. Lei do Elitismo de Price. Lei de Bradford.



## **ABSTRACT**

This study aims to identify the researchers active in nanotechnology and health in Brazil and the main journals which serve as channels for publication of their scientific output. To this end, an exploratory bibliographic study was undertaken, using a quantitative approach based on public data from the Brazilian National Council of Technological and Scientific Development (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, or CNPq, in Portuguese). The choice of topic, nanotechnology, reflects its emergence as a revolutionary area with the potential to transform medical and health care in the near future. Nevertheless, bibliometric studies which produce indicators for the diagnosis of Brazilian production on this theme have been little explored. Our research identified 798 articles published in 341 journals by 419 authors in the period between 2000 and 2013. Applying Price's Elitism Law, a list was generated of the 59 authors who have published most on nanotechnology and health. It was thus possible to confirm that, as the law states, a few researchers produce a lot and many researchers produce little. By means of the classic application of Bradford's Law, a nucleus of 16 productive scientific journals focused on this topic was identified.

**KEYWORDS:** Bibliometric information studies. Bibliometrics. Nanotechnology. Health. Price's Elitism Law. Bradford's Law.

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CBAN	Centro Brasileiro-Argentino de Nanotecnologia
Cenano	Centro de Caracterização em Nanotecnologia
CGEE	Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
CNPQ	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
DGP	Diretório de Grupos de Pesquisa no Brasil
EMI	Estudos Métricos da Informação
FIOCRUZ	Fundação Oswaldo Cruz
IBBD	Instituto Brasileiro de Bibliografia e Documentação
IBICT	Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia
IBN	Iniciativa Brasileira em Nanotecnologia
ICICT	Instituto de Comunicação e Informação Científica e Tecnológica
INI	Iniciativa Nacional de Inovação
INPI	Instituto Nacional da Propriedade Industrial
INT	Instituto Nacional de Tecnologia
LIINC	Laboratório Interdisciplinar sobre Informação e Conhecimento
LNLs	Laboratório Nacional de Luz Síncrotron
MCT	Ministério da Ciência e Tecnologia
MUDs	Multi-User Dungeons
N&N	Nanociência e Nanotecnologia
NS	Nanotecnologia e Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PACTI	Plano de Ação de Ciência, Tecnologia e Inovação
PDP	Política de Desenvolvimento Produtivo
PIBIC	Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica
PNN	Programa Nacional de Nanotecnologia
RECIIS	Revista Eletr. de Comunicação, Informação & Inovação em Saúde
SCIELO	Scientific Electronic Library Online
TICs	Tecnologias da Informação e comunicação

## LISTA DE QUADROS/FIGURAS/TABELAS

Quadro 1- Marcos institucionais para o desenvolvimento da nanotecnologia no Brasil.....	19
Figura 1 - Representação da Lei da Dispersão de Bradford .....	28
Figura 2 - Relações entre os campos da infometria, bibliometria, cientometria, cibermetria, webometria, webmetria e altmetria.....	35
Figura 3 - Distribuição do número de artigos sobre nanotecnologia e bibliometria localizados por base de dados.....	41
Figura 4 - Número de grupos de pesquisa envolvidos com nanotecnologia e percentual de participação segundo as grandes áreas do conhecimento do CNPq .....	43
Figura 5 - Ilustração da aplicação da Lei de Bradford .....	46
Tabela 1- Principais autores brasileiros que publicam sobre nanotecnologia em saúde e o respectivo número de artigos. ....	45
Tabela 2 - Principais periódicos por onde escoam a produção científica em nanotecnologia e saúde, suas editoras e respectivos números de artigos .....	46

## SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	13
1.1	OBJETIVOS.....	13
1.1.1	Objetivo Geral .....	14
1.1.2	Objetivos específicos .....	14
1.2	JUSTIFICATIVA .....	14
1.3	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO .....	14
2	<b>NANOTECNOLOGIA</b> .....	16
3	<b>ESTUDOS MÉTRICOS DA INFORMAÇÃO</b> .....	22
3.1	BIBLIOMETRIA .....	23
3.2	A LEI DE LOTKA (1926)) .....	26
3.2.1	A Lei do Elitismo (1963).....	26
3.3	A LEI DE BRADFORD (1934) .....	28
3.4	A LEI DE ZIPF (1949).....	29
3.5	INFOMETRIA .....	31
3.6	CIENCIOMETRIA.....	32
3.7	PATENTOMETRIA.....	33
3.8	CIBERMETRIA .....	33
3.9	WEBOMETRIA .....	34
3.10	ALTMETRIA .....	34
4	<b>METODOLOGIA</b> .....	37
4.1	PESQUISA BIBLIOGRÁFICA .....	38
4.2	DEFINIÇÃO DA ESTRATÉGIA DE BUSCA .....	38
4.3	COLETA DE DADOS DOS GRUPOS DE PESQUISA .....	39
4.4	COLETA DE DADOS DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA .....	39
4.5	TRATAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS .....	40
5	<b>RESULTADOS</b> .....	41
5.1	PESQUISA BIBLIOGRÁFICA .....	41
5.2	DEFINIÇÃO DA ESTRATÉGIA DE BUSCA .....	42
5.3	COLETA DE DADOS DOS GRUPOS DE PESQUISA .....	42

5.4	COLETA DE DADOS DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA .....	43
5.5	TRATAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS .....	44
5.5.1	Aplicação da Lei de Elitismo de Price.....	44
5.5.2	Aplicação da Lei de Bradford.....	46
6	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	48
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	49

## 1 INTRODUÇÃO

A nanotecnologia é reconhecida como uma disciplina capaz de ajudar a solucionar diversos problemas mundiais e impactar a qualidade de vida humana sob vários aspectos nas próximas décadas, especialmente nos setores industrial e econômico. Na área da saúde, há perspectivas de avanços significativos no diagnóstico de doenças e produção de medicamentos mais eficazes e acessíveis.

Os esforços do governo brasileiro, em apoio ao desenvolvimento da nanotecnologia, foram iniciados em 1987 e vêm se mostrando constantes desde então, possibilitando que o país possua a maior infraestrutura de pesquisa em nanotecnologia da América Latina em termos laboratoriais.

O Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil (DGP) é capaz de descrever os limites e o perfil geral da atividade científico-tecnológica no país, sendo muito útil para dar visibilidade à produção nacional em diferentes áreas do conhecimento. Criado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) em 1992, o DGP possui uma base de dados continuamente atualizada pelos próprios pesquisadores. É uma fonte para coleta de informações sobre pesquisas em andamento bastante abrangente, fornecendo dados como o nome do grupo de pesquisa, pesquisadores participantes, linhas de pesquisas em andamento, instituições parceiras, entre outros.

Por conseguinte, através do DGP é possível coletar informações sobre a pesquisa brasileira relacionada à nanotecnologia e saúde (NS). Cabem, portanto, nesse momento, as perguntas: como se configura a pesquisa brasileira em nanotecnologia e saúde baseada nos grupos de pesquisa? Quem são os pesquisadores envolvidos nesses estudos e quais são os principais periódicos que se dedicam em divulgar seus resultados?

### 1.1 OBJETIVOS

Buscando responder a essa questão, os objetivos deste trabalho se dividem em geral e específicos.

### 1.1.1 Objetivo Geral

Este estudo tem como principal objetivo identificar os pesquisadores atuantes em Nanotecnologia e Saúde no Brasil e os principais periódicos em que é escoada sua produção científica.

### 1.1.2 Objetivos específicos

Em termos mais específicos foram elencados os seguintes objetivos: (i) desenvolver estratégia para busca no DGP relativa a NS; (ii) identificar e coletar os dados dos grupos de pesquisa na área; (iii) mapear os pesquisadores em Nanotecnologia e Saúde presentes nos grupos de pesquisa, aplicando a Lei do Elitismo; e (iv) identificar os principais periódicos, através da Lei de Bradford.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

A produção de indicadores que permitam traçar o perfil da pesquisa científica na área da nanotecnologia e saúde no Brasil pode ajudar na formulação de políticas estratégicas para o setor, bem como possibilitar o diagnóstico da produção científica relacionada ao tema em comparação a outros países, e auxiliar nas tomadas de decisão.

## 1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Neste trabalho serão utilizados aportes teóricos da Biblioteconomia e da Ciência da Informação referentes à produção científica brasileira sobre nanotecnologia em saúde, utilizando técnicas bibliométricas, parte constitutiva dos Estudos Métricos da Informação (EMIs).

Este estudo foi dividido em seis capítulos: a primeira parte se constitui da introdução, onde são abordados os objetivos do trabalho, a questão da pesquisa, a justificativa para a sua realização e como este trabalho foi estruturado.

A revisão de literatura é proposta nos capítulos 2 e 3. O segundo capítulo apresenta, de forma sucinta, como a nanotecnologia surgiu, sua definição e importância para os dias atuais.

O terceiro capítulo aborda os Estudos Métricos da Informação, apresentando uma síntese de sua história, a fundamentação teórica e as principais aplicações das técnicas de medição para a avaliação quantitativa da produção científica e tecnológica.

Já o quarto capítulo descreve a metodologia que serviu de suporte para o desenvolvimento da pesquisa e é estruturado através das etapas previstas. O método aplicado foi classificado como um estudo exploratório-bibliográfico com abordagem quantitativa por empregar instrumentos estatísticos.

Os resultados alcançados são apresentados no quinto capítulo, também seguindo a organização das etapas metodológicas. As leis bibliométricas do elitismo de Price e da dispersão de Bradford são aplicadas e apresentadas nesta seção.

A discussão sobre os resultados e as considerações finais do presente estudo são exibidas no sexto e último capítulo, a seguir apresentam-se as referências bibliográficas, utilizadas para dar a sustentação necessária à realização deste estudo.



## 2 NANOTECNOLOGIA

O prefixo nano tem origem na palavra grega *vávoç* (nannos) que significa anão (CUNHA, 2010). Diversos termos ligados a estudos ou aplicações em escala manométrica utilizam esse afixo, como a Nanociência e a Nanotecnologia. Segundo Dimmer et al. (2013) a nanociência estuda os fenômenos naturais que atuam sobre o comportamento dos átomos, moléculas e estruturas em escala nanométrica. Com relação à nanotecnologia o autor afirma que

[...] consiste na aplicação da nanociência para o controle e manipulação da matéria estruturada no nível atômico e molecular, permitindo o desenvolvimento de dispositivos, materiais funcionais e sistemas com propriedades significativamente diferentes daquelas observadas na escala micro- ou macroscópica (DIMER et al., 2013, p. 1520).

Para que se entenda o que é um nanômetro, é preciso compreender primeiro, que as unidades de medidas de comprimento como metro, centímetro, milímetro e até o micrômetro são utilizados para a medição de objetos que podem ser vistos a olho nu, ou seja, sem a necessidade de equipamentos especiais. Para a visualização de qualquer coisa menor que 200 micrômetros, faz-se necessário a utilização de microscópios. Mas existem partículas ainda menores e que são medidas em nanômetros. Nanômetro é a unidade de comprimento que corresponde à bilionésima parte do metro. Os átomos e células, por exemplo, tem suas dimensões em escala nanométrica e somente após o desenvolvimento de equipamentos mais sofisticados é que foi possível a visualização de partículas nessas dimensões. Neste trabalho o termo nanotecnologia será abordado como um termo abrangente que envolve aspectos relacionados tanto à pesquisa quanto às suas aplicações para produção.

A nanotecnologia, segundo Alencar (2008, p. 9), "é um termo genérico para um conjunto de tecnologias, técnicas e processos para a preparação, caracterização, manipulação e controle de átomos ou moléculas para construir novos materiais em escala de nanômetros".

A história da nanotecnologia pode ter começado com Leucipo de Abdera, filósofo e mestre de Demócrito (séc. V a. C). Leucipo é considerado o responsável pelo desenvolvimento da teoria que diz que todas as coisas seriam constituídas por minúsculas partículas indivisíveis e invisíveis a olho nu, hoje conhecidas como átomo - que em grego significa indivisível. A preocupação com o universo em dimensão atômica se seguiu através dos séculos fazendo parte dos estudos de vários cientistas. Entre eles, o físico inglês John Dalton (1766 - 1844) que em 1803 enunciou que os compostos eram constituídos de átomos com razões específicas, levando-o a formular as Leis Ponderais de Dalton (ABDI, 2010a) e Albert Einstein, físico alemão, que

publicou em 1905 um artigo em que calcula que o diâmetro de uma molécula de açúcar é de cerca de um nanômetro (nm) (PACHECO *et al.*, 2005).

Estes pesquisadores foram de grande importância para os estudos iniciais da nanotecnologia, entretanto, podemos considerar como principal precursor dos estudos sobre o controle e manipulação da matéria em escala atômica Richard Phillips Feynman (1918-1988) renomado físico norte-americano.

Em uma palestra visionária denominada "*There's Plenty of Room at the Bottom*" proferida em 1959 na reunião anual da *American Physical Society*, Feynman especula sobre a possibilidade da Enciclopédia Britânica ser escrita em uma cabeça de alfinete (PACHECO *et al.*, 2005) sugerindo que os átomos poderiam ser organizados conforme a nossa necessidade (LEDESMA, 2010). Contudo, o termo nanotecnologia foi propriamente cunhado somente em 1974 por Norio Taniguchi (1912-1999), professor da *Tokyo Science University*, ao fazer referencia a máquinas com níveis de tolerância menor que um micrômetro (ALENCAR, 2008).

Embora investigados pelos cientistas há muito tempo, somente em 1981 os nanômetros puderam ser visualizados e manipulados através do microscópio de tunelamento (STM - *Scanning Tunneling Microscope*) "inventado pelo físico alemão Gerd Binnig e pelo físico suíço Heinrich Rohrer, ganhadores do prêmio Nobel de Física pelo feito" (ALENCAR; BOCHNER; DIAS, 2013, p. 48).

Refletindo sobre o aspecto revolucionário que este campo de estudo pode provocar no modo de produção e a própria organização da sociedade, Alencar (2008) acredita que a nanotecnologia pode gerar uma nova concepção da nossa condição de existência, pois tanto lida como muda os aspectos fundamentais da vida. A autora nos traz à memória três grandes revoluções que mudaram a forma como o homem percebe o universo e sua posição dentro dele. A revolução copérnica, no século XVI, foi a primeira delas, a partir da qual as crenças religiosas e sociais da Idade Média foram desestruturadas no momento em que Copérnico derrubou a ideia de que a Terra era o centro do universo. A segunda revolução foi a darwiniana, ocorrida em meados do século XIX, quando Darwin apresenta a concepção da espécie humana como resultado de um processo de evolução natural, e não um produto perfeito. A revolução freudiana foi a terceira, complementa a autora, caracterizada como uma ruptura de paradigmas. Com a descoberta do inconsciente "Freud mostra que não temos controle pleno de nossas ações, somos movidos pelos instintos; nosso comportamento é fortemente determinado por impulsos e desejos inconscientes" (ALENCAR, 2008, p. 13).

Até então, o homem perde seus "privilégios de poder" em troca do benefício do conhecimento, mas ainda não é capaz de controlar a vida. A nanotecnologia seria a quarta

revolução, quebrando esse paradigma ao abrir a possibilidade de manipulação da vida. Tal domínio só se torna possível mediante o desenvolvimento das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs), que avançaram muito nas últimas décadas trazendo "a virtualidade como conceito na mudança do modo de produção e de organização da sociedade" (ALENCAR, 2008, p. 14).

No ano 2000, a Organização das Nações Unidas (ONU) estabeleceu 8 metas para o milênio<sup>1</sup> com a finalidade de tentar resolver os problemas mundiais. A nanotecnologia tem sido apontada como uma das áreas de grande potencial para atender a estas metas. Salamanca-Buentello et al. (2005) mapearam as dez aplicações mais importantes da nanotecnologia e de que formas estas podem contribuir para que sejam alcançadas as metas propostas pela ONU. Entre elas, três estão relacionadas à saúde: (i) mapeamento e diagnóstico de doenças; (ii) sistema para liberação de drogas; e (iii) monitoramento da saúde.

Os estudos em nanotecnologia vêm atraindo investimentos em pesquisas em diversos países. Os Estados Unidos, Japão e a Comunidade Europeia lideram o ranking aumentando a competitividade de suas empresas (DIMER et al., 2013).

A primeira iniciativa do governo brasileiro em relação ao desenvolvimento da nanotecnologia foi em 1987 com investimento em equipamentos específicos para semicondutores por parte do CNPq (LEDESMA, 2010). Muitas outras ações ocorreram em seguida representando os esforços do governo brasileiro em apoio ao desenvolvimento da nanotecnologia no país. O quadro 1 ilustra os principais marcos institucionais relacionados ao tema entre os anos 2000 e 2013.

---

<sup>1</sup> Metas da ONU para o Milênio: acabar com a fome e a miséria; oferecer educação básica de qualidade para todos; promover a igualdade entre os sexos e a autonomia das mulheres; reduzir a mortalidade infantil; melhorar a saúde das gestantes; combater a Aids, a malária e outras doenças; garantir qualidade de vida e respeito ao meio ambiente; estabelecer parcerias para o desenvolvimento.

Quadro 1 - Marcos institucionais para o desenvolvimento da nanotecnologia no Brasil.

ANO	MARCOS INSTITUCIONAIS
2000	Reunião seminal do CNPq/MCT sobre o desenvolvimento futuro da N&N no país
2001	Criadas quatro redes de nanotecnologia CNPq/MCT e apoio a quatro institutos do Milênio na área
2003	Criada a Coordenação-Geral de Políticas e Programas de Nanotecnologia
2004	Início do Programa de Desenvolvimento da Nanociência e Nanotecnologia no âmbito do PPA-2007
2004	Criado o GT para estudo sobre a implantação do Laboratório Nacional de Micro e Nanotecnologia
2004	Criada a Ação Transversal de Nanotecnologia nos Fundos Setoriais
2004	Instituída a Rede BrasilNano e seu Comitê Diretor
2005	Designados os membros do Conselho Diretor da Rede BrasilNano
2005	Lançado o Programa Nacional de Nanotecnologia (PNN)
2005	Assinado o protocolo de Intenções entre Brasil e Argentina criando o Centro Brasileiro-Argentino de Nanotecnologia (CBAN)
2005	Selecionadas 10 redes nacionais de Nanotecnologia, com atuação prevista para o período de 2006-2009
2007	Lançamento do Plano de Ação C&T&I-PACTI, cujas ações são executadas de forma articulada e coordenada por diversos ministérios, tendo à frente o ministério da Ciência e Tecnologia - MCT
2008	Inauguração do Centro de Nanociência e Nanotecnologia Cesar Lattes, construído no campus do Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLs)
2008	Lançamento pelo Governo Federal da Política de Desenvolvimento Produtivo - PDP, integra o PDP o programa Mobilizador em Nanotecnologia
2009	Lançamento do Fórum de Competitividade de Nanotecnologia como ferramenta estratégica de apoio às iniciativas e programas segundo as dimensões da PDP.
2009	Apoio à interação entre grupos e redes de pesquisa e a Petrobras nas questões relacionadas à P&D em Nanotecnologia
2010	Inauguração do Centro de Caracterização em Nanotecnologia (Cenano) do Instituto Nacional de Tecnologia (INT/MCT) ; propostas para a incubação de empresas de nanotecnologia; seleção de gestor de fundo de investimento em empresa emergente (capital de risco) em fase de seleção
2012	Seminário Regulação, Inovação e Desenvolvimento da Nanotecnologia, promovido pela ABDI
2013	Lançamento da Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia (IBN), um conjunto de ações com o objetivo de criar, integrar e fortalecer as atividades governamentais e os agentes ancorados na nanociência e nanotecnologia
2014	Criação do Comitê Interno da Anvisa para a avaliação e controle de produtos que utilizam a nanotecnologia, visando criar um marco regulatório para o país..

Fonte: Elaboração própria a partir de dados de Ledesma (2010) e de Sant'anna (2013).

Ainda no esforço de fomentar o desenvolvimento da nanotecnologia no país, foi desenvolvido um estudo prospectivo, realizado pela Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) e o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), com o objetivo de subsidiar a Iniciativa Nacional de Inovação em Nanotecnologia (INI-Nanotecnologia). Nesse estudo foram apresentados os setores que mais seriam impactados pela nanotecnologia no país. O setor de fabricação de material eletrônico e de aparelhos e equipamentos de comunicações estão no topo da lista, em seguida estão os setores de medicina e saúde e de higiene, perfumaria e cosméticos (ABDI, 2010b).

Os produtos nanotecnológicos são formados por nanopartículas. Essas são partículas em que ao menos uma das dimensões está limitada entre 1nm a 100nm, e não são necessariamente produtos da ação humana, podendo ser encontradas naturalmente dispersas no meio ambiente. Já os chamados “nanomateriais”, “materiais nanoestruturados” ou “materiais nanoengenheirados” são sintetizados pelo homem. Os nanoprodutos ou nanodispositivos são

assim denominados quando contém algum componente nanométrico em sua fabricação (PYRRHO; SCHRAMM, 2012).

Estudos revelam que existe uma dependência entre a escala de tamanho e os diferentes efeitos que ocorrem na natureza. Na escala nanométrica, grande parte dos efeitos está relacionada aos aspectos quânticos onde estão os átomos e as moléculas. É exatamente nessa escala de tamanho que os objetos nanotecnológicos são concebidos (ABDI, 2010a).

Em nosso cotidiano, já utilizamos produtos com algum componente nanométrico como chips, sensores, fibras de tecido, cosméticos, produtos esportivos e medicamentos. No entanto, quando nos deparamos com novas tecnologias, não é raro enxergarmos apenas os seus benefícios, ignorando os riscos que podem ser gerados pela busca de solução para determinados problemas. Não obstante a Nanotecnologia ser considerada uma disciplina revolucionária, construir novos materiais em escala nanométrica pode trazer riscos, e eles podem estar ligados principalmente à escala de tamanho. Uma vez que as nanopartículas são muito pequenas, e se infiltram com facilidade no organismo.

Na literatura, verifica-se que, "aquilo que faz a nanotecnologia parecer tão promissora – o comportamento diverso das nanopartículas em relação às formas brutas do mesmo material – é também aquilo que torna seus potenciais efeitos sobre a saúde e sobre o meio-ambiente imprevisíveis" (PYRRHO; SCHRAMM, 2012, p. 2024). Nesse contexto, surge a nanotoxicologia, uma subárea da nanotecnologia com objetivo de analisar a potencialidade tóxica das nanopartículas. Os estudos nanotoxicológicos procuram examinar

[...] a interação de nanoestruturas com sistemas biológicos, com ênfase na elucidação da relação entre as propriedades físicas e químicas (por exemplo, tamanho, forma, química de superfície, composição e agregação) de nanoestruturas induzido respostas biológicas tóxicas (ABDI, 2013, p. 22).

Considerada ainda incipiente, a nanotoxicologia pode ajudar as organizações nacionais e internacionais na avaliação dos riscos e fornecer subsídios para que a implementação de marcos regulatórios possam guiar a utilização dos nanomateriais com segurança para a população e para o meio ambiente.

No Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) instituiu em agosto de 2014 o Comitê Interno de Nanotecnologia, responsável pela elaboração de normas específicas para a avaliação e controle de produtos que utilizam a nanotecnologia. Além disso, estão previstos pelo órgão, a criação de um banco de dados sobre nanopartículas ou nanomateriais relacionados à saúde e também a elaboração de um plano de capacitação.

No capítulo seguinte serão apresentadas as bases teóricas da Ciência da Informação e Bibliometria para o presente estudo.

### 3 ESTUDOS MÉTRICOS DA INFORMAÇÃO

A ciência deve ser considerada como um amplo sistema social, com função de disseminar conhecimento, preservar padrões e atribuir créditos e reconhecimento (MACIAS-CHAPULA, 1998). Para Targino (1999/2000) o principal instrumento da ciência é a investigação científica, e a comunicação dos resultados o seu elemento básico. Essas ações, afirma a autora, são atividades inseparáveis.

Nesse sistema social, os pesquisadores são persuadidos a produzir para adquirir ou aumentar seu reconhecimento, em um processo de constantes análises, que podem ser tanto qualitativas como quantitativas ou uma combinação de ambas. No Brasil, diferentes tipos de bases de dados e indicadores contribuem para dar visibilidade à produção científica e tecnológica nacional. Vanz e Stumpf (2010) ressaltam como mais relevantes no cenário nacional: o *Scientific Electronic Library - SCIELO*, a Plataforma Lattes, o Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil (DGP) e a Base de Patentes produzida pelo Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI).

As técnicas de medição, utilizadas para avaliação quantitativa, são aplicadas em estudos métricos para estabelecimento ou fortalecimento de indicadores, permitindo que seja traçado um perfil do mundo científico, tanto em âmbito nacional como internacional (NORONHA; MARICATO, 2008). Segundo Maricato (2010) esses indicadores permitem analisar a produção científica e tecnológica além de suas relações e interações. O autor revela que a maior parte dos indicadores se encaixa em quatro categorias: os indicadores que buscam medir a produtividade científica e tecnológica; aqueles que buscam fazer aproximações quanto ao uso e a qualidade dos documentos baseados nos estudo de citações; indicadores que analisam o uso de redes sociais e colaborativas entre pesquisadores, organizações e países; e, por fim, indicadores de coocorrência, que visam investigar relações entre temas, palavras-chave, assuntos e documentos.

Através desses estudos é possível situar a produção de um país em comparação à produção mundial, de uma instituição em relação ao seu país, ou ainda, a produção individual de cientistas em relação a sua comunidade (MACIAS-CHAPULA, 1998).

Quando realizada através de métodos confiáveis, as avaliações quantitativa e/ou qualitativa permitem “dignificar o saber”, indicando à sociedade como esse saber se desenvolve e contribui para a solução de problemas (VANTI, 2002, p. 152). Para Macias-Chapula (1998), o foco das avaliações, que era inicialmente voltado para os insumos (*input*), como verba e pessoal, atualmente apresenta uma forte tendência para a avaliação de resultados (*output*).

Población e Oliveira (2006, *apud* NORONHA; MARICATO, 2008) explicam que “*Input* é uma combinação dos fatores que viabilizam a produção de determinada quantidade de bens e serviços (*output*)”.

Os Estudos Métricos da Informação (EMIs) vêm se mostrando úteis para análise da dinâmica e das relações da C&T. De acordo com Noronha e Maricato (2008) tais estudos contribuem para retratar tanto a avaliação dos insumos quanto a produção gerada pela comunidade científica.

Esses estudos compreendem “[...] o conjunto de estudos relacionados à avaliação da informação produzida, mais especialmente científica, em diferentes suportes, baseados em recursos quantitativos como ferramentas de análise” (OLIVEIRA; GRACIO, 2011, p. 19).

As principais técnicas quantitativas de avaliação de produção da informação que compõem os EMIs são: Bibliometria, Infometria, Cientometria, Cibermetria, Webometria, Webmetria, Patentometria e mais recentemente a Altmatria.

A seguir, uma síntese da história, definição, objetivos e principais aplicações de cada técnica serão abordados, com especial atenção para a Bibliometria - por ser o foco do presente estudo e por ser considerada a base teórico-metodológica de todas as outras técnicas (MARICATO; NORONHA, 2012).

### 3.1 BIBLIOMETRIA

Os primeiros estudos baseados em métodos estatísticos e matemáticos com objetivo de mapear os registros bibliográficos são registrados na literatura no início do século XIX. *Manuel du Bibliophile ou Traité du choix des livres* (1823) de Gabriel Peignol cita um trabalho de autoria desconhecida. A obra procurava identificar a produção universal de livros entre a metade do século XV e início do século XIX (SANTOS; KOBASHI, 2009). Outro estudo pioneiro foi relatado por Cole e Eales, em 1917, sobre a análise estatística da literatura com relação à anatomia comparativa, no período de 1550 a 1860. Nesse estudo os autores apresentam a distribuição da literatura sobre o tema entre países e fornecem as fontes que foram utilizadas para a realização do trabalho (GUEDES, 2012, p. 77). Há que se considerar, entretanto, que somente no início do século XX trabalhos semelhantes tiveram maior visibilidade.

A expressão *statistical bibliography* – hoje conhecida como Bibliometria - surgiu em 1922, antecedendo, portanto, a formação da área da Ciência da Informação. O primeiro a utilizá-la foi E. Wyndham Hulme, que buscava esclarecer os processos científicos e tecnológicos



através da contagem de documentos. Alguns autores, entre eles Edson Nery da Fonseca, consideram que o advogado Paul Otlet teria utilizado pela segunda vez a expressão *statistical bibliography*, “ao mesmo tempo em que cunhou a palavra correspondente, em língua francesa a *bibliometrics*, isto é, *bibliométrie*” (FONSECA, 1973, p. 5). Sobre essa questão, é importante esclarecer que

[...] distintamente de sua concepção atual, em 1934, o termo “Bibliometrie” foi utilizado por Otlet, em sua obra intitulada “*Traité de Documentation*”. Entretanto, Paul Otlet referia-se à mensuração física do livro, demonstrando uma preocupação com as características extrínsecas do livro, em contraste com a abordagem de Pritchard (1969), que revela preocupação com as características intrínsecas, isto é, com a informação registrada (GUEDES, 1992 *apud* GUEDES, 2012, p. 77).

Utilizada novamente apenas em 1944, por Gosnell, em seu artigo sobre a obsolescência da literatura, a expressão foi ignorada ainda por mais 20 anos, até 1962, quando foi mencionada pela terceira vez, por L. M. Raisig, em um estudo sobre análise de citações. Contudo, o termo era considerado inadequado para a maioria dos pesquisadores da época e foi finalmente substituído por *Bibliometrics*. Esse termo foi introduzido por Allan Pritchard em seu artigo *Statistical Bibliography or Bibliometrics?*, publicado em 1969 (PAO, 1989 *apud* GUEDES, 2012).

No Brasil, os estudos bibliométricos se iniciaram na década de 70, durante a implantação do curso de Mestrado em Ciência da Informação pelo, à época, Instituto Brasileiro de Bibliografia e Documentação (IBBD), atual Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia — IBICT. Essa influência chega ao país através do professor Tefko Saracevic da *School Library Science*. Na mesma ocasião Bert Boyce e Wilfred Lancaster ajudaram a implantar este tipo de análise nas pesquisas brasileiras (ALVARADO, 1984).

Inicialmente, as técnicas bibliométricas tinham como foco principal produzir estatísticas relativas à indústria do livro. Em um segundo momento, seu escopo passou a incluir também estudos voltados para outros formatos, como artigos de periódicos e outros tipos de documentos, e, em seguida, desenvolver estudos a respeito da produtividade de autores e citações (ARAÚJO, 2006).

De acordo com a literatura especializada no assunto, vários autores procuram definir este campo de estudo, bem como seus objetivos, aplicações e importância para avaliação e desenvolvimento da ciência. Paul Otlet, em seu *Traité de Documentation*, na seção intitulada *O livro e a medida: bibliometria*, afirma que a bibliometria “será a parte definida da Bibliografia que se ocupa da medida ou da quantidade aplicada ao livro” (OTLET, 1986, p. 20).

Yoshiko Okubo (1997), citado por Guedes (2012, p. 78), afirma que “as abordagens bibliométricas são baseadas na noção de que a produção de conhecimento é a essência da pesquisa científica e, nesse contexto, a literatura científica é a manifestação constituinte do conhecimento”.

Macias-Chapula cita a definição de Tague-Sutcliffe para a bibliometria como

[...] o estudo dos aspectos quantitativos da produção, disseminação e uso da informação registrada. [...] desenvolve padrões e modelos matemáticos para medir esses processos, usando seus resultados para elaborar previsões e apoiar tomadas de decisão [...] (MACIAS-CHAPULA, 1998, p. 134).

Araújo define essa disciplina como “a técnica quantitativa e estatística de medição dos índices de produção e disseminação do conhecimento científico” (ARAÚJO, 2006, p. 11).

Conforme o entendimento de Spinak (1998) as técnicas bibliométricas estudam “a organização dos setores científicos e tecnológicos a partir das fontes bibliográficas e patentes para identificar os atores, suas relações e suas tendências” (SPINAK, 1998, p. 143, tradução nossa).

Mueller (2013) aponta os principais objetivos da bibliometria moderna estruturados por Glänzel (2003) e que determinam tópicos e subáreas deste tipo de estudo. São eles: (a) bibliometria para praticantes da bibliometria com relação à metodologia utilizada nos estudos bibliométricos; (b) bibliometria para as disciplinas científicas, fortemente voltada para áreas específicas e (c) bibliometria para gestão em ciência e tecnologia, auxiliando nas tomadas de decisão.

As técnicas bibliométricas foram desenvolvidas a partir de leis empíricas sobre o comportamento da literatura, atendendo a necessidade de estudos e avaliação de atividades de produção e comunicação científica. Os principais marcos teóricos da bibliometria são: a) a medição da produtividade dos cientistas - Lei de Lotka; b) o estudo sobre a dispersão do conhecimento científico - Lei de Bradford; c) a medição da frequência de palavras de trabalhos publicados - Lei de Zipf (ARAÚJO, 2006).

O padrão de distribuição dessas leis, bem como os princípios bibliométricos, demonstram a manifestação do chamado “efeito Matheus na ciência”, enunciado por Merton, que diz: “aos que mais têm será dado em abundância e, aos que menos têm até o que tem lhes será tirado” (MERTON, 1968 *apud* GUEDES, 2012, p. 81). Essa abordagem baseia-se na análise de processos psicossociais do sistema de avaliação e distribuição de recompensas pelas contribuições dos cientistas (GUEDES, 2012), ou seja, nítida acumulação de reconhecimento para uns em contraste com a ausência ou quase nenhuma retribuição para outros.

Cada uma das leis bibliométricas serão apresentadas brevemente nas seções seguintes.

### 3.2 A LEI DE LOTKA (1926)

Partindo da contagem de autores presentes no *Chemical Abstracts*, em estudo sobre a produtividade de cientistas no período de 1909-1916, essa lei foi formulada por Alfred James Lotka (1880–1949), matemático norte-americano. Ele descobriu que a maior parte da literatura científica é produzida por um pequeno número de autores. Em contrapartida, grande parte dos pesquisadores publica pouco. Com base nesse estudo, Guedes apresenta a lei formulada pelo matemático:

[...] a relação entre o número de autores e o número de artigos publicados por esses, em qualquer área científica, segue a Lei do Inverso do Quadrado:  $1/n^2$ . Isto é, em um dado período de tempo, analisando um número  $n$  de artigos, o número de cientistas que escrevem dois artigos seria igual a  $1/4$  do número de cientistas que escreveram um. O número de cientistas que escreveram três artigos seria igual a  $1/9$  do número de cientistas que escreveram um, e assim sucessivamente (GUEDES, 2012, p. 83).

Segundo Price (1963 *apud* GUEDES, 2012, p. 84), "o número de autores decresce mais rapidamente que o inverso do quadrado, mais aproximadamente à Lei do Inverso do Cubo  $1/n^3$ ".

Muitos estudiosos apontam problemas na Lei de Lotka, afirmando que a lei possui um conjunto "pouco potente de dados e não foi testada estatisticamente" (RAO, 1986 *apud* ARAÚJO, 2006, p. 14).

#### 3.2.1 A Lei do Elitismo (1963)

Derivada da Lei de Lotka, a Lei do Elitismo foi formulada pelo físico e historiador da ciência Derek John de Solla Price (1922 – 1983) ao enunciar que "toda população de tamanho  $N$  tem uma elite efetiva de tamanho  $\sqrt{N}$ ." (PRICE, 1965 *apud* GUEDES, 2012, p.98). Vlachy esclarece que:

A distribuição da produtividade dos autores numa coordenada cartesiana é uma distribuição tão inclinada, que inspirou Price [...] a propor a Lei do Elitismo. Segundo esta lei, se  $k$  representa o número total de contribuintes numa disciplina,  $\sqrt{k}$  representaria a elite da área estudada, assim como o número de contribuintes que gera a metade de todas as contribuições. Este princípio parece se aplicar tanto às artes como às ciências [...]. (VLACHY, 1972 *apud* ALVARADO, 2009, p. 70)

Embora seja considerado um aperfeiçoamento da Lei de Lotka, a Lei do Elitismo de Price também provocou polêmicas, uma vez que, para alguns autores, as evidências não são suficientes

[...] para sustentar que a produtividade de pesquisas ou o volume das comunicações escritas sejam os critérios que definam o pertencimento à elite de um grupo de pesquisa. A elite de um campo de pesquisa necessita ser mais bem definida, já que seus membros têm interesses profissionais menos difusos que os outros membros menos produtivos ou externos a essa elite. Isso pode significar que o fato de pertencer a uma elite pode estar caracterizado por uma maior especialização ou interesse em linhas de pesquisa específicas dentro de poucas subdisciplinas (VLACHY, 1974 *apud* ALVARADO, 2009, p. 76).

Paul Nicholls também questiona a validade da lei ao afirmar que "pouca investigação empírica sobre a Lei de Price foi realizada até o momento". (NICHOLLS, 1988, p. 471, tradução nossa). Embora a aplicação da Lei do Elitismo indique que a maior parte das contribuições seja realizada por uma minoria de autores, Alvarado (2009) ressalta que isso não desmerece os autores que têm menor produtividade.

Discorrendo sobre as "batalhas" travadas no campo científico, o sociólogo francês Pierre Bourdieu afirma que

O campo científico é sempre o lugar de uma luta, mais ou menos desigual, entre agentes desigualmente dotados de capital específico e, portanto, desigualmente capazes de se apropriarem do produto do trabalho científico que o conjunto dos concorrentes produz pela sua colaboração objetiva ao colocarem em ação o conjunto dos meios de produção científica disponíveis. Em todo campo se põem, com forças mais ou menos desiguais segundo a estrutura da distribuição do capital no campo (grau de homogeneidade), os dominantes, ocupando as posições mais altas na estrutura de distribuição de capital científico, e os dominados, isto é, os novatos, que possuem um capital científico tanto mais importante quanto maior a importância dos recursos científicos acumulados no campo (BORDIEU, 1983, p. 136 e 137).

Esse pensamento reitera a suspeita de Merton com relação ao sistema de recompensas no campo científico, o já mencionado "efeito Matheus na ciência".

Não obstante as leis de Lotka e do Elitismo provocarem questionamentos e indicarem a necessidade de aperfeiçoamentos, é possível afirmar que a sua aplicação pode ser útil para a avaliação da produtividade de pesquisadores, para a identificação dos centros de pesquisa mais desenvolvidos e para "o reconhecimento da 'solidez' de uma área científica" (GUEDES, 2012, p. 84).

### 3.3 A LEI DE BRADFORD (1934)

Conhecida também como a lei da dispersão, a Lei de Bradford foi formulada por Samuel Clement Bradford (1878-1948), químico e bibliotecário da *British Library*. Bradford foi responsável pelo estudo e análise dos registros bibliográficos sobre geologia e óleos lubrificantes que foram publicados nas décadas de 20 e 30 do século XX. Dos 326 periódicos analisados, 9 continham 429 artigos, 59 continham 499 e 258 continham 404 artigos. (ARAÚJO, 2006). Com base nesse estudo, Bradford chegou à conclusão de que

[...] ordenando uma grande coleção de periódicos em ordem de produtividade decrescente relevante a um dado assunto, três zonas aparecem, cada uma contendo 1/3 do total de artigos relevantes (a primeira zona contém um pequeno número de periódicos altamente produtivos, a segunda contém um número maior de periódicos menos produtivos, e a terceira inclui mais periódicos ainda, mas cada um com menos produtividade) (ARAÚJO, 2006, p. 14).

Para exemplificar, Saracevic (2004), em estudo realizado na *Rutgers University*, idealizou um quadro ilustrativo para representar a publicação de revistas sobre determinado assunto em um período de 6 meses.

Figura 1 - Representação da Lei da Dispersão de Bradford

Nº de periódicos	Nº de artigos por periódico	Nº total de artigos
3	1	60
	2	35
9	1	30
	2	25
	2	9
	4	8
27	10	6
	7	5
	5	4
	5	3

FONTE: (SARACEVIC, 2004, slide 30 ).

Se olharmos para o número de revistas em cada nível, apresentado na Fig. 1 é possível perceber a relação que Bradford delineou na sua lei. No primeiro nível temos 3 revistas. No segundo nível encontramos 9 (que é  $3^2$ ) das revistas; e no terceiro nível temos 27 (que é  $3^3$ ) das revistas. Nesse exemplo, o número total de artigos em cada zona é 130 (SARACEVIC, 2004).

A validade dessa lei também é questionada por alguns autores, entre eles, Pinheiro (1983, p. 69) que afirma:

Na medida em que na Lei de Bradford é considerada apenas a produtividade absoluta, podem ocorrer distorções. Os periódicos talvez sejam mais produtivos porque a sua periodicidade é em espaço de tempo mais curto, incluem maior número de documentos por fascículos ou apresentam artigos de menor extensão. Até o formato da revista pode influenciar na produtividade.

Sendo assim, os resultados podem ser diferentes se for considerada a produtividade relativa dos periódicos, isso acontece se for verificada a "proporção entre o número de artigos [sobre determinado assunto] e o total de artigos publicados pelo periódico, no período, em todos os campos" (PINHEIRO, 1983, p. 65).

Desse modo, deve-se levar em conta se os periódicos são devotados ou produtivos. Pois os mesmos podem ser avaliados qualitativamente ou quantitativamente, para Pinheiro (1983, p. 69) "Bradford parece ter pretendido alcançar a qualidade através da quantidade". Através de um estudo comparativo entre a produtividade absoluta e relativa, a autora conclui que "fica claro que a Lei de Bradford não fornece os periódicos mais devotados e sim os mais produtivos, porque o percentual é que corresponde ao grau de devotamento ou especialização de cada periódico" (PINHEIRO, 1983, p. 69).

Esta afirmação tem implicações na aplicação da lei para o estabelecimento de políticas de aquisição, por exemplo. Uma vez que, se determinado periódico produzir hipoteticamente 15 artigos sobre o tema desejado, não significa que ele é devotado a esse tema caso seja publicado na mesma edição o número total de 40 artigos relacionados a temas variados.

Segundo alguns autores, estudos baseados na Lei de Bradford podem colaborar para tomadas de decisão sobre a aquisição e descarte de títulos de revistas especializadas (ARAÚJO, 2006; GUEDES, 2012). Entretanto, a política de aquisição precisa ser cuidadosa, como adverte Pinheiro (1983, p. 71), pois "a lei de Bradford, tal como originalmente concebida, se for utilizada como base para política de aquisição, pode acarretar problemas, uma vez que não indicará os periódicos devotados".

De acordo com Guedes (2012, p. 100) a lei se aplica em criar "estimativa dos graus relativos de relevância de títulos de periódicos em área (s) específica (s) do conhecimento".

### 3.4 A LEI DE ZIPF (1949)

George Kingsley Zipf (1902–1950), linguista e filólogo norte-americano, formulou a lei que verifica a frequência de ocorrência das palavras em textos científicos. Esta lei foi posteriormente enriquecida pelo conceito do Ponto de Transição (T) de Goffman relacionando-

se diretamente com a indexação automática da informação, como relata Guedes (2012). Segundo a autora, Zipf observou que

[...] num texto suficientemente longo, existia uma relação entre a frequência que uma palavra ocorria e sua posição na lista de palavras ordenadas segundo sua frequência de ocorrência. Essa lista era confeccionada, levando-se em conta a frequência decrescente de ocorrências. À posição nesta lista dá-se o nome de ordem de série (rank). Assim, a palavra de maior frequência de ocorrência tem ordem de série 1, a de segunda maior frequência, ordem de série 2 e, assim, sucessivamente. Zipf verificou que o produto da ordem de série (r) de uma palavra pela sua frequência de ocorrência (f) era aproximadamente constante (C) (GUEDES, 2012 p. 85).

Desse modo, essa lei pode ser representada matematicamente da seguinte forma:  $(1) r \times f = C$ .

Segundo Pao (1978 *apud* GUEDES, 2012, p. 85) essa lei pode ser aplicada somente a palavras de alta frequência de ocorrência, levando Zipf a elaborar uma segunda lei com a contribuição de Booth, conhecida como Lei de Zipf-Booth, "onde  $I_1$  é o número de palavras que têm frequência 1,  $I_n$  é o número de palavras que tem frequência n, 2 sendo a constante válida para a língua inglesa. [...] a expressão  $n(n+1)/2$  corresponde à soma dos n primeiros números naturais" (GUEDES; BORSCHIVER, 2005, p. 6 e 7).

$$\frac{I_1}{I_n} = \frac{n(n+1)}{2}$$

Prosseguindo, Guedes (2012) relata que William Goffman observou que a primeira lei de Zipf teria validade para palavras de alta frequência e a Lei de Zipf-Both descreve apenas o comportamento de palavras de baixa frequência de ocorrência, portanto, os extremos da lista de palavras, com isso, ele apresenta a hipótese de haver um ponto de transição o qual denominou como Ponto de Transição (T). A autora explica que

o Ponto T de Goffman determina graficamente a localização onde ocorre a transição das palavras de baixa frequência para as de alta frequência. Existe uma determinada região, ao redor desse ponto, com probabilidade de concentrar as palavras de alto conteúdo semântico, que seriam portanto utilizadas na indexação de um texto em análise (GUEDES, 2012 p. 88).

Segundo a autora, Goffman apresenta, através dessa hipótese, "a primeira oportunidade de se decompor um texto sintaticamente, objetivando a sua indexação" (GUEDES, 2012 p. 88). Na compreensão de Braga (1996 *apud* GUEDES, 2012, p. 89) esses estudos indicam que é possível pensar em uma "desconstrução do contexto das palavras para a construção de um

conteúdo semântico de interesse imediato para os processos de representação da informação e indexação".

Nesse aspecto, Guedes (2010, p. 46) infere que

[...] na Bibliometria, especialmente no que se refere à aplicação das Leis de Zipf e Ponto de T de Goffman à indexação da informação, os pressupostos teóricos apontam para uma ligação entre a frequência de ocorrência de uma determinada palavra e o seu potencial de representação temática em determinado corpus em análise.

Portanto, as leis de Zipf e Ponto de Transição de Goffman podem contribuir para melhorar a recuperação da informação através da indexação automática com descritores mais eficazes.

### 3.5 INFOMETRIA

O termo Infometria<sup>2</sup> foi introduzido pela primeira vez pelo professor Otto Necke em sua obra *Informetrie: ein neuer Name für eine neue Disziplin*, definindo-o como “a aplicação de métodos matemáticos, de fatos ou conteúdos informativos, para descrever e analisar seus fenômenos, descobrir suas leis e servir de apoio para decisões” (NACKE, 1979, *apud* LUCAS; GARCIA-ZORITA; SANZ-CASADO, 2013, p. 257).

A pesquisadora Nadia Vanti nos apresenta essa técnica como

[...] o estudo dos aspectos quantitativos da informação em qualquer formato, e não apenas registros catalográficos ou bibliografias, referente a qualquer grupo social, e não apenas aos cientistas. A infometria pode incorporar, utilizar e ampliar os muitos estudos de avaliação da informação que estão fora dos limites da bibliometria e cienciometria (VANTI, 2002, p. 155).

A infometria pode ser considerada uma extensão das análises bibliométricas tradicionais por se preocupar também com a produção de informação não-acadêmica (Christensen & Ingwersen, 1997 *apud* Vanti, 2002) e não se limitar apenas à informação registrada, ao também se ocupar em analisar “os processos de comunicação informal, inclusive falada, e dedicar-se a pesquisar os usos e necessidades de informação dos grupos sociais desfavorecidos, e não só das elites intelectuais” (TAGUE-SUTCKIFFE, 1992 *apud* Vanti, 2002, p. 155).

Os principais objetivos dessa técnica resumem-se a analisar:

---

<sup>2</sup> Com relação a utilização dos termos infometria ou informetria, Robredo e Vilan Filho (2010 p. 204) constataram a predominância do termo infometria nos idiomas português e inglês e não vêem justificativa para a recente utilização do termo com a letra "r". Seguindo essa justificativa, nesse trabalho adotamos o termo infometria.



[...] as características das comunicações formais e informais; as necessidades e o uso da informação em bibliotecas e centros de informação; os aspectos estatísticos da linguagem; e as características das publicações científicas ou qualquer outro tipo de documento (LUCAS; GARCIA-ZORITA; SANZ-CASADO, 2013, p. 257).

Noronha e Maricato (2008, p. 10) concluem que a infometria se ocupa em estudar “todos os processos quantitativos da informação em geral, incorporando, utilizando e ampliando as fronteiras da bibliometria e da cienciometria”.

### 3.6 CIENCIOMETRIA

O termo cienciometria<sup>3</sup> surgiu na antiga URSS e Europa Oriental. Entretanto, só ganhou notoriedade através da publicação da revista *Scientometrics* editada na Hungria em 1977 (VANTI, 2002).

Segundo Spinak (1998), esse tipo de análise aplica técnicas bibliométricas à ciência, e vai além, pois também examina o desenvolvimento e as políticas científicas.

Esta disciplina foi definida por Van Raan (1997 *apud* Vanti, 2002, p. 154) como a ciência que “se dedica a realizar estudos quantitativos em ciência e tecnologia e a descobrir os laços existentes entre ambas, visando ao avanço do conhecimento e buscando relacionar este com questões sociais e de políticas públicas”.

De acordo com Spinak os temas que interessam à cienciometria incluem

[...] o crescimento quantitativo da ciência, o desenvolvimento das disciplinas e subdisciplinas, a relação entre ciência e tecnologia, a obsolescência dos paradigmas científicos, a estrutura de comunicação entre os cientistas, a produtividade e criatividade dos investigadores, as relações entre o desenvolvimento científico e o crescimento econômico, etc (SPINAK, 1998, p. 142, tradução nossa).

Lucas; Garcia-Zorita e Sanz-Casado corroboram a afirmativa de Spinak ao listar alguns objetivos da cienciometria: "estudar a ciência e as disciplinas científicas; determinar a eficácia e eficiência de um sistema científico; estudar as relações entre ciência e tecnologia; analisar a estrutura da comunicação entre cientistas" (LUCAS; GARCIA-ZORITA; SANZ-CASADO, 2013, p. 259).

Esse tipo de medição procura identificar as características da investigação científica, encarregando-se da análise da produção científica mediante indicadores numéricos de publicações, patentes, etc. (SPINAK, 1998, tradução nossa). Buscando apresentar os limites

---

<sup>3</sup> Embora também seja utilizado o termo cientometria, neste estudo optamos pelo termo cienciometria, Stump et al., 2006 *apud* Santin, 2011 identificaram que não há predominância de um ou outro termo em publicações no idioma português.

entre a bibliometria e cienciometria o autor afirma que enquanto a bibliometria se ocupa das várias medições da literatura, dos documentos e outros meios de comunicação, a cienciometria tem a ver com a produtividade e utilidade científica (SPINAK, 1998, tradução nossa). Sobre o emprego dessa técnica, Macias-Chapula afirma que ela pode ser "aplicada no desenvolvimento de políticas científicas, pois envolve estudos quantitativos das atividades científicas, incluindo a publicação, e, portanto, sobrepondo-se à bibliometria" (MACIAS-CHAPULA, 1998, p. 134).

### 3.7 PATENTOMETRIA

Os estudos patentométricos utilizam documentos de patentes como unidade de análise e permitem “demonstrar a importância relativa no âmbito econômico e tecnológico e são um indicador científico importante para efeito de comparação entre países ou regiões e para determinar competitividade e crescimento” (SPINAK, 1996 *apud* LUCAS; GARCIA-ZORITA; SANZ-CASADO, 2013, p. 260).

Os objetivos da análise patentométrica podem ser descritos como:

[...] conhecer o nível de inovação de um país ou de um setor industrial; o conhecimento científico que se transforma em conhecimento tecnológico; a transferência tecnológica; o nível de desenvolvimento de um setor econômico; e a capacidade competitiva das empresas (LUCAS; GARCIA-ZORITA; SANZ-CASADO, 2013, p. 260).

### 3.8 CIBERMETRIA

Os estudos que se dedicam a analisar a comunicação através da internet compõem a cibermetria. A técnica é definida como o “estudo dos aspectos quantitativos da construção e dos usos dos recursos de informação, estruturas e tecnologias **em internet** de acordo com as aproximações bibliométricas e informétricas” (BJÖRNEBORN; INGWERSEN, 2004 *apud* LUCAS; GARCIA-ZORITA; SANZ-CASADO, 2013, p. 260, grifo do autor). A cibermetria, portanto, envolve o uso das tradicionais técnicas dos estudos métricos a qualquer tipo de informação disponível na internet (VANTI, 2005, p. 80). Segundo Björneborn (2002 *apud* VANTI, 2005), abrange toda a internet, incluindo chats, mailing lists, new groups, MUDs e a própria World Wide Web (WWW).

Os principais objetivos dessa disciplina são “os estudos estatísticos de grupos de discussão; a análise das malas diretas; as análises de qualquer tipo de comunicação através de internet” (LUCAS; GARCIA-ZORITA; SANZ-CASADO, 2013, p. 260).

### 3.9 WEBOMETRIA

É muito comum os termos *web* e *internet* serem confundidos como sinônimos, o que dificulta a compreensão dos termos webometria e cibermetria. Segundo Gouveia e Lang (2013, p. 173),

[...] a diferença entre Web e internet é o que separa os campos da webometria e da cibermetria, sendo a primeira um subconjunto da outra. Estas diferenças permitem dizer se o foco é na estrutura física, no enlace, na rede, no transporte ou na aplicação. Nesta sequência de camadas, a Web está apenas na última, 'rodando' dentro do protocolo de comunicação HyperText Transfer Protocol (HTTP).

Com relação às diferenças entre os campos cibermetria e webometria, os autores Thelwall, Vaughan e Björnbörn citados por Gouveia afirmam que

[...] a cibermetria diferiria da webometria ao transcender os limites bibliométricos por considerar atividades não registradas e comunicações sincrônicas como o que pode ocorrer nas salas de chat, enquanto na webometria todos os seus documentos seriam informação registrada e armazenada, diferindo apenas quanto ao suporte (THELWALL, VAUGHAN e BJÖRNBORN 2006 *apud* GOUVEIA, 2013, p. 217).

Nesse sentido, a webometria pode ser definida como o

estudo dos aspectos quantitativos da construção e dos usos dos recursos de informação, estruturas e tecnologias em sites considerando as aproximações bibliométricas e informétricas” (BJÖRNBORN; INGWERSEN, 2004, *apud* LUCAS; GARCIA-ZORITA; SANZ-CASADO, 2013, p. 260).

Foram elencados como principais objetivos da webometria: “as análises de conteúdos de páginas (sites); a estrutura dos links entre páginas (sites); o uso do site; e as tecnologias utilizadas em páginas (sites)” (LUCAS; GARCIA-ZORITA; SANZ-CASADO, 2013, p. 260).

Os autores Gouveia e Lang (2013) acrescentam ainda o termo webmetria (*webmetrics* ou *web e metrics*) e explicam que

Geralmente, esse termo está associado a métricas de acesso de sites da Web, obtidas por análise de logs ou por page tagging, sendo, por conseguinte, um subconjunto da webometria. Podemos fazer uma analogia de que os estudos webmétricos seriam como o levantamento do acesso a uma biblioteca, desde sua visita até o número de consultas feitas ao acervo, bem como o retorno ou não à mesma biblioteca (GOUVEIA; LANG, 2013, p. 173).

### 3.10 ALTMETRIA

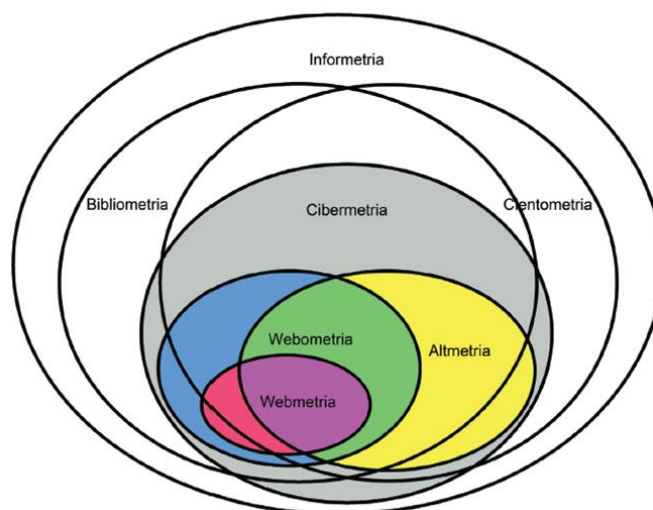
A altmetria nasce como uma métrica alternativa, com potencial para aperfeiçoar a compreensão das dinâmicas de citações, considerando o contexto e papel dos diversos tipos de

publicações oferecidas atualmente pela academia, em um momento de grande crescimento da comunicação científica pela internet. Uma vez que, “o processo de publicação com avaliação pelos pares é lento e que as contagens de citações também exigem um certo tempo de retorno” (GOUVEIA, 2013, p. 215) surge a necessidade de se buscar maior celeridade nesse processo.

O autor lembra que os cientistas de gerações mais recentes cresceram com o conceito de compartilhamento, e a utilização das redes sociais fazem parte de seu estilo de vida. Nesse sentido, é possível afirmar que “as análises de acesso a sítios web foram uma fonte de dados importante para o início do movimento altmétrico” (GOUVEIA, 2013, p. 220). Com respeito ao impacto das citações em ambiente virtual foi verificado que “em áreas em que a disponibilização de artigos online está consolidada, observou-se o fenômeno da aceleração no tempo entre publicação e citação” (THELWALL et al., 2006 *apud* GOUVEIA, 2013, p. 220).

Concernente aos limites e relações entre as diversas métricas apresentadas, Gouveia (2013) elabora um esquema de relações entre os campos da infometria, bibliometria, cientometria, cibermetria, webometria, webmetria e altmetria exibido na figura 2:

Figura 2 - Relações entre os campos da infometria, bibliometria, cientometria, cibermetria, webometria, webmetria e altmetria.



Fonte: (GOUVEIA, 2013, p. 221).

Gouveia e Lang acrescentam uma análise realizada pelos autores Björneborn e Ingwersen sobre as relações entre várias técnicas de medição:

[...] para Björneborn e Ingwersen (2004) a infometria aparece como o grande campo do conhecimento, abrangendo todos os demais. Segundo esses autores, a webometria estaria totalmente contida na bibliometria, pelo fato de todas as informações da Web estarem registradas e armazenadas em seus servidores, e teria uma interseção com a cientometria, uma vez que recebe aporte de dados a partir de ferramentas Web. A

cibermetria, no entanto, transcenderia os limites da bibliometria, sendo parte da informetria, considerando o fato de algumas atividades desenvolvidas na internet não permanecerem registradas em servidores (GOUVEIA; LANG, 2013, p. 174).

Especificamente sobre as interseções da altmetria com a cibermetria e webometria, é importante esclarecer que

[...] apesar da argumentação de que a altmetria seria um campo de estudo a parte da cibermetria e webometria, se estas métricas alternativas permanecerem inseridas e, tendo como fonte bases de dados que estão disponíveis online via internet, não há como negar que este seria um subcampo específico de estudo, uma inclusão de novos objetivos e metodologias de estudo [...] (GOUVEIA, 2013, 220).

Nesse sentido, a altmetria pode ser definida como "o uso de dados webométricos e cibernométricos em estudos cientométricos" (GOUVEIA, 2013, p. 219).

## 4 METODOLOGIA

Esta pesquisa foi desenvolvida por meio de um estudo exploratório-bibliográfico com abordagem quantitativa por empregar instrumentos estatísticos. De acordo com Silva (2011, p. 13) um estudo exploratório "geralmente é feito quando se quer explicação aprofundada sobre um determinado fenômeno ou quando o estoque de conhecimento sobre ele é reduzido".

Com relação a pesquisa bibliográfica, Gil (2002, p. 44) afirma que esse tipo de análise

[...] é desenvolvida com base em material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos. Embora em quase todos os estudos seja exigido algum tipo de trabalho dessa natureza, há pesquisas desenvolvidas exclusivamente a partir de fontes bibliográficas. Boa parte dos estudos exploratórios pode ser definida como pesquisas bibliográficas. 1983, p. 69)

O método adotado baseou-se em dois tipos de fontes de informação:

- a) Bases de dados bibliográficas presentes no Portal de Periódicos da CAPES: foram utilizadas as bases internacionais Web of Science e Scopus, e a nacional Scielo, de conteúdo abrangente, e o Medline, base de referência para a área de Saúde;
- b) Base corrente do Diretório do Grupo de Pesquisas (DGP) do CNPq, disponibilizado pela Plataforma Lattes, continuamente atualizado pelos próprios pesquisadores. No DGP é possível encontrar informações sobre pesquisas em andamento e coletar dados como o nome do grupo, pesquisadores participantes, linhas de pesquisas em andamento, produção científica e tecnológica e publicações.

Em termos de soluções tecnológicas foram utilizados duas ferramentas: o software VantagePoint<sup>4</sup>, desenvolvido e comercializado pela Search Technology, cuja licença foi adquirida pelo ICICT/Fiocruz, local de desenvolvimento dessa pesquisa. A outra ferramenta foi o ScriptLattes<sup>5</sup>, software livre desenvolvido pelo pesquisador Jesús Mena-Chalco e disponibilizado gratuitamente na internet. A descrição do uso desses aplicativos será apresentada quando descrita a etapa em que foi utilizada.

A seguir serão detalhadas as etapas metodológicas que foram adotadas.

---

<sup>4</sup> Ferramenta de mineração de texto que facilita e automatiza tarefas tais como padronização de campos e retirada de duplicatas, dentre outras. Além disso, oferece a geração de listas e mapas de correlação, facilitando as análises qualitativas de estudos métricos. <https://www.thevantagepoint.com/>

<sup>5</sup> Ferramenta para extração e visualização de conhecimento a partir de Currículos Lattes. <http://scriptlattes.sourceforge.net/>

#### 4.1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

Para dar embasamento teórico à pesquisa e descobrir se haviam trabalhos semelhantes, foi feito um levantamento de artigos científicos que envolvem bibliometria e nanotecnologia. Para recuperar esses documentos foi utilizada a seguinte estratégia de busca: NANO\* AND (BIBLIO\* OR CIENTO\* OR INFOMETR\* OR INFORMETR\* OR ALTMETR\* OR WEBMETRI\* OR WEBOMETRI\*). A busca foi realizada no período de agosto a outubro de 2012, nas seguintes bases de dados: Web of Science, Scopus, Scielo e Medline . Como alguns artigos estavam presentes em mais de uma base de dados, foi necessária a utilização do VantagePoint para facilitar a retirada de duplicadas.

#### 4.2 DEFINIÇÃO DA ESTRATÉGIA DE BUSCA

A estratégia inicial criada para a recuperação de grupos de pesquisa nacionais no Diretório de Grupos de Pesquisa no CNPq relacionados à nanotecnologia baseou-se nas palavras-chaves utilizadas por Alencar et al. (2008), Milanez (2011) e Porter et al. (2008).

Uma busca preliminar, com os termos já identificados, foi realizada no DGP e os dados referentes ao *nome do grupo, instituição, líder do grupo e área predominante* foram coletados e armazenados em planilha Excel. A partir desses dados, foram identificados novos termos relacionados à nanotecnologia, através da metodologia de busca em bola de neve (*snow ball*), que basicamente consiste em identificar novos termos encontrados nos artigos que foram recuperados mediante a utilização dos primeiros termos usados na estratégia de busca.

Esses termos foram traduzidos para o inglês e realizada busca na *Web of Science*, identificando assim, novas palavras-chave com prefixo “nano”. Essas palavras foram posteriormente vertidas para o português, ampliando o número de termos a serem usados no DGP. Também foram incluídos termos identificados no Glossário de Nanotecnologia do MCT (MCT, 2006).

#### 4.3 COLETA DE DADOS DOS GRUPOS DE PESQUISA

As informações foram coletadas no período de outubro a dezembro de 2012. Nesse período o DGP não permitia fazer o truncamento dos termos para recuperação de dados<sup>6</sup>, além de não possuir um vocabulário controlado de palavras-chaves para seleção pelo pesquisador. Por esse motivo a etapa de coleta de dados foi bastante extensa, pois foi necessário utilizar os termos no singular, plural e variações de gênero e termos com ou sem hífen.

Os grupos foram classificados considerando as grandes áreas do conhecimento definidas pelo CNPq. Como aproximação para a área da Saúde foram selecionados exclusivamente os grupos relativos à Grande Área de Ciências da Saúde.

#### 4.4 COLETA DE DADOS DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA

Para a identificação da produção científica dos pesquisadores relacionados à Nanotecnologia & Ciências da Saúde foi necessária a coleta de informações das linhas de pesquisa dos grupos identificados. Através da linha de pesquisa é possível identificar se o pesquisador atua, efetivamente, com Nanotecnologia e Saúde, visto que dada a pervasividade desta tecnologia há grupos com diversas linhas de pesquisa que não estão relacionados à Nanotecnologia.

Para essa caracterização foi criado e utilizado o Índice de Foco, desenvolvido pela equipe deste projeto de pesquisa e publicado em artigo da edição do periódico Laboratório Interdisciplinar sobre Informação e Conhecimento - LIINC em edição dedicada a Estudos Métricos da Informação (ALENCAR; BOCHNER; DIAS, 2013).

Após a identificação das linhas de pesquisa focadas, foi gerada uma lista com os nomes dos pesquisadores envolvidos nessas linhas. Para identificar a produção científica de cada um desses pesquisadores foi utilizado o *ScriptLattes*. Essa ferramenta coleta os dados bibliográficos de cada pesquisador, baseado nos dados inseridos por este no Currículo Lattes. Foram coletados os artigos publicados no período entre 2000 e 2013 e cadastrados nos Currículos Lattes até 24 de abril de 2013, data da execução do referido aplicativo.

---

<sup>6</sup> A versão atualmente disponível do DGP oferece mais funcionalidades de busca.



#### 4.5 TRATAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS

Embora o *ScriptLattes* recupere as referências de toda a produção científica, foram utilizados os dados referentes apenas aos artigos de periódicos.

Como os metadados não estavam padronizados, foi utilizada uma das funcionalidades do *VantagePoint*, que é a limpeza dos dados (*list cleanup*). Esta é uma macro que verifica grafias que podem ser equivalentes. Por exemplo, para a lista de autores, grafias como J.Smith, James Smith e Smith, J são agrupadas e o usuário confirma a forma mais adequada a ser utilizada.

Para retirada de duplicatas e padronização foi novamente usado o software *VantagePoint*. Através dessa ferramenta, verificou-se a ocorrência das palavras-chaves relacionadas à nanotecnologia no título dos artigos, visando localizar apenas aqueles de periódicos relacionados efetivamente à nanotecnologia e saúde. Nessa fase foi necessária a uniformização do nome dos periódicos visto que a forma como o software recupera os dados traz inconsistências. Após a padronização do nome dos periódicos foi identificada a existência de duplicatas através da checagem de nome do título, nome do periódico e nome dos autores. No entanto, era possível perceber que ainda existiam referências que pareciam ser duplicatas, observando-se seus metadados. Esses casos foram analisados individualmente através de busca na internet.

Com o conjunto padronizado de referências foram aplicadas duas leis bibliométricas: a Lei de Elitismo de Price para os autores e a Lei de Bradford para os periódicos. A escolha da aplicação dessas leis se deu pelo motivo de ambas permitirem análises que atendam aos objetivos propostos por esse trabalho.

## 5 RESULTADOS

Foram identificados grupos de pesquisa, linhas de pesquisa focadas e pesquisadores brasileiros atuantes em Nanotecnologia & Ciências da Saúde. A produção científica desses pesquisadores foi coletada e filtrada àquela relativa especificamente à nanotecnologia. Em seguida, foram identificados os principais autores e periódicos em que a produção científica na área é escoada.

Esses resultados estão dispostos nas mesmas etapas apresentadas na metodologia.

### 5.1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

Foram recuperados 207 artigos distribuídos conforme a figura 3. Após a retirada das duplicatas o universo da pesquisa ficou restrito a 133 artigos. Não foi identificado nenhum artigo em língua portuguesa relacionado ao tema.

Figura 3 - Distribuição do número de artigos sobre nanotecnologia e bibliometria localizados por base de dados



Fonte: Elaboração própria.

Este material será analisado quanto a pertinência, foco, abrangência geográfica e temporal, visando a elaboração de artigo para publicação futura. .

## 5.2 DEFINIÇÃO DA ESTRATÉGIA DE BUSCA

Com base na metodologia apresentada foi gerada uma lista<sup>7</sup> de 198 termos relacionados à nanotecnologia para busca no DGP.

Conforme esclarecido na seção 4.3, à época das coletas, o DGP não permitia truncamento de termos para recuperação devido a limitações em seu motor de buscas. Para que a formulação de termos de busca fosse a mais criteriosa possível, foi necessária a elaboração de uma estratégia que contemplasse os termos no singular, plural, variações de gênero e termos com e sem hífen. Por exemplo: nanoestruturado, nanoestruturada, nanoestruturados, nanoestruturadas, nano-estruturado, nano-estruturada, nano-estruturados, nano-estruturadas.

## 5.3 COLETA DE DADOS DOS GRUPOS DE PESQUISA

A busca foi realizada no DGP com os 198 termos e suas variações, conforme exposto anteriormente. Foram recuperados 1.688 grupos de pesquisa, resultantes de 128 termos, visto que 70 termos não foram identificados no diretório.

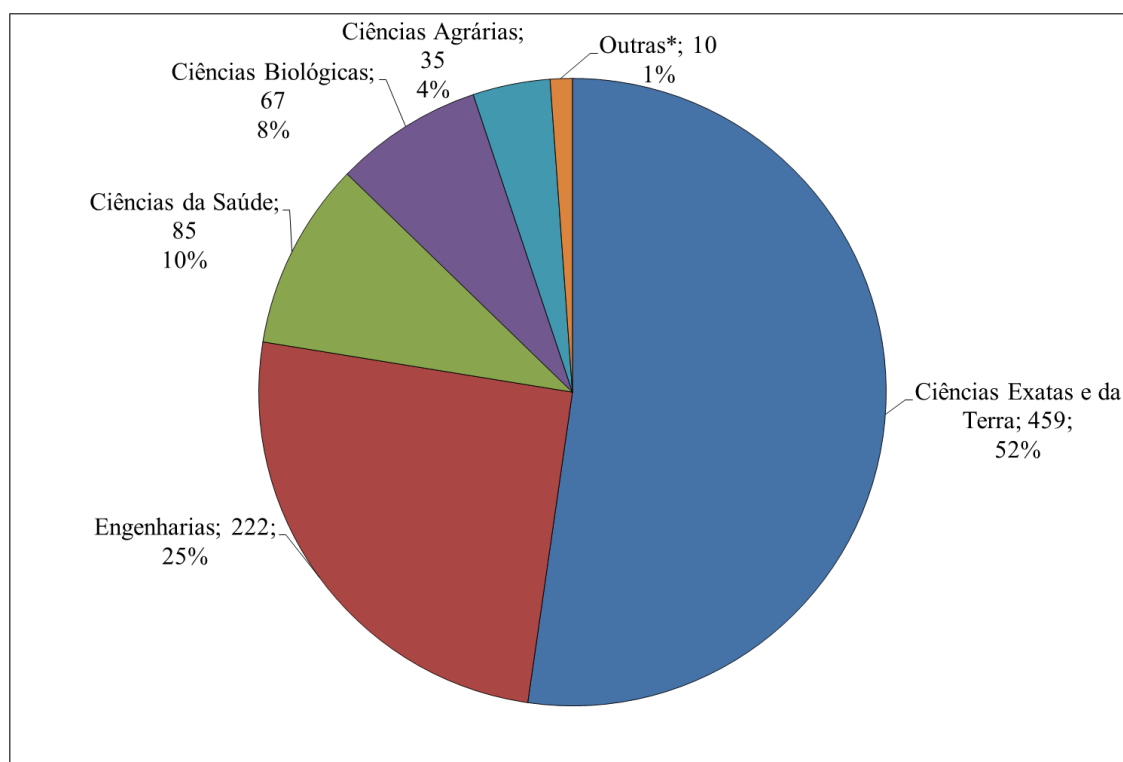
Como um mesmo grupo de pesquisa pode ter sido recuperado por mais de um termo de busca, foi necessária a verificação de duplicatas entre os 1.688 grupos de pesquisa, o que resultou em 878 grupos.

Pode-se observar na figura 4 que os grupos de pesquisa foram classificados considerando as grandes áreas do conhecimento definidas pelo CNPq, estando presente em todas elas. As Ciências da Saúde representam 10% deste universo, contribuindo com 85 grupos de pesquisa.

---

<sup>7</sup> A lista dos termos e respectivo número de grupos recuperados podem ser encontrados em Alencar; Bochner; Dias( 2013, p. 51).

Figura 4 - Número de grupos de pesquisa envolvidos com nanotecnologia e percentual de participação segundo as grandes áreas do conhecimento do CNPq.



Outras\* = Ciências Humanas (5), Ciências Sociais Aplicadas (4), Linguística, Letras e Arte (1)

Fonte: Alencar; Bochner; Dias (2013, p. 54)

#### 5.4 COLETA DE DADOS DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA

Ao analisar os 85 grupos de pesquisa observou-se que 3 grupos eram fruto de falsa recuperação, ou seja, havia algum nanotermo no nome do grupo ou em outro campo de recuperação do DGP, mas ao analisar suas linhas de pesquisa não havia nenhuma relacionada com nanotecnologia nesses grupos, reduzindo o universo da pesquisa para 82 grupos.

Foram coletadas as informações desses grupos, totalizando 745 linhas de pesquisa. Para identificar quais linhas realmente envolviam nanotecnologia, foi criado o índice de foco<sup>8</sup>. Após a aplicação desse índice, o conjunto de dados para coleta da produção científica ficou restrito a 145 linhas focadas, agregadas em 82 grupos de pesquisa, e 419 pesquisadores envolvidos.

A partir de coleta na Plataforma Lattes da produção científica dos 419 pesquisadores, foram identificados 10.692 artigos de periódicos no formato bruto (sem retirada de duplicatas e padronização) produzidos por esses investigadores.

<sup>8</sup> O índice de foco foi definido como  $IF = (\text{número de linhas focadas}) / (\text{total de linhas de pesquisa})$  por Alencar, Bochner e Dias (2013).

Após filtrar apenas os artigos de periódicos relacionados efetivamente à nanotecnologia e saúde, o universo de artigos brutos (sem padronização) passou a corresponder a 851 artigos de periódicos.

## 5.5 TRATAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS

Como as referências foram coletadas a partir dos Currículos Lattes, não havia padronização em nenhum dos metadados (periódico, autores, etc) dessas 851 referências.

Objetivando verificar se haviam duplicatas, foram padronizados, com o auxílio do software *VantagePoint*, o nome dos periódicos. Com isso, foi possível observar a existência de duplicatas através da checagem de nome do título, nome do periódico e nome dos autores. Após a remoção dessas duplicatas o arquivo contava com 835 referências. No entanto, foi possível perceber ainda 70 referências que pareciam duplicatas, observando-se seus metadados. Esses casos foram analisados individualmente através de busca na internet, uniformizados, gerando um universo de 798 referências de artigos sobre nanotecnologia publicados por pesquisadores dos grupos de pesquisa relacionados à nanotecnologia e saúde.

A partir desse conjunto de referências, foram aplicadas duas leis bibliométricas, que serão apresentadas a seguir.

### 5.5.1 Aplicação da Lei de Elitismo de Price

Os 798 artigos estavam vinculados a 2.259 autores. Após a padronização do nome dos autores, restaram 2.165 autores. Considerando-se a Lei do Elitismo de Price, a raiz quadrada do número de todos os autores produz pelo menos metade de todos os artigos publicados por aquele universo de autores estudados (Alvarado, 2009). Nessa população, esse valor corresponde a 46 autores. No entanto, o 46º autor tinha publicado 11 artigos, então todos os autores com 11 artigos também foram incluídos na lista Tabela 1.

Tabela 1- Principais autores brasileiros que publicam sobre nanotecnologia em saúde e o respectivo número de artigos.

ordem	Autor	n. artigos	ordem	Autor	n. artigos
1	GUTERRES, Silvia Stanisçuaski	99	31	COSTA, Teresa Dalla	13
2	POHLMANN, Adriana Rafin	89	32	LABARRE, Denis	13
3	TEDESCO, Antonio Cláudio	51	33	ORÉFICE, Rodrigo Lambert	13
4	VAUTHIER, Christine	46	34	PAULA, Eneida de	13
5	BECK, Ruy Carlos Ruver	37	35	PETERLEVITZ, Alfredo Carlos	13
6	CARREÑO, Neftalí Lenin Villarreal	36	36	POLETO, Fernanda S.	13
7	MORAIS, Paulo César	30	37	BATTASTINI, Ana Maria Oliveira	12
8	PONCHEL, Gilles	28	38	CABRAL, Lúcio M	12
9	CONTRERAS, Lionel Fernel Gamarra	27	39	COUVREUR, Patrick	12
10	LONGO, Elson	27	40	FRACETO, Leonardo Fernandes	12
11	LEITE, Edson Roberto	25	41	GOMES, Anderson de Jesus	12
12	PRIMO, Fernando Lucas	25	42	OURIQUE, Aline Ferreira	12
13	TAVARES, Maria Inês B	24	43	SANRANA, Maria Helena Andrade	12
14	PROBST, Luiz Fernando Dias	22	44	SIMIONI, Andreza Ribeiro	12
15	AMARO JUNIOR, Edson	21	45	TOURINHO, Francisco Augusto	12
16	SANTOS, Adelina P	21	46	ALVES, Marta Palma	11
17	SOUSA, Marcelo Henrique	19	47	ANDRADE, César A. S	11
18	MOSQUEIRA, Vanessa Carla Furtado	18	48	AYRES, Eliane	11
19	LACAVA, Zulmira Guerrero Marques	17	49	BARRATT, Gillian	11
20	SENNA, Elenara Lemos	17	50	BERNARDI, Andressa	11
21	PAVON, Lorena Favaro	16	51	FURTADO, Clascídia Aparecida	11
22	ANDRADE, Margareth Spangler	15	52	LEGRAND, Philippe	11
23	BARANAUSKAS, Vitor	15	53	MARTI, Luciana Cavalheiro	11
24	CERAGIOLI, Helder J	15	54	MELO, Celso P	11
25	FAJARDO, Humberto V	15	55	OLIVEIRA, Ralph Santos	11
26	SILVEIRA, Nádyá Pesce da	15	56	PONTUSCHKA, Walter Maigon	11
27	VALENTINI, Antoninho	15	57	RAFFIN, Renata Platcheck	11
28	DEPEYROT, Jérôme	14	58	ROSA, André Henrique	11
29	ENGELMANN, W	14	59	SIBOV, Tatiana Tais	11
30	ROSSI, Alexandre Malta	14			

Fonte: Elaboração própria.

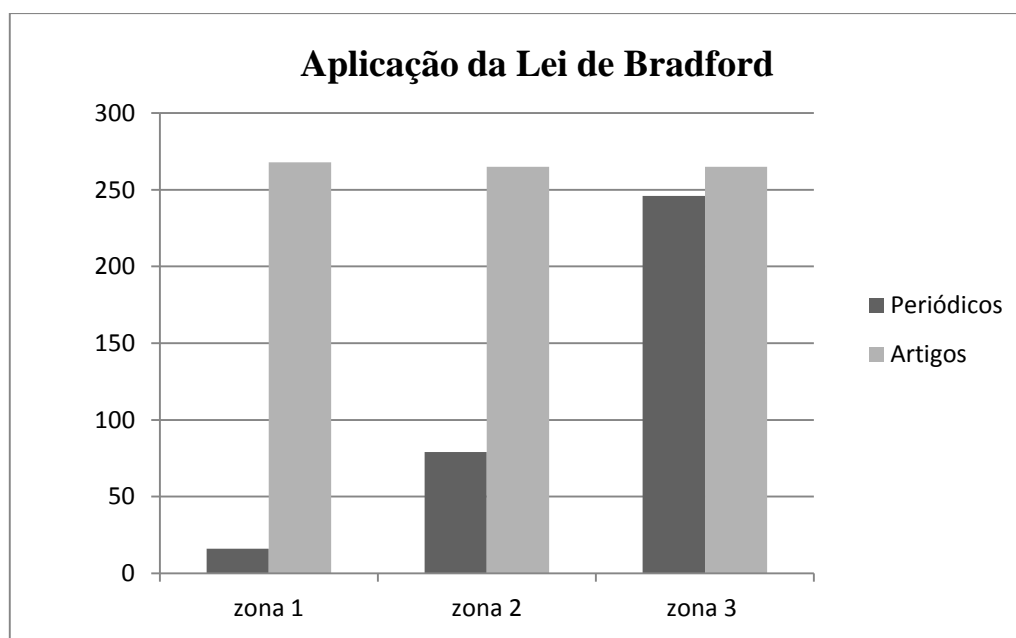
Considerando esses 59 autores como a Elite (conforme Price), sua produção corresponde 541 artigos, portanto 68% do total de 798 artigos, confirmando a lei proposta.

No entanto, ao somarmos os números de artigos da tabela anterior, temos 1.167. Essa distorção ocorre devido a existência de duplicidades por conta das coautorias. Para resolver esse problema foi necessário utilizar recursos do software de mineração de dados, que efetivamente verifica o número de artigos desse conjunto de autores, calculando um universo de 541 artigos.

### 5.5.2 Aplicação da Lei de Bradford

Os 798 artigos identificados foram publicados em 341 diferentes periódicos. Aplicando-se a Lei de Bradford, ou seja, dividindo 798 por 3, encontram-se as três zonas, cada uma com cerca de 266 artigos: a primeira zona com 16 periódicos (268 artigos), a segunda com 79 periódicos (265 artigos) e a terceira com 246 periódicos (265 artigos), perfazendo o total de 341 periódicos e 798 artigos. A figura 5 ilustra a aplicação da lei. Observa-se que enquanto o número de artigos é quase igual nas três zonas, o número de periódicos mostra uma curva acentuada.

Figura 5 - Ilustração da aplicação da Lei de Bradford



Fonte: Elaboração própria.

Analisando a ilustração apresentada fica claro que os periódicos pertencentes à zona 1 representam, proporcionalmente, o núcleo de periódicos com maior número de artigos. Os periódicos pertencentes à zona 2 se encontram em situação intermediária, no sentido de distribuição dos artigos, e os periódicos da zona 3 são, teoricamente, menos produtivos conforme a Lei de Bradford.

Com o propósito de atender ao segundo objetivo do presente estudo - identificar os principais periódicos em que é escoada a produção científica relacionada à NS - são apresentados na tabela 2 os periódicos que produziram o maior número de artigos dedicados à nanotecnologia em saúde, pertencentes à zona 1.

Tabela 2 - Principais periódicos por onde escoam a produção científica em nanotecnologia e saúde, suas editoras e respectivos números de artigos

<b>Periódico</b>	<b>Editora</b>	<b>n. artigos</b>
Journal of Nanoscience and Nanotechnology	American Scientific Publishers	39
International Journal of Pharmaceutics	Elsevier BV	27
Journal of Biomedical Nanotechnology	American Scientific Publishers	27
Química Nova	Sociedade Brasileira de Química	26
European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics	Elsevier BV	19
International Journal of Nanomedicine	Dove Medical Press Ltd.	17
Acta Farmaceutica Bonaerense	Colegio de Farmacéuticos de la Provincia de Buenos Aires	16
Journal of Magnetism and Magnetic Materials	Elsevier BV	16
Pharmaceutical Research	Springer New York LLC	14
Biomaterials	Elsevier BV	12
Material Science Engineering C, Biomimetic Materials, Sensors and Systems	Elsevier S.A.	12
Journal of Applied Physics	American Institute of Physics	11
European Journal of Pharmaceutical Sciences	Elsevier BV	9
Colloids and Surfaces B, Biointerfaces (Print	Elsevier BV	8
Die Pharmazie (Berlin	Govi Verlag Pharmazeutischer Verlag GmbH	8
Journal of Pharmaceutical Sciences	John Wiley & Sons, Inc.	7

Fonte: Elaboração própria.

Na tabela 2 observa-se que dentre os 16 periódicos, sete são editados pela Elsevier, cinco por diferentes associações científicas e quatro por diferentes empresas editoriais.



## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo buscou trazer contribuições quanto à construção de indicadores bibliométricos que identificassem os pesquisadores atuantes em nanotecnologia e saúde no Brasil e os principais periódicos onde a produção científica relacionada ao tema é publicada. Foi possível apresentar empiricamente a aplicação das Leis do Elitismo e de Bradford.

Conforme esperado, a aplicação da Lei do Elitismo de Price demonstra que poucos pesquisadores publicam muito e, em contrapartida, um número elevado de pesquisadores publica pouco. Embora alguns estudos discutam a validade dessa lei, de acordo os resultados alcançados referentes à população estudada neste trabalho, a sua proposição se confirma.

A aplicação da Lei do Elitismo torna-se útil para verificação e avaliação da produtividade de pesquisadores dedicados a determinado assunto. Análises desse tipo ajudam a promover o reconhecimento de pesquisadores em qualquer área do conhecimento e contribuem para a formulação de políticas estratégicas de alianças em diversos setores.

E com relação à aplicação da Lei de Bradford verificou-se a existência de três zonas que representam a distribuição das publicações científicas dedicadas à NS nos periódicos científicos constantes nas bases de dados consultadas. Foi identificada a zona 1 como o núcleo de periódicos com maior número de artigos publicados dedicados a NS. Entretanto, a metodologia utilizada considerou a produtividade absoluta dos periódicos e não investigou, por exemplo, variáveis como a sua periodicidade ou a proporção entre o número de artigos sobre NS e o número total de artigos publicados em cada periódico.

Esse modelo de análise facilita a decisão de aquisição ou descarte de títulos de revistas especializadas, sendo muito útil para o estabelecimento de políticas de desenvolvimento de coleções em centros de informação de instituições de pesquisa, pois, através de análises desse tipo, é possível visualizar as revistas que mais publicam sobre o tema de interesse da instituição. Porém, recomenda-se cuidado quanto a sua aplicação para esse fim, uma vez que, na tabela clássica de Bradford é considerada apenas a produtividade absoluta dos periódicos, portanto, não se pode afirmar se aqueles que mais publicam são de fato os mais devotados ao tema desejado.

A metodologia adotada limitou-se aos grupos de pesquisa da área de Ciências da Saúde. No entanto, devido ao caráter multidisciplinar da nanotecnologia, seria interessante a ampliação do corpus de pesquisa para outras áreas do conhecimento.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL - ABDI. **Cartilha Nanociência**. Brasília, 2010a.

\_\_\_\_\_. **Estudo prospectivo de nanotecnologia**. Brasília, 2010b.

\_\_\_\_\_. **Nanotecnologias: subsídios para a problemática dos riscos e regulação**. Brasília, 2011.

\_\_\_\_\_. **Relatório de acompanhamento Setorial - Nanotecnologia na área da saúde: mercado, segurança e regulação**. Brasília, 2013.

ALENCAR, M. S. M; BOCHNER, R.; DIAS, M. F. F. Nanotecnologia em Ciências da Saúde no Brasil: um olhar informétrico sobre os grupos de pesquisa. **Liinc em Revista**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 1, p. 47-65, 2013.

ALENCAR, M. S. M. **Modelo de prospecção de tecnologias portadoras de futuro aplicado à nanotecnologia**. 2008. 193 f. Tese (doutorado em Ciências) - Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

ALVARADO, R. U. A bibliometria no Brasil. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 13, n. 2, p. 91-105, 1984.

\_\_\_\_\_. Elitismo na literatura sobre a produtividade dos autores. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 38, n. 2, p. 69-79, 2009.

ARAÚJO, C. A. Bibliometria: evolução histórica e questões atuais. **Em Questão**, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 11-32, 2006.

BOURDIEU, P. O campo científico. In: ORTIZ, R. (Org.). **Pierre Bourdieu: sociologia**. São Paulo: Ática, 1983. p. 122-155.

DIMER, F. A. et al. Impactos da nanotecnologia na saúde: produção de medicamentos. **Química Nova**, São Paulo, v. 36, n. 10, p. 1520-1526, 2013.

FONSECA, E. N. Bibliografia estatística e bibliometria: uma reivindicação de prioridades. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 2, n. 1, p. 5-7, 1973.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GOUVEIA, F. C. Altmetria: métricas de produção científica para além das citações. **Liinc em Revista**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 1, p. 214-227, 2013.

GOUVEIA, F. C.; LANG, P. Da webometria à altmetria: uma jornada por uma ciência emergente. In: ALBAGLI, S. (Org.). **Fronteiras da ciência da informação**. Rio de Janeiro: IBICT, 2013. p. 172-195.

GUEDES, V. L. da S. A bibliometria e a gestão da informação e do conhecimento científico e tecnológico: uma revisão da literatura. **Ponto de Acesso**, Salvador, v. 6, n. 2, p. 74-109, 2012.

\_\_\_\_\_. **Nominalizações deverbais em artigos científicos**: uma contribuição para a análise e a indexação temática da informação. 2010. 107 f. Tese (Doutorado em Linguística)– Faculdade de Letras, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

LEDESMA, A. R. G. **Metrologia, normalização e regulação de nanomateriais no Brasil**: proposição de um modelo analítico-prospectivo. 2010. 186 f. Dissertação (Mestrado em Pós-graduação em Metrologia, Qualidade e Inovação) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2010.

LUCAS, E. O.; GARCIA-ZORITA, J. C.; SANZ-CASADO, E. S. Evolução histórica de investigação em informetria: ponto de vista. **Liinc em Revista**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 1, p. 255-270, 2013.

MACIAS-CHAPULA, C. A. O papel da informetria e da cienciometria e sua perspectiva nacional e internacional. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 134-140, 1998.

MARICATO, J. M.; NORONHA, D. P. Indicadores bibliométricos e cientométricos em CT&I: apontamentos históricos, metodológicos e tendências de aplicação. In: HAYASHI, M. C. P. I.; LETA, J. (Org.). **Bibliometria e Cientometria**: reflexões teóricas e interfaces. São Carlos: Pedro & João, 2012. v. 1, p. 21-41.

MARICATO, J. M. Procedimentos metodológicos em estudos bibliométricos e cientométricos: opções e reflexões no contexto dos processos de recuperação e organização da informação. In: COSTA, R. L. M. **Estudos contemporâneos em comunicações e artes**: melhores teses e dissertações da ECA/USP, 2010.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E DA TECNOLOGIA - MCT. **Pequeno glossário de nanotecnologia**. Brasília, 2006. Disponível em: <[http://www.mct.gov.br/upd\\_blob/0019/19537.pdf](http://www.mct.gov.br/upd_blob/0019/19537.pdf)>. Acesso em: 25 ago. 2012.

MUELLER, S. P. M. Estudos métricos da informação em ciência e tecnologia no Brasil realizados sobre a unidade de análise artigos de periódicos. **Liinc em Revista**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 1, p. 6-27, 2013.

**Nanotecnologia**: o que é isso? Direção de Zélia Ramos Madeira. Brasília: INCT/Nanotecnologia, [2012?]. 05:59 min. Disponível em: <<http://www.quimica.seed.pr.gov.br/modules/video/showVideo.php?video=18239#>>. Acesso em: 07 mar. 2015.

NORONHA, D. P. ; MARICATO, J. de M. Estudos métricos da informação: primeiras aproximações. **Encontros Bibli**, Florianópolis, n. esp., p. 116-128, 2008.

OLIVEIRA, E. F. T. de; GRACIO, M. C. C. Indicadores bibliométricos em ciência da informação: análise dos pesquisadores mais produtivos no tema estudos métricos na base Scopus. **Perspectivas em Ciência da Informação**, Belo Horizonte, v. 16, n. 4, p. 16-28, 2011.

OTLET, P. O livro e a medida: Bibliometria. Tradução: Alda Baltar. In: FONSECA, E. N. da (Org.). **Bibliometria: teoria e prática**. São Paulo: Cultrix, 1986. p. 19-34. Tradução de: *Le livre et la mesure. Bibliometrie*. Obra original publicada em 1934.

PACHECO, M. A. C. et al. **Uma introdução a nanotecnologia**. Rio de Janeiro: ICA-DEE-PUC-Rio, 2005. Disponível em: <<http://www.eng.uerj.br/~fariasol/disciplinas/Monitoramento%20Ambiental/TEMA/nanotecnologia/usuarios%20nanotecnologia.pdf>>. Acesso em: 03 abr. 2015.

PINHEIRO, L. V. R. Lei de Brandford: uma reformulação conceitual. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 12, n. 2, p. 59-80, 1983.

PYRRHO, M.; SCHRAMM, F. R. A moralidade da nanotecnologia. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 28, n. 11, p. 2023-2033, 2012. Disponível em: <[http://www.scielo.org/scielo.php?pid=S0102-311X2012001100002&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org/scielo.php?pid=S0102-311X2012001100002&script=sci_arttext)>. Acesso em: 15 abr. 2015.

SALAMANCA-BUENTELLO, F. et al. Nanotechnology and the developing world. **PLoS Med**, San Francisco, v. 2, n. 5, p. 97, 2005.

SANT'ANNA, L. S. **Patenteamento em nanotecnologia no Brasil: desenvolvimento, potencialidades e reflexões para o meio ambiente e a saúde pública**. 2013. 208 f. Tese (Doutorado) – Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Rio de Janeiro, 2013.

SANTIN, D. M. Avanços e perspectivas da infometria e dos indicadores multidimensionais na análise de fluxos da informação e estruturas do conhecimento. **Encontros Bibli: revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação**, Florianópolis, v. 16, n. 32, p. 107-122, 2011.

SANTOS, R. N. M.; KOBASHI, N. Y. Bibliometria, cientometria, infometria: conceitos e aplicações. **Tendências da Pesquisa Brasileira em Ciência da Informação**, Brasília, v.2, n.1, p.155-172, jan./dez. 2009.

SARACEVIC, T. **Bibliometrics**. Nova Jérsei: Rutgers University, 2004. 43 slides. Disponível em: <<https://comminfo.rutgers.edu/.../Bibliometrics.ppt>>. Acesso em: 25 mar 2015.

SILVA, D. N. e. **Manual de redação para trabalhos acadêmicos: Position paper, ensaios teóricos, artigos científicos e questões discursivas**. São Paulo: Atlas, 2011.

SPINAK, E. Indicadores cientométricos. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 141-148, maio/ago. 1998.

VANTI, N. A. P. Da bibliometria à webometria: uma exploração conceitual dos mecanismos utilizados para medir o registro da informação e a difusão do conhecimento. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 31, n. 2, p. 152-162, maio/ago. 2002.

\_\_\_\_\_. Os links e os estudos webométricos. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 34, n. 1996, p. 78-88, 2005.

VANZ, S. A. S.; STUMPF, I. R. C. Procedimentos e ferramentas aplicados aos estudos bibliométricos. **Informação & Sociedade: Estudos**, João Pessoa, v. 20, n. 2, p. 67-75, 2010.

TARGINO, M. G. Divulgação de resultados como expressão da função social do pesquisador. **Revista de Biblioteconomia de Brasília**, v. 23/24, n. 3, p. 347-366, 1999/2000. Número especial.