

Nanotecnologia em Ciências da Saúde no Brasil: um olhar informétrico sobre os grupos de pesquisa

Maria Simone de Menezes Alencar^{*}

Rosany Bochner^{**}

Miriam Ferreira Freire Dias^{***}

Resumo Este estudo se propõe a caracterizar a pesquisa em andamento em Nanotecnologia no Brasil relacionada à área da saúde, a partir de dados do Diretório de Grupos de Pesquisa do CNPq. Foi gerada uma lista de 198 nanotermos, que recuperaram um total de 878 grupos de pesquisa, sendo 85 em Ciências da Saúde, com forte predominância da subárea de Farmácia. As regiões Sudeste e Sul concentram 72% dos grupos. Foram identificadas 145 linhas de pesquisa e o Índice de Foco criado permitiu inferir que apenas 11% dos grupos são totalmente dedicados à Nanotecnologia em Saúde.

Palavras-chave Nanotecnologia, Ciências da Saúde, grupos de pesquisa, informetria, mineração de dados

Nanotechnology in Health Sciences in Brazil: an informetric look at research groups

Abstract This study proposes to characterize the ongoing research on health related nanotechnology in Brazil, with data from the CNPq Directory of Research Groups. It generated a list of 198 nano term that yielded a total of 878 research groups, 85 in the Health Sciences, with a strong predominance of the Pharmacy subarea. The Southeast and Southern regions concentrate 72% of the groups. Thus 145 research lines were identified and the Focus Index created allowed to infer that only 11% of the groups are totally dedicated to Nanotechnology in Health.

^{*} Doutora em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos pela Escola de Química da UFRJ. Pesquisadora visitante da Fundação Oswaldo Cruz – Fiocruz / Instituto de Comunicação e Informação Científica e Tecnológica em Saúde – ICICT / Laboratório de Informação Científica e Tecnológica em Saúde (LICTS). Endereço: Av. Brasil, 4365 – Prédio Haity Moussatché, sala 206 – CEP 21045-360 - Rio de Janeiro – RJ. Telefone: (21) 3865-3247. E-mail: salencar@gmail.com

^{**} Doutora em Saúde Pública pela ENSP/Fiocruz. Professora Permanente do Programa de Pós-Graduação em Informação e Comunicação em Saúde (PPGICS/ICICT/Fiocruz). Pesquisadora da Fundação Oswaldo Cruz – Fiocruz / Instituto de Comunicação e Informação Científica e Tecnológica em Saúde – ICICT / Laboratório de Informação Científica e Tecnológica em Saúde (LICTS). Endereço: Av. Brasil, 4365 – Prédio Haity Moussatché, sala 206 – CEP 21045-360 - Rio de Janeiro – RJ. Telefone: (21) 3865-3247. E-mail: rosany@icict.fiocruz.br

^{***} Graduanda de Biblioteconomia da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO) - Bolsista PIBIC/CNPq / Fundação Oswaldo Cruz / Instituto de Comunicação e Informação Científica e Tecnológica em Saúde (ICICT) / Laboratório de Informação Científica e Tecnológica em Saúde (LICTS). Endereço: Av. Brasil, 4365 – Prédio Haity Moussatché, sala 206 – CEP 21045-360 - Rio de Janeiro – RJ. Telefone: (21) 3865-3247. E-mail: miriam.brazil@gmail.com

Keywords Nanotechnology, Health Sciences, research groups, informetrics, data mining

Introdução

O prefixo nano tem origem na palavra grega *vóvoç* (nannos) que significa anão (CUNHA, 2010). Segundo Alencar (2008), “a Nanotecnologia 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, com novas propriedades inerentes as suas dimensões”.

Nesse sentido, a ciência que promete revolucionar a indústria e a medicina nas próximas décadas procura manipular átomos e moléculas e tem como princípio a construção de estruturas e novos materiais a partir destes. Os átomos e as moléculas são medidos em nanômetros, sendo que um nanômetro corresponde à bilionésima parte do metro. Embora conhecidas há muito tempo, foi somente a partir da década de 80 que as partículas atômicas puderam ser visualizadas e manipuladas 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.

O fundamento da Nanotecnologia é a existência de dependência entre a escala de tamanho e as propriedades da matéria. Com o auxílio de tecnologias emergentes é possível criar estruturas inéditas e inimagináveis até bem pouco tempo. Já existem no mercado diversos produtos que são fabricados com componentes nanométricos, entre eles estão chips, sensores, tecidos inteligentes, cosméticos, produtos esportivos, medicamentos e outros.

A nanociência tem sido apontada como uma das áreas de grande potencial para atender os Objetivos do Milênio das Organizações das Nações Unidas (ONU). Salamanca-Buentello et al. (2005) mapearam as dez aplicações mais importantes da Nanotecnologia e de que formas estas podem contribuir para alcançar as metas propostas pela ONU. Dentre estas, três estão relacionadas com a saúde: (i) mapeamento e diagnóstico de doenças; (ii) sistema para liberação de drogas; e (iii) monitoramento da saúde.

Estudo prospectivo dos segmentos industriais impactados pela Nanotecnologia no Brasil indica que medicina e saúde estão em segundo lugar, atrás apenas do setor de material eletrônico e de comunicações (ABDI, 2011).

Para analisar a pesquisa realizada no Brasil em diferentes áreas do conhecimento, o Diretório de Grupos de Pesquisa (DGP), criado em 1992 pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), vem se mostrando uma eficiente base de dados. Campelo (2000) indica esta fonte para coleta de informação sobre pesquisas em andamento no país. O Diretório contém informação acerca dos recursos humanos constituintes dos grupos, linhas de pesquisa, áreas predominantes do conhecimento, setores de aplicação envolvidos, padrões de interação com o setor produtivo, data de criação e de atualização do grupo e instituição onde o grupo encontra-se inserido.

Vários estudos utilizando o DGP para quantificar e qualificar a pesquisa em andamento foram realizados em diferentes temas como Alimentação (PRADO et al., 2011), Cineantropometria (SANTOS et al., 2011), Ecologia (PIVELLO e METZGER, 2007), Economia da Saúde (ANDRADE et al., 2007), Educação Física (DUCA et al., 2011; MARINHO e BARBOSA-RINALDI, 2010), Enfermagem (ALVAREZ e REIBNITZ, 1996; BACKES et al., 2009, 2012; BARBOSA et al., 2009; CHRISTOFFEL et al., 2011; ERDMANN e LANZONI, 2008; ERDMANN et al., 2009, 2010; GOMES et al., 2011; LINO et al., 2010a, 2010b; PADILHA et al., 2012; REIBNITZ, 1995; SCHVEITZER et al., 2011, 2012; SILVA et al., 1996), Envelhecimento (PRADO e SAYD, 2004), Epidemiologia (GUIMARÃES et al., 2001), Gênero e Saúde (AQUINO, 2006), Infância e Educação Infantil (SILVA et al., 2010), Interação Universidade-Empresa (RAPINI, 2007a, 2007b), Lazer (MARINHO et al., 2011; TAVARES et al., 2009), Psicologia Ambiental (PINHEIRO, 2005), Psiquiatria Genética (SALUM et al., 2010), Relações Étnico-Raciais (RIBEIRO, 1999), Reumatologia (ANDRADE, 1999), Saúde Ambiental (FREITAS et al., 2009), Saúde da Mulher (MOREIRA e LOPES, 2007) e Vigilância Sanitária (PEPE et al., 2010). Esses estudos demonstram importância e a validade da aplicação do DGP nas pesquisas.

Dessa forma, com o objetivo de caracterizar a pesquisa em andamento em Nanotecnologia no Brasil relacionada à área da saúde, o DGP será explorado juntamente com técnicas e ferramentas informétricas.

Metodologia

A partir de estratégia de busca utilizada por Alencar et al. (2007), Milanez (2011) e Porter et al. (2008) foi definido um conjunto inicial de palavras-chave relacionadas à Nanotecnologia. Foi realizada busca no Diretório de Grupos de Pesquisa (DGP) do CNPq e os dados básicos sobre os grupos (*nome do grupo, instituição, líder do grupo e área predominante*) foram coletados e armazenados em planilha Excel.

Com base nos grupos recuperados foram identificados novos termos relacionados à Nanotecnologia. Além disso, com o mesmo conjunto inicial de termos, estes traduzidos para o inglês, foi feita busca na *Web of Science*. Os registros foram recuperados e as palavras-chave que continham o prefixo "nano" foram extraídas e analisadas objetivando verter para o português e gerar novos termos a serem usados no DGP.

Nova busca foi realizada com os termos selecionados, ampliando assim o conjunto de grupos de pesquisa identificados, ou seja, através de metodologia de busca em bola de neve (*snow ball*). A busca no DGP é feita nos campos de *nome do grupo, título e palavras-chave* das linhas de pesquisa, tendo sido realizada no período de outubro a dezembro de 2012.

Devido a limitações do motor de busca do DGP não é possível truncamento de termos para recuperação. Por isso, para obter o melhor resultado possível foi necessário elaborar uma estratégia capaz de contemplar os termos no singular, no plural, variações de gênero e com e sem hífen. Por exemplo, para o termo nanoestruturado foi realizada busca com: nanoestruturado, nanoestruturada, nanoestruturados, nanoestruturadas, nano-estruturado, nano-estruturada, nano-estruturados, nano-estruturadas. Cabe destacar que devido a essas limitações o termo nanoestrutura gerou um outro conjunto de palavras-chave, com a mesma lógica apresentada. Tal

recurso foi importante, pois o DGP é auto declaratório, não havendo uma indexação prévia, e por essa razão o pesquisador, ao cadastrar seu grupo, pode utilizar qualquer palavra como descritor.

Na coleta de dados realizada no DGP ocorreram registros duplicados, visto que um mesmo grupo poderia estar relacionado a mais de um termo utilizado na busca. Assim, foi necessário fazer a retirada dessas duplicatas através de recursos de planilha Excel.

Como primeira aproximação foram selecionados os grupos relativos à Grande Área de Ciências da Saúde como recorte para a presente pesquisa. Para estes foram coletados todos os dados disponíveis, incluindo informações sobre suas linhas de pesquisa e relação com o setor produtivo. Os dados foram copiados e transcritos manualmente para planilha Excel. Posteriormente os dados coletados foram importados para o software de mineração de dados VantagePoint®, desenvolvido pela SearchTech. Este software permite a normalização e o tratamento dos dados e também a geração de matrizes e mapas de correlação, úteis para as análises posteriores.

Como o DGP recupera o grupo e todas as suas linhas de pesquisa (LP), sem filtrar aquelas que necessariamente contêm o termo pesquisado, foi criado um método capaz de selecionar as linhas de pesquisa focadas em Nanotecnologia. Para efeito desse trabalho foi considerado que uma LP é focada em Nanotecnologia quando um nanotermoⁱ está presente em algum dos seguintes campos: título, objetivo ou palavras-chave da linha de pesquisa. Esses campos refletem o conteúdo das LP e são diferentes daqueles utilizados pelo motor de busca do DGP para identificar o grupo de pesquisa (*nome do grupo, título e palavras-chave das linhas de pesquisa*).

Esta seleção foi feita através de mineração de dados, com o auxílio do software acima referido.

Foi criado um índice para determinar o grau de envolvimento em Nanotecnologia de cada grupo. Este índice foi denominado Índice de Foco e é calculado pela seguinte expressão:

$IF = (\text{número de linhas focadas}) / (\text{total de linhas de pesquisa})$

Foi analisada a distribuição do IF, sendo aplicado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (CALLEGARI-JACQUES, 2003) com base nesses valores para verificar se havia diferenças estatisticamente significativas entre as regiões geográficas, bem como entre as idades dos grupos de pesquisa.

Com base nas linhas focadas, foram analisados os termos presentes nos campos *título, objetivo e palavras-chave* da linha de pesquisa, chegando a uma lista de termos com suas respectivas frequências nos grupos. Foi analisada a distribuição desses termos por região geográfica, subárea, instituição e idade do grupo de pesquisa.

Grupos de pesquisa relacionados à Nanotecnologia

Com base na metodologia apresentada, foi gerada uma lista de termos relacionados à Nanotecnologia, que foram pesquisados nas diversas formas (singular, plural, feminino, masculino, com e sem hífen). Considerando apenas uma destas formas foram gerados 198

ⁱ Termo relacionado à Nanotecnologia.

termosⁱⁱ, dos quais 128 recuperaram um total de 1.688 grupos de pesquisa, cujos quantitativos por termo são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Termos de busca com respectivo número de grupos de pesquisa identificados.

Termo de busca	No de grupos	Termo de busca	No de grupos
nanotecnologia	249	Nanopolímero	3
nanopartícula	246	Nanoporo	3
nanoestrutura	161	Nanoantena	2
nanocomposito	139	Nanoarquitetura	2
nanomaterial	127	nanobiocomposito	2
nanotubo	116	Nanobiomedicina	2
nanobiotecnologia	47	Nanocanal	2
ponto quântico	35	Nanocatalise	2
nanociência	33	Nanocristalização	2
nanoparticulado	25	Nanoeletrodo	2
nanofibra	22	Nanoengenharia	2
nanoestruturada	20	Nanoforma	2
nanofio	20	nanohidroxiapatita	2
nanocapsula	17	Nanoliquido	2
nanocristal	17	nanomedicamento	2
nanométrica	17	Nanomineral	2
fulereno	15	Nanoorganizado	2
nanoesfera	14	Nanopo	2

ⁱⁱ Os 70 termos que não apresentaram nenhum grupo de pesquisa no período estudado são: nanoabsorvente; nanoalumina; nanoanel; nanobioeletronica; nanobiosensor; nanoborracha; nanocabo; nanocaixa; nanocaneta; nanocapilaridade; nanocarbonitreto; nanochifre; nanocola; nanoconcha; nanocubo; nanodendrito; nanodeposito; nanodifração; nanodosimetria; nanodosimetrico; nanodroga; nanoecotoxicologia; nanoeletromecanica; nanoeletrospray; nanoengenheirado; nanoesferica; nanoespessura; nanofabrica; nanoflagelado; nanofloco; nanofuro; nanogaiola; nanogota; nanografeno; nanogravimetria; nanohelice; nanoheterogeneidade; nanohidrometalurgia; nanoilha; nanoinfiltração; nanointermediário; nanolapis; nanomateriaprima; nanomecatronica; nanomolar; nanomoldada; nanomorfologia; nanomotor; nanopeneira; nanoperola; nanopigmento; nanopipeta; nanoponteira; nanoporosidade; nanoprata; nanoprato; nanoprecipitado; nanoprisma; nanorevestimento; nanorobô; nanorobotica; nanorolo; nanorotulo; nanosela; nanosino; nanotomografia; nanotoxico; nanotubular; nanovalvula; spintronica.

nanoemulsao	13	Nanoprecipitação	2
nanoencapsulação	12	nanoradiofármacos	2
nanosistema	12	Nanorede	2
nanotoxicologia	11	Nanosilica	2
nanoeletronica	10	Nanosonda	2
nanofiltração	10	nanotermodinamica	2
poço quantico	10	Nanovidro	2
nanolitografia	9	quasi-cristais	2
nanofluido	8	Bionanosensor	1
nanoidentação	8	Nanobacteria	1
nanoquimica	8	Nanobastão	1
dendrímero	7	Nanobiologia	1
nanodispositivo	7	Nanocavidade	1
nanofabricação	7	Nanocomplexo	1
nanofase	7	Nanocone	1
nanofotonica	7	Nanocontato	1
nanomedicina	7	Nanocromismo	1
nanosensor	7	Nanodisco	1
optoeletrônica	7	Nanodisperso	1
nanocatalisador	6	Nanoencapsulado	1
nanoliga	6	nanoendoambiental	1
nanocarbono	5	nanofarmaceutico	1
nanocarreador	5	Nanoferramenta	1
nanocosmético	5	Nanofiltro	1
nanodiamante	5	Nanogranular	1
nanofármaco	5	Nanogrão	1
nanofita	5	Nanoimã	1
nanoproduto	5	Nanolipossoma	1
bionanotecnologia	4	Nanomalha	1

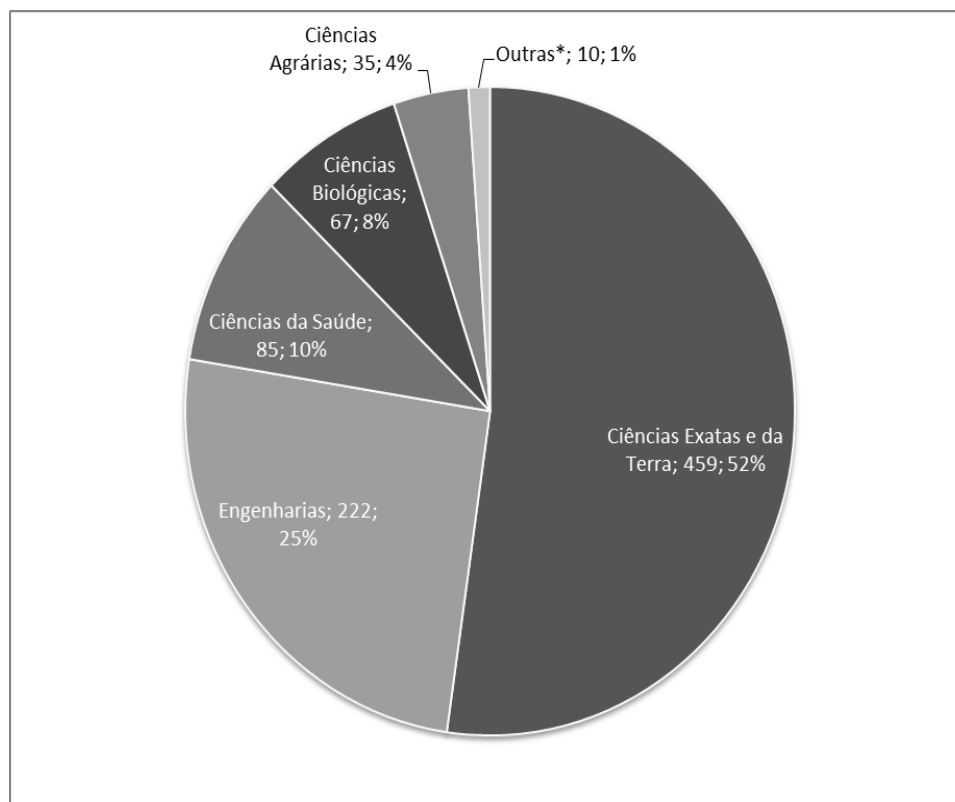
fio quântico	4	nanomanipulação	1
nanoaplicação	4	Nanomatriz	1
nanoargila	4	Nanomolde	1
nanocerâmica	4	Nanootica	1
nanoenergia	4	Nanopadrão	1
nanohíbrido	4	Nanoplaqueta	1
nanoporoso	4	Nanopoluente	1
nanoagregado	3	Nanoponte	1
nanoambiente	3	Nanoreator	1
nano celulose	3	Nanorregulação	1
nanodureza	3	Nanoroda	1
nanoencapsulamento	3	Nanosatélite	1
nanoescala	3	Nanosáude	1
nanogel	3	Nanossegurança	1
nanogerações	3	Nanossuspensão	1
nanomagnetismo	3	Nanotoxicidade	1
nanometrologia	3	Nanotribologia	1
Subtotal (no grupos)	1596	Subtotal (no grupos)	92

Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados no Diretório de Grupos de Pesquisa em out-dez/2012

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.

Os grupos foram classificados considerando as grandes áreas do conhecimento definidas pelo CNPq. Pode-se observar na Figura 1 que mais de 50% dos grupos pertencem a grande área de Ciências Exatas e da Terra.

Figura 1: 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: Elaboração própria a partir de dados coletados no Diretório de Grupos de Pesquisa em out-dez/2012

Com o intuito de aprofundar o estudo das pesquisas em desenvolvimento em Nanotecnologia relacionadas à Saúde, foi feito um recorte dos grupos de pesquisa referentes à grande área de Ciências da Saúde, o que corresponde à 10% do total (Figura 1).

Grupos de pesquisa relacionados à Nanotecnologia em Ciências da Saúde

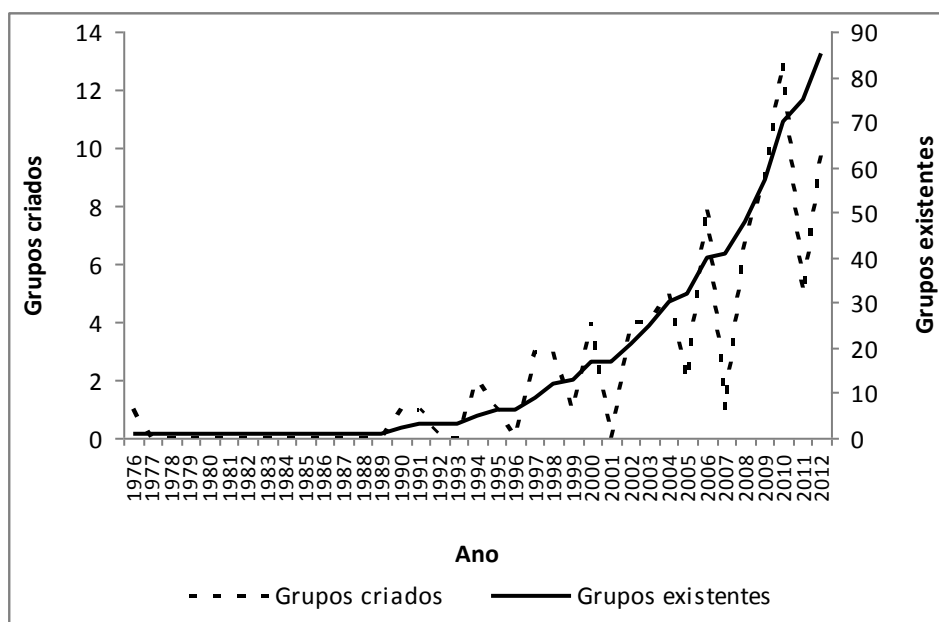
O estudo identificou 85 grupos de pesquisa que atuam com Nanotecnologia na área de Ciências da Saúde, envolvendo 842 pesquisadores, dos quais 132 são líderes de pesquisa. Esse universo agrega 1.123 estudantes e 107 técnicos em 475 linhas de pesquisa. Somente 19 dos 85 grupos de pesquisa apresentaram alguma relação com o setor produtivo, somando 44 organizações.

Cerca de 80% destes grupos estão com as informações atualizadas há menos de 12 meses, indicando que os dados coletados representam uma boa aproximação do cenário de pesquisa na área.

A Figura 2 apresenta a evolução histórica do número de grupos de pesquisa em Nanotecnologia na área de Ciências da Saúde. A curva pontilhada, cuja escala encontra-se no eixo do lado esquerdo, indica o número de GP criados por ano. Observa-se que há picos em anos pares, o que pode ser explicado pela ocorrência de Censos do DGP nesses anos, quando há maior estímulo na criação de grupos. A linha contínua da Figura 2, cuja escala se apresenta no eixo do lado direito, mostra o número acumulado de grupos a cada ano.

Desde 1999 há uma tendência de crescimento que se acentua a partir de 2008, como pode ser observado pela mudança da inclinação da curva. Essa taxa de crescimento de 77% no período de 2008 a 2012 deve estar refletindo os estímulos governamentais ao setor. Nesse período foram criados mais de 50% dos grupos de pesquisa relacionados à Nanotecnologia em Ciências da Saúde existentes no país. O Programa de Ciência, Tecnologia e Inovação para Nanotecnologia no período de 2007-2010 foi composto por um conjunto de ações planejadas no Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação (PACTI) e no PPA 2007-2010, além daquelas propostas pelo Programa de Desenvolvimento Produtivo (PDP), no âmbito do Programa Mobilizador na Área Estratégica de Nanotecnologia. Entre os principais resultados alcançados neste período destacam-se ações com reflexo direto na organização de grupos de pesquisa relacionados à Nanotecnologia: (a) a implantação de seis laboratórios multiusuários de Nanotecnologia; (b) apoio a 175 projetos de pesquisa básica; e (c) o Edital MCT/CNPq nº 74/2010 para seleção pública de propostas para apoio à formação de redes cooperativas de pesquisa e desenvolvimento em Nanociência e Nanotecnologia (BRASIL, 2010).

Figura 2: Evolução histórica dos 85 Grupos de Pesquisa envolvidos com nanotecnologia na área de Ciências da Saúde.



Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados no Diretório de Grupos de Pesquisa em out-dez/2012

Os 85 grupos estão localizados em 47 diferentes instituições de ensino e pesquisa do país. A Tabela 2 apresenta as 18 instituições que possuem pelo menos dois grupos de pesquisa. Essas instituições respondem por 56 grupos de pesquisa (67%), apesar de representarem 38% das instituições. As demais 29 (62%), que abrigam apenas um grupo cada uma, não se encontram apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2: Instituições com dois ou mais grupos de pesquisa de pesquisa envolvidos com nanotecnologia na área de Ciências da Saúde.

Instituição do grupo	No Grupos
Universidade de São Paulo – USP	5
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP	5
Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ	5
Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS	5
Fundação Oswaldo Cruz – FIOCRUZ	4
Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG	4
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE	4
Universidade de Brasília – UnB	3
Universidade Federal Fluminense – UFF	3
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro - IFRJ/Reitoria	2
Universidade Estadual da Paraíba – UEPB	2
Universidade Estadual de Maringá – UEM	2
Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG	2
Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO	2
Universidade Federal de Pelotas – UFPEL	2
Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC	2
Universidade Federal do Piauí – UFPI	2
Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN	2
Subtotal	56

Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados no Diretório de Grupos de Pesquisa.

Na região Sudeste as instituições que lideram são a USP, a UFRJ e a UNESP com cinco grupos de pesquisa cada. Esse resultado pode ser explicado pelo grande investimento que o Estado de São Paulo, através da FAPESP, tem feito em tecnologias emergentes como a Nanotecnologia, bem como pelo fato de a UFRJ ser uma das primeiras instituições brasileiras a oferecer graduaçãoⁱⁱⁱ em Nanotecnologia a partir de 2010. Na Região Sul destaca-se a UFRGS com cinco grupos de pesquisa, na Nordeste a UFPE com quatro, no Centro-Oeste a UnB com três e na Norte as pesquisas estão distribuídas em três diferentes instituições, UFAM, UNIFAP e INPA, com um grupo cada.

É interessante observar que dentre as 12 universidades brasileiras classificadas no Ranking Web of Universities^{iv} divulgado no começo de 2013, apenas duas não estão presentes no universo de grupos de pesquisa em Nanotecnologia e Ciências da Saúde: Unicamp e UFBA. No entanto, ao se observar os grupos de pesquisa em Nanotecnologia como um todo (sem o recorte de Ciências da Saúde), estas instituições estão presentes, com destaque para a Unicamp que se posiciona dentre as 10 com maior número de grupos em Nanotecnologia.

A Unifesp, instituição importante na área das Ciências da Saúde, tem apenas um grupo de nanotecnologia cadastrado nesta área de conhecimento, estando seus demais 10 grupos de pesquisa em nanotecnologia cadastrados em Ciências Exatas e da Terra (6) e Engenharias (4).

A distribuição do número de grupos de pesquisa envolvidos com Nanotecnologia na área de Ciências da Saúde por região e subáreas pode ser observada na Tabela 3. Destacam-se as regiões Sudeste e Sul, com 39 e 22 grupos respectivamente, concentrando juntas quase 60% dos grupos. As demais regiões, Nordeste, Centro-Oeste e Norte, apresentaram 15, 6 e 3 grupos, respectivamente. Esse perfil não destoa das demais áreas de pesquisa no país.

Dentre as subáreas presentes neste levantamento, a Farmácia lidera as pesquisas, com 73% dos grupos de pesquisa, seguida pelas subáreas de Medicina e Odontologia com 9,5% cada e pela de Saúde Coletiva com 8%.

Dentre as nove subáreas das Ciências da Saúde, observou-se que em cinco delas não há grupos de pesquisa em Nanotecnologia identificados: Educação Física, Enfermagem, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Fonoaudiologia e Nutrição. Uma possível explicação seria que essas subáreas estão mais centradas na atenção à saúde e menos em produtos, o que explica também a grande concentração na subárea de Farmácia, que envolve nanopartículas e nanoestruturas para o desenvolvimento de novos fármacos e medicamentos.

Cabe lembrar ainda que esta distribuição foi feita a partir das áreas/subáreas identificadas pelo(a) líder de pesquisa ao cadastrar o grupo no Diretório de Grupos de Pesquisa do CNPq. Pode ocorrer, por exemplo, que uma temática relacionada à Nanotecnologia e Nutrição tenha sido cadastrada na área de Engenharia de Alimentos, devido à afinidade dos pesquisadores com essa área. A metodologia adotada não contempla esta situação e estudos posteriores irão incrementá-la de forma a analisar as outras áreas/subáreas buscando temas relacionados à Saúde e Nanotecnologia.

ⁱⁱⁱ Segundo o site do e-mec, apenas duas instituições estão credenciadas com curso de graduação em Nanotecnologia: a UFRJ e a PUC-Rio com Engenharia de Nanotecnologia.

^{iv} O Ranking Web das universidades, também chamado de Webometrics Ranking é publicado duas vezes ao ano, cobrindo mais de 20.000 instituições de ensino superior em todo o mundo. Disponível em <<http://www.webometrics.info>>. Acesso em 02 abr 2013.

Dentre as quatro subáreas observadas, nem todas estão representadas em todas as regiões do país, com exceção da Farmácia. A Odontologia está presente no Sudeste, Sul e Centro-Oeste; a Medicina no Sudeste, Sul e Nordeste e a Saúde Coletiva no Sudeste, Nordeste e Norte. Além de ser a única a apresentar grupos nas quatro subáreas, a região Sudeste ainda possui o maior número de grupos de pesquisa em todas elas.

Tabela 3: Distribuição do número de grupos de pesquisa envolvidos com nanotecnologia na área de Ciências da Saúde por região e subáreas.

Regiões	Subáreas				Total
	Farmácia	Medicina	Odontologia	Saúde Coletiva	
Sudeste	27	4	4	4	39
Sul	18	1	3	-	22
Nordeste	10	3	-	2	15
Centro-Oeste	5	-	1	-	6
Norte	2	-	-	1	3
Total	62	8	8	7	85

Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados no Diretório de Grupos de Pesquisa.

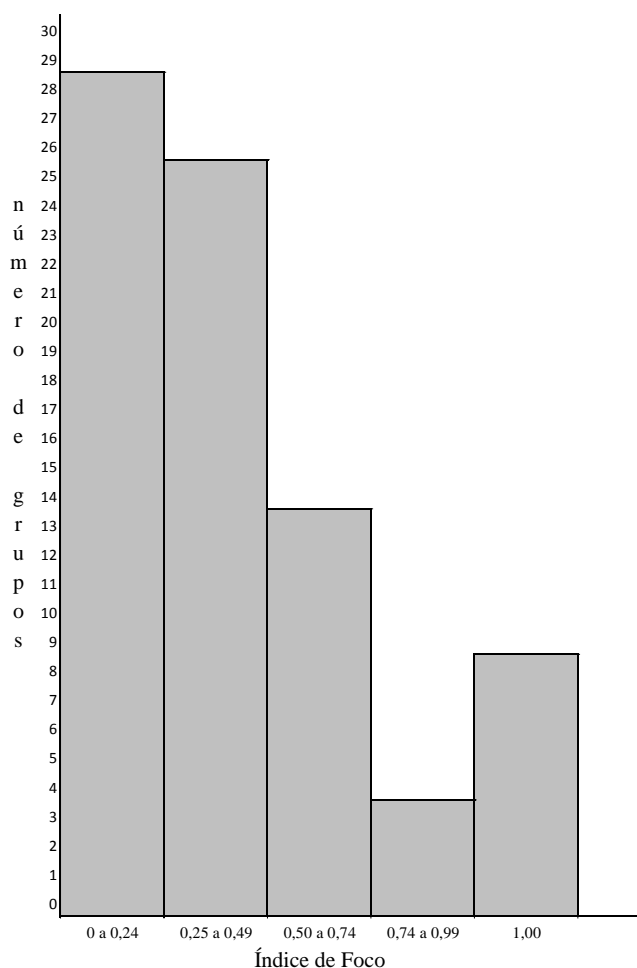
Linhas de Pesquisa relacionadas à Nanotecnologia em Ciências da Saúde

Devido a limitações na ferramenta de busca do DGP, não é possível refinar os resultados online. A busca realizada recupera todas as linhas de pesquisa de cada grupo. No entanto, como nem todas estão relacionadas à Nanotecnologia, foi necessário realizar uma seleção das linhas conforme exposto na metodologia. Essa seleção reduziu o total de 475 linhas de pesquisa para 145, que foram denominadas linhas “focadas”. Essas LP estão agregadas em 82 grupos de pesquisa.

Estes grupos apresentam uma grande amplitude no número de linhas de pesquisa, variando de 1 a 19. Para analisar o grau de envolvimento em Nanotecnologia destes 82 grupos foi calculado o Índice de Foco. A Figura 3 apresenta a distribuição do Índice de Foco desses grupos. Trata-se de uma distribuição assimétrica à direita, com maior concentração de grupos (67%) apresentando índices inferiores a 0,5, o que significa dizer que a maioria dos grupos relacionados a Nanotecnologia em Ciências da Saúde não se dedicam exclusivamente a esse tema. Valores iguais a 1,0 foram considerados “outliers” (valores atípicos) pela técnica de Box-Plot (TUKEY, 1977), indicando que os nove grupos que apresentaram esses valores devem ser analisados separadamente. Esses nove grupos, que consideramos extremamente focados em Nanotecnologia, uma vez que apresentam todas as linhas dedicadas a esse tema, mostraram-se

grupos mais recentes, a maioria criada nos últimos três anos (dois em 2012; um em 2011; três em 2010) e os demais, um em 2008; um em 2004 e um em 1991. Contudo, o teste de Kruskal-Wallis não apresentou diferenças significativas entre os índices de foco ao comparar a data de criação dos grupos (estatística do teste = 11,4276, p-valor = 0,908617). Com relação às regiões geográficas, apesar do teste de Kruskal-Wallis não ter apresentado diferenças significativas entre os índices de foco ao comparar as cinco regiões (estatística do teste = 7,03525, p-valor = 0,134037), apenas as regiões Sudeste, Nordeste e Sul apresentaram grupos com índice de foco igual a 1,0 (cinco na Sudeste, três na Nordeste e um na Sul). Nesses nove grupos, totalmente focados, o total de linhas de pesquisa não passou de três, sendo que todos os grupos da região Nordeste tinham apenas uma linha, os da região Sudeste foram os que apresentaram o maior número de linhas e o único grupo da região Sul apresentou duas linhas.

Figura 3: Distribuição do Índice de Foco referente aos 82 grupos de pesquisa envolvidos com nanotecnologia na área de Ciências da Saúde.



Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados no Diretório de Grupos de Pesquisa.

Temas relacionados à Nanotecnologia em Ciências da Saúde

Visando identificar os temas relacionados à Nanotecnologia em Ciências da Saúde foram identificados os nanotermos presentes nas linhas de pesquisa, nos campos de *título, objetivo e palavras-chave das linhas*.

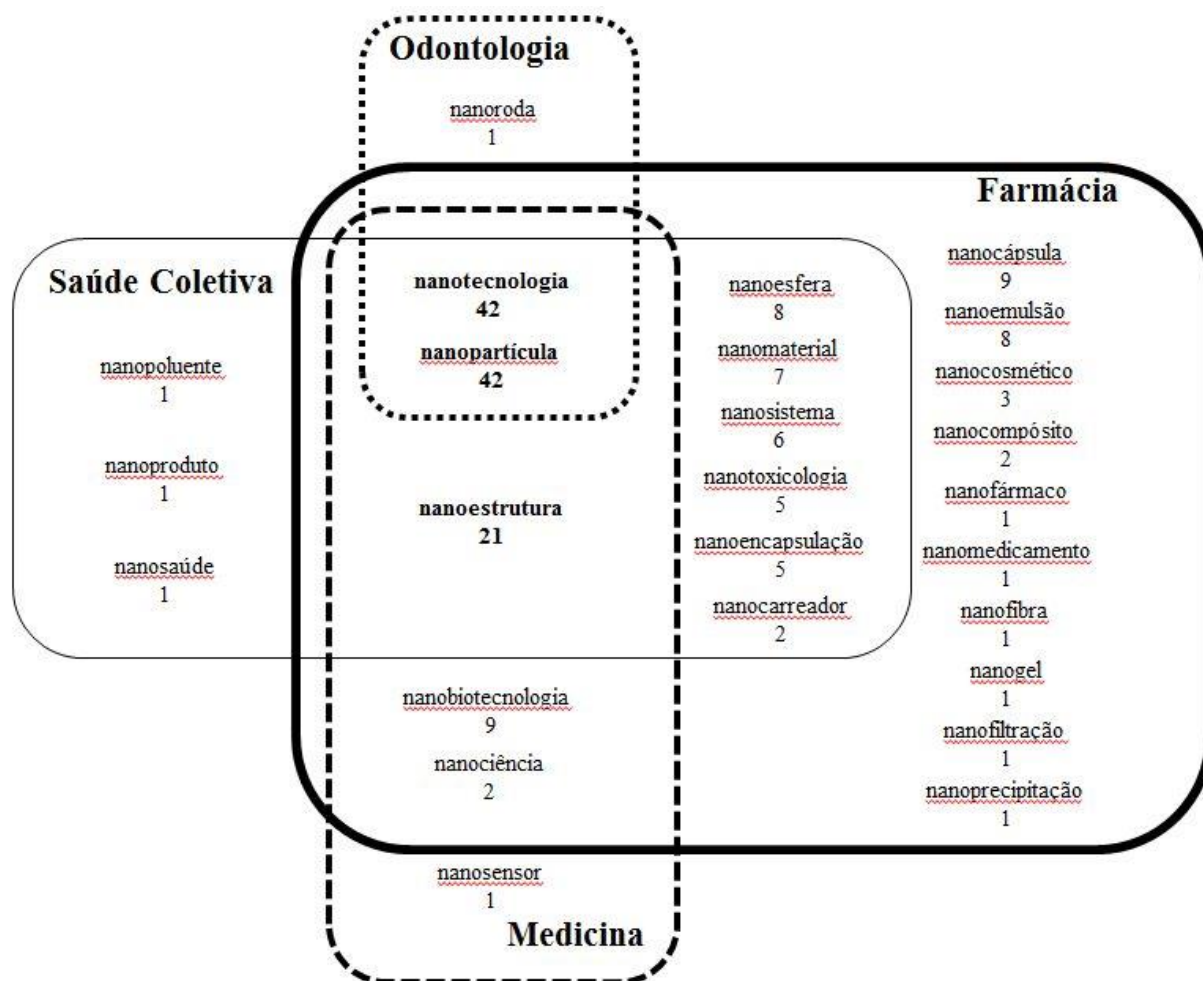
A Figura 4 apresenta um diagrama de Venn que ilustra a distribuição dos termos relacionados à Nanotecnologia em Ciências da Saúde por subárea, com respectivos números de grupos de pesquisa. Os termos com maior número de grupos de pesquisa associados foram nanotecnologia, nanopartícula e nanoestrutura com 42, 42 e 21 grupos, respectivamente. Como termos abrangentes e consolidados na área, sua alta ocorrência é esperada.

Os termos significativos de alta frequência: nanobiotecnologia (9), nanocápsula (9) e nanoemulsão (8) indicam que as pesquisas em desenvolvimento na área de Saúde & Nanotecnologia no país estão mais focadas em fármacos e medicamentos, e na nanobiotecnologia, tendência emergente da junção da Nanotecnologia com a Biotecnologia. Os termos se apresentam nas subáreas de Farmácia e, no caso de biotecnologia também na Medicina. Tal conclusão corrobora a alta frequência (73%) da subárea do CNPq de Farmácia (Tabela 3).

Embora com baixa frequência, os termos nanocosmético (3), nanocompósito (2), nanofármaco (1), nanomedicamento (1) também ajudam a entender em que sentido estão as pesquisas na subárea de Farmácia. Um conjunto significativo de termos de frequência alta está presente tanto na subárea de Farmácia como na Saúde Coletiva: nanoesfera (8), nanomaterial (7), nanosistema (6), nanotoxicologia (5) e nanoencapsulação (5), o que indica que apesar de haver poucos grupos de pesquisa na subárea de Saúde Coletiva, estes estão próximos das pesquisas em Farmácia, sugerindo a possibilidade de redes de pesquisa nesses temas.

As subáreas de Medicina e de Odontologia apresentam apenas uma palavra-chave exclusiva para cada uma delas. Na Medicina há uma ocorrência do termo nanosensor, sugerindo estudos na área de equipamentos médicos. O termo único da Odontologia, nanorods, significa um tipo de morfologia de objetos em nanoescala.

Figura 4: Diagrama de Venn – Distribuição por subárea dos termos à nanotecnologia em Ciências da Saúde com respectivos números de grupos de pesquisa.



Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados no Diretório de Grupos de Pesquisa.

Considerações finais

O trabalho desenvolveu uma metodologia para recuperação abrangente de informações sobre a pesquisa em desenvolvimento no país através do Diretório de Grupos de Pesquisado CNPq. Embora dezenas de estudos tenham sido feitos utilizando esta plataforma, o diferencial deste trabalho é o uso exaustivo de termos de busca, em diferentes formas, buscando minimizar as limitações da ferramenta. Tal desenvolvimento da metodologia foi necessário dado o tema escolhido: Nanotecnologia. Como área disruptiva e interdisciplinar, ainda não possui um conjunto consolidado de palavras-chaves que a represente. A lista de 198 termos utilizados é uma das contribuições desse estudo, sendo inédita em termos de publicação em língua

portuguesa. Em estudos posteriores, poderão servir como parâmetro para avaliar a evolução histórica de setores da Nanotecnologia.

Sendo o foco do trabalho a área de Ciências da Saúde, foram selecionados os grupos deste segmento. No entanto, a Nanotecnologia & Saúde perpassa diversas outras áreas do CNPq. Observou-se que além de subáreas próximas à saúde, como por exemplo, Farmacologia (Ciências Biológicas) e Engenharia Biomédica, em grandes áreas como Ciências Exatas e da Terra também se encontram grupos de interesse para a área da Saúde (Química, Física, etc.). Por essa razão essa abordagem será ampliada em estudos posteriores, já em desenvolvimento.

A pesquisa identificou uma questão relativa ao foco dos grupos de pesquisa, pois encontraram-se grupos com muitas linhas de pesquisa, mas pouco relacionados à Nanotecnologia. Para evitar a distorção da análise foi criado o Índice de Foco. Observou-se que apenas 11% dos grupos de pesquisa identificados são totalmente dedicados à Nanotecnologia. Por outro lado, 67% dos grupos têm menos da metade de suas linhas de pesquisa focados em Nanotecnologia.

Nas Ciências da Saúde a subárea de Farmácia se apresenta de forma preponderante diante das demais. A subárea de Saúde Coletiva agrega sete grupos de pesquisa, o que pode ser considerado um número baixo dada à importância de estudos toxicológicos para o desenvolvimento da Nanotecnologia em saúde no país (Sant'Anna et al., 2012)

Como identificado em outros estudos, o perfil de distribuição geográfica da pesquisa indicou a região Sudeste seguida da região Sul como pontos de maior convergência de pesquisa na área. Dentre as instituições com maior número de grupos de pesquisa, três são do Sudeste e uma do Sul.

Apesar de não esgotar as análises sobre o tema, as informações apresentadas permitem o delineamento da pesquisa em desenvolvimento em Nanotecnologia e saúde no Brasil. O uso do DGP apresenta lacunas, ambigüidades e singularidades que estimulam o desenvolvimento de métodos para aprofundar as análises utilizando outras ferramentas. Os dados coletados mostram-se ricos em informações para estudos posteriores, referentes à interação com o setor produtivo, e servem de base para a utilização de técnicas para identificação da produção científica gerada pelos grupos.

Artigo recebido em 06/02/2013 e aprovado em 05/03/2013.

Referências

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL - ABDI. *Estudo prospectivo de nanotecnologia*. Brasília, 2010.

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

ALVAREZ, A.M.; REIBNITZ, K.S. Grupos de pesquisa. *Texto Contexto Enfermagem*, v. 5, n. esp., p. 147-69, 1996.

ANDRADE, E. I. G. et al. Pesquisa e produção científica em economia da saúde no Brasil. *Revista de Administração Pública*, v. 41, n. 2, p. 211-35, mar./abr. 2007.

ANDRADE, L. E. C. Pronuclear: Projeto de Nucleação de Grupos de Pesquisa em Reumatologia. *Revista Brasileira de Reumatologia*, v. 39, n. 2, p. 62-64, mar./abr. 1999.

AQUINO, E. M. L. Gender and health: profile and trends of the scientific production in Brazil. *Revista Saúde Pública*, v. 40, n. esp., p.1-11, 2006.

BACKES, V. M. S. et al. Grupos de pesquisa de educação em enfermagem da Região Sul do Brasil. *Revista Gaúcha de Enfermagem*, v. 30, n. 2, p. 249-256, jun. 2009.

_____. Grupos de pesquisa de educação em enfermagem do Brasil. *Revista da Escola de Enfermagem USP*, v. 46, n. 2, p. 436-442, abr. 2012.

BARBOSA, S. F. F.; SASSO, G. T. M. D.; BERNES, I. Enfermagem e tecnologia: análise dos grupos de pesquisa cadastrados na Plataforma Lattes do CNPq. *Texto Contexto Enfermagem*, v. 18, n. 3, p. 443-448, jul./set. 2009.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. *Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação: principais resultados e avanços, 2007-2010*. 2010. Disponível em: <http://www.inovacao.unicamp.br/report/inte-PACATI_110207.pdf>. Acesso em: 17 fev. 2013.

CALLEGARI-JACQUES, S. M. *Bioestatística: princípios e aplicações*. Porto Alegre: Artmed, 2003.

CAMPELLO, B. S. Pesquisas em andamento. In: CAMPELLO, B. S.; CENDÓN, B. V.; KEREME, J. M. (Org.). *Fontes de informação para pesquisadores e profissionais*. Belo Horizonte: UFMG, 2000.

CHRISTOFFEL, M. M. et al. Grupos de pesquisas em enfermagem na área do recém-nascido, da criança e do adolescente: perfil e tendência. *Texto Contexto Enfermagem*, v. 20, n. esp., p. 147-55, 2011.

CUNHA, A. G. *Dicionário etimológico da língua portuguesa*. Rio de Janeiro: Lexikon, 2010.

DUCA, G. F. et al. Grupos de pesquisa em cursos de educação física com pós-graduação "stricto sensu" no Brasil: análise temporal de 2000 a 2008. *Revista Brasileira de Educação Física Especial*, v. 25, n. 4, p. 607-617, out./dez. 2011.

ERDMANN, A. L.; LANZONI, G. M. Características dos grupos de pesquisa da enfermagem brasileira certificados pelo CNPq de 2005 a 2007. *Escola Anna Nery Revista Enfermagem*, v. 12, n. 2, p. 316-322, jun. 2008.

_____ et al. Funcionalidade dos grupos de pesquisa de administração/gestão/gerência de enfermagem. *Revista RENE*, v. 11, n. 2, p. 19-26, abr./jun. 2010.

_____. Sistema de cuidados em enfermagem e saúde: as interações vivenciadas nos grupos de pesquisa. *Ciência Cuidado Saúde*, v. 8, n. 4, p. 675-682, out./dez. 2009.

FREITAS, C. M. et al. Quem é quem na saúde ambiental brasileira?: identificação e caracterização de grupos de pesquisas e organizações da sociedade civil. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 14, n. 6, p. 2071-2082, 2009.

GOMES, D. C. et al. Produção científica em educação em enfermagem: grupos de pesquisa Rio de Janeiro e Minas Gerais. *Revista Gaúcha Enfermagem*, v. 32, n. 2, p. 330-337, jun. 2011.

GUIMARÃES, R.; LOURENÇO, R.; COSAC, S. A pesquisa em epidemiologia no Brasil. *Revista Saúde Pública*, v. 35, n. 4, p. 321-40, 2001.

LINO, M. M. et al. Profile of scientific and technological production in nursing education research groups in the south of Brazil. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, v. 18, n. 3, p. 452-458, May/June 2010.

_____. Análise da produção científica dos grupos de pesquisa em educação em enfermagem da região sul do Brasil. *Texto Contexto Enfermagem*, v. 19, n. 2, p. 265-273, abr./jun. 2010.

MARINHO, A.; BARBOSA-RINALDI, I. P. Ginástica: reflexões sobre os grupos de pesquisa cadastrados no diretório do CNPq. *Revista da Educação Física/UEM*, v. 21, n. 4, p. 633-644, 2010.

_____ et al. Grupos de pesquisa em lazer e intercâmbios internacionais. *Licere*, v. 14, n. 3, set. 2011.

MOREIRA, M. A.; LOPES, R. L. M. Grupos de pesquisa no Brasil: a saúde da mulher a partir do tema amamentação. *Online Brazilian Journal of Nursery*, v. 6, n. 2, Aug. 2007.

PADILHA, M. I. et al. Grupos de pesquisa em história da enfermagem: a realidade brasileira. *Revista da Escola de Enfermagem da USP*, v. 46, n. 1, p. 192-199, fev. 2012.

PEPE, V. L. E. et al. A produção científica e grupos de pesquisa sobre vigilância sanitária no CNPq. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 15, supl. 3, p. 3341-3350, nov. 2010.

PINHEIRO, J. Q. O lugar e o papel da psicologia ambiental no estudo das questões humano-ambientais, segundo grupos de pesquisa brasileiros. *Psicologia USP*, v. 16, n. 1/2, p. 103-113, 2005.

PIVELLO, V. R.; METZGER, J. P. Diagnóstico da pesquisa em ecologia de paisagens no Brasil (2000-2005). *Biota Neotropica*, v. 7, n. 3, p. 21-29, 2007.

PRADO, S. D. et al. A pesquisa sobre Alimentação no Brasil: sustentando a autonomia do campo Alimentação e Nutrição. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 16, n. 1, p. 107-119, 2011.

_____; SAYD, J. D. A pesquisa sobre envelhecimento humano no Brasil: grupos e linhas de pesquisa. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 9, n. 1, p. 57-68, 2004.

RAPINI, M. S. Interação universidade-empresa no Brasil: evidência do diretório dos grupos de pesquisa do CNPq. *Estudos Econômicos*, v. 37, n. 1, p. 211-233, jan./mar. 2007.

_____. O diretório dos grupos de pesquisa do CNPq e a interação universidade-empresa no Brasil: uma proposta metodológica de investigação. *Revista da Economia Contemporânea*, v. 11, n. 1, p. 99-117, jan./abr. 2007.

REIBNITZ, K.S. Grupos de pesquisa: o entrelaçar do ensino, pesquisa e extensão. *Texto Contexto Enfermagem*, v. 4, n. esp., p. 187-90, 1995.

RIBEIRO, R.I. Relações étnico-raciais e cidadania: grupos de pesquisa e networks pela transformação de grillhões em alianças. *Revista Brasileira de Crescimento Desenvolvimento Humano*, v. 9, n. 2, p. 1-10, jul./dez. 1999.

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

SALUM, G. A. et al. Emerging research groups studying Brazilian psychiatric genetics. *Revista Brasileira de Psiquiatria*, v. 32, n. 1, p. 91-92, mar. 2010.

SANT'ANNA, L. S.; FERREIRA, A. P.; ALENCAR, M. S. M. Rota de risco da nanotecnologia: uma visão geral. *Revista Uniandrade*, v. 13, n. 3, p. 221-234, set./dez. 2012.

SANTOS, S.F.S. et al. Contribuições da cineantropometria no Brasil: grupos de pesquisa e produção científica. *Revista Brasileira de Crescimento Desenvolvimento Humano*, v. 3, n. 4, p. 306-312, jul./ago. 2011.

SCHVEITZER, M. C. et al. Grupos de pesquisa em educação em enfermagem: caracterização de três regiões brasileiras. *Texto Contexto Enfermagem*, v. 20, n. esp., p. 117-123, 2011.

_____. Grupos de pesquisa em educação em enfermagem: linhas de pesquisa e produção científica em três regiões do Brasil. *Revista Brasileira de Enfermagem*, v. 65, n. 2, p. 332-338, mar./abr., 2012.

SILVA, D. M. G. et al. A produção de conhecimento em enfermagem nos grupos de pesquisa da UFSC. *Texto Contexto Enfermagem*, v. 5, n. esp., p. 189-214, 1996.

SILVA, I. O.; LUZ, I. R.; FARIA FILHO, L. M. Grupos de pesquisa sobre infância, criança e educação infantil no Brasil: primeiras aproximações. *Revista Brasileira de Educação*, v. 15, n.43, p. 84-97, 2010.

TAVARES, G. H. et al. Gestão do lazer: os grupos de pesquisa em foco. *Motriz Revista da Educação Física*, v. 15, n. 3, p. 470-480, jul./set. 2009.

TUKEY, J. W. *Exploratory data analysis*. [S.l.]: Addison-Wesley Publishing Company, 1977.