

INSTITUTO NACIONAL DE PROPRIEDADE INDUSTRIAL

DANIEL GIACOMETTI AMARAL

ESTUDO PROSPECTIVO DO PATENTEAMENTO EM NANOTECNOLOGIA NO
BRASIL: UMA ANÁLISE DA CADEIA DE VALOR

Rio de Janeiro
2016

Daniel Giacometti Amaral

**ESTUDO PROSPECTIVO DO PATENTEAMENTO EM NANOTECNOLOGIA NO
BRASIL: UMA ANÁLISE DE CADEIA DE VALOR**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Propriedade Intelectual e Inovação, da Academia de Propriedade Intelectual, Inovação e Desenvolvimento - Coordenação de Programas de Pós-Graduação e Pesquisa, Instituto Nacional da Propriedade Industrial – INPI, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Propriedade Intelectual e Inovação

Orientadora: Adelaide Maria de Souza Antunes

Coorientadora: Maria Simone de Menezes Alencar

Rio de Janeiro
2016

A485e Amaral, Daniel Giacometti.

Estudo prospectivo do patenteamento em nanotecnologia no Brasil:
uma análise de cadeia de valor. / Daniel Giacometti Amaral. - - 2016.

91 f.

Dissertação (Mestrado Profissional em Propriedade Intelectual e
Inovação) — Academia de Propriedade Intelectual, Inovação e
Desenvolvimento, Coordenação de Programas de Pós-Graduação e
Pesquisa, Instituto Nacional da Propriedade Industrial – INPI, Rio de
Janeiro, 2016.

Orientadora: Adelaide Maria de Souza Antunes

Coorientadora: Maria Simone de Menezes Alencar

1. Nanotecnologia. 2. Cadeia de valor 3. Prospecção Tecnológica. I.
Instituto Nacional da Propriedade Industrial (Brasil).

CDU: 347.771:621.039

Daniel Giacometti Amaral

**ESTUDO PROSPECTIVO DO PATENTEAMENTO EM NANOTECNOLOGIA NO
BRASIL: uma análise de cadeia de valor**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Propriedade Intelectual e Inovação, da Academia de Propriedade Intelectual, Inovação e Desenvolvimento - Coordenação de Programas de Pós -Graduação e Pesquisa, Instituto Nacional da Propriedade Industrial – INPI, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Propriedade Intelectual e Inovação

Aprovada em:

Prof^a. Dra. Adelaide Maria de Souza Antunes (Orientadora)
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

Prof^a. Dra. Maria Simone de Menezes Alencar (Coorientadora)
Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Ricardo Carvalho Rodrigues
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

Prof. Dr. Leonardo da Silva Sant'Anna
Universidade do Estado do Rio de Janeiro

AGRADECIMENTOS

A concretização deste objetivo só foi possível pelo apoio e convívio essenciais de algumas pessoas para as quais registro aqui meus sinceros agradecimentos.

Primeiramente, gostaria de agradecer a Rosely e Isabela por todo carinho, paciência e incentivo incondicionais, não apenas durante este processo, mas em todos os momentos! O apoio de vocês me dá forças para alcançar meus objetivos e seguir em frente.

À Denise e Neimar pela confiança depositada em mim e por terem me permitido buscar meus sonhos, preocupando-se com a minha formação profissional e pessoal. Serei sempre grato por tudo!

Às professoras Adelaide Maria de Souza Antunes e Maria Simone de Menezes Alencar por sua preciosa orientação, apoio e motivação. Meus sinceros agradecimentos por toda atenção despendida. Suas contribuições foram fundamentais para minha formação e para a execução desta dissertação.

Ao Ronaldo pela assistência e incentivo durante esses anos que me tornaram um profissional melhor. Meus sinceros agradecimentos pelo apoio. Aos meus queridos companheiros da NanoBusiness pela torcida e motivação tão importantes.

Por fim, agradeço a todos os amigos, especialmente André, Daniel e Pedro, pelo apoio e compreensão pelos momentos em que precisei me ausentar para concretizar esse objetivo.

Compartilho com vocês a felicidade de ter concluído mais esta etapa.

Obrigado a todos!

Giacometti, Daniel. **Estudo prospectivo do patenteamento em nanotecnologia no brasil: uma análise da cadeia de valor.** Rio de Janeiro, 2016. Dissertação (Mestrado Profissional em Propriedade Intelectual e Inovação) - Academia de Propriedade Intelectual, Inovação e Desenvolvimento, Coordenação de Programas de Pós-Graduação e Pesquisa, Instituto Nacional da Propriedade Industrial – INPI, Rio de Janeiro, 2016.

RESUMO

Este estudo prospectivo dos depósitos de patente em nanotecnologia no Brasil envolve a classificação das patentes identificadas a partir de uma abordagem de análise da cadeia de valor da nanotecnologia estruturada nos elos nanoinssumos, nanointermediários, nanoprodutos e em instrumentação. Com base em uma proposta de metodologia para recuperação de patentes em nanotecnologia baseada em diferentes abordagens, identificou-se 2814 depósitos no Brasil entre 2004 e 2013. Os resultados da pesquisa fornecem uma visão holística do cenário tecnológico brasileiro mapeando a evolução do patenteamento, os principais países de origem dos depósitos e os principais atores e sua natureza institucional, além dos campos tecnológicos específicos associados as patentes depositadas no país. Foi observado um indício de queda no número de depósitos a partir de 2008, o qual pode ser atribuído a existência de uma limitação de dados disponíveis em função do atraso na publicação de depósitos de patente no INPI realizados por meio do PCT desde 2006. A classificação dos documentos de patente entre os estágios da cadeia de valor da nanotecnologia evidenciou que os nanointermediários concentram a maior parte do conjunto analisado. A concentração de depósitos de não residentes nos elos de nanointermediários e nanoprodutos indica uma potencial fragilidade para o Brasil, além de retratar uma maior apropriação dos mercados de alto valor agregado do ponto de vista da comercialização da nanotecnologia, prejudicando a disseminação dos benefícios do avanço da área no país.

Palavras-chave: Nanotecnologia; Cadeia de valor; Prospecção tecnológica.

Giacometti, Daniel. **Estudo prospectivo do patenteamento em nanotecnologia no brasil: uma análise da cadeia de valor.** Rio de Janeiro, 2016. Dissertação (Mestrado Profissional em Propriedade Intelectual e Inovação) - Academia de Propriedade Intelectual, Inovação e Desenvolvimento, Coordenação de Programas de Pós-Graduação e Pesquisa, Instituto Nacional da Propriedade Industrial – INPI, Rio de Janeiro, 2016.

ABSTRACT

This research presents an overview of the nanotechnology patenting landscape in Brazil based in a value chain framework to classify the identified documents into four categories: nanomaterials, nanointermediates, nano-enabled products and tools. By combining three different search strategy approaches, 2814 nanotechnology patents filings were identified over the period 2004 to 2013. The study provides a holistic view of the Brazilian scenario based on patent technology indicators. A strong decrease in the number of patents filed is observed in the years following 2008, which could be explained by a limitation of available data as a consequence of an unusual delay in the publication of PCT patent filings in Brazil. The classification of the retrieved patents based on the nanotechnology value chain framework shows that the most of the documents are concentrated in the nanointermediates stage. The concentration of patents filed by non-residents in the nanointermediates and nano-enabled products stages creates a potential fragile position for Brazilian technology development.

Key-words: Nanotechnology; Value chain; Technology prospection.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Etapas processuais da tramitação de um pedido PCT	62
Figura 2 - Cadeia de valor da nanotecnologia.....	71

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Evolução temporal dos depósitos de patente em nanotecnologia por ano de prioridade [2004-2013]	58
Gráfico 2 - Evolução temporal dos depósito de patente em nanotecnologia realizados por meio do PCT por ano de prioridade [2004-2013]	61
Gráfico 3 - Origem dos documentos de patente em nanotecnologia depositados no Brasil no período 2004-2013	66
Gráfico 4 - Distribuição dos depósitos de patente em nanotecnologia depositados no Brasil por natureza institucional do requerente [2004-2013]	67
Gráfico 5 – Distribuição dos depósitos de patente entre os quatro estágios da cadeia de valor da nanotecnologia	72
Gráfico 6 - Distribuição dos depósitos de patente entre os quatro estágios da cadeia de valor da nanotecnologia (residentes e não residentes)	74
Gráfico 7 - Distribuição dos depósitos de patente por natureza do requerente e elo da cadeia de valor da nanotecnologia	75

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Número de projetos e montante de recursos relacionados à nanotecnologia - programas de subvenção econômica da Finep	24
Quadro 2 - Estratégia de busca modular.....	46
Quadro 3 - Comparação entre as abordagens utilizadas na estratégia de busca	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Lista e descrição dos códigos manuais da Derwent utilizados na estratégia de busca	42
Tabela 2 - Grupos de termos de exclusão	47
Tabela 3 - Influência das abordagens de sistema de classificação na estratégia de busca	52
Tabela 4 - Conjunto de termos característicos dos estágios da cadeia de valor	56
Tabela 5 - Instituições depositantes com mais de 10 patentes em nanotecnologia no Brasil [2004-2013]	68
Tabela 6 - Distribuição dos documentos de depósitos em nanotecnologia no Brasil por seção da CIP	69
Tabela 7 - Subclasses da CIP mais frequentes nos depósitos de patente em nanotecnologia no Brasil [2004-2013]	70
Tabela 8 - Empresas brasileiras depositantes de patentes em nanoprodutos.....	76
Tabela 9 – Subgrupos da CIP mais frequentes nos depósitos de patente em nanotecnologia no Brasil	78

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. QUESTÃO DE PESQUISA	4
1.2. OBJETIVOS	6
1.3. JUSTIFICATIVA	6
1.4. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	7
2. NANOTECNOLOGIA: DESAFIOS E OPORTUNIDADES	9
2.1. O RECENTE AVANÇO DA NANOTECNOLOGIA	9
2.2. NANOTECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO	12
2.3. A NANOTECNOLOGIA NO BRASIL: PERSPECTIVAS PARA DISCUSSÃO	17
2.4. POLÍTICAS PÚBLICAS PARA NANOTECNOLOGIA NO BRASIL.....	19
3. O USO DE INDICADORES BIBLIOMÉTRICOS PARA AVALIAÇÃO DO AVANÇO TECNOLÓGICO	26
3.1. PATENTES E O SISTEMA DE PROTEÇÃO À PROPRIEDADE INDUSTRIAL .	28
3.1.1. As funções da patente: proteção e fonte de informação	29
3.1.2. Acesso a bases de dados de patentes	30
3.1.3. Busca e recuperação de informação de patentes	31
3.2. A RECUPERAÇÃO DE INFORMAÇÃO EM NANOTECNOLOGIA	32
4. METODOLOGIA	39
4.1. ETAPAS E PROCEDIMENTOS GERAIS	39
4.1.1. Primeira etapa: busca e recuperação dos documentos de patente.....	39
4.1.2. Segunda etapa: Tratamento dos dados	48
4.1.3. Terceira etapa: Classificação dos documentos recuperados	48
4.1.4. Quarta etapa: análise de dados.....	50
4.2. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA.....	50
4.2.1. Busca e recuperação dos documentos de patente	50
4.2.2. Tratamento dos dados	55
4.2.3. Classificação dos documentos recuperados	55
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
5.1. INDICADORES TECNOLÓGICOS DO PATENTEAMENTO EM NANOTECNOLOGIA NO BRASIL.....	57
5.1.1. Evolução temporal do patenteamento em nanotecnologia no Brasil.....	57
5.1.2. Análise geográfica e principais depositantes de patentes em nanotecnologia no Brasil.....	65

5.1.3. Áreas de conhecimento a partir da classificação das patentes	69
5.2. POSICIONAMENTO NA CADEIA DE VALOR DA NANOTECNOLOGIA.....	71
5.2.1. Depósitos de residentes e não residentes entre os elos da cadeia de valor da nanotecnologia	73
5.2.2. Posicionamento brasileiro no patenteamento em nanotecnologia	75
6. CONCLUSÃO	82
7. RECOMENDAÇÕES.....	88
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	89

1. INTRODUÇÃO

A nanotecnologia tem recebido especial atenção no mundo e também Brasil nos últimos anos, ao passo que sua importância vem se tornando cada vez mais evidente no cenário econômico mundial em função de suas potenciais aplicações tecnológicas. O avanço na manipulação de materiais em escala atômica e molecular permitiu expandir os horizontes para criação de produtos e processos com novas características relacionadas às suas propriedades diferenciadas na escala nanométrica, gerando expectativas otimistas acerca de seu futuro.

Segundo estimativas conservadoras, o mercado global de nanotecnologia teria alcançado receitas de US\$ 22,9 bilhões em 2013, crescendo para US\$ 26 bilhões em 2014. As projeções para os próximos anos indicam que esse número deve alcançar US\$ 64,2 bilhões em 2019 a uma taxa anual de crescimento esperada de 19,8% entre 2014 e 2019 (BCC Research, 2014).

Neste contexto, a nanotecnologia destaca-se como um dos principais focos de atividade em Ciência, Tecnologia e Inovação (C,T&I) na atualidade e um dos campos tecnológicos de maior potencial para as próximas décadas. O crescente interesse e o rápido avanço das pesquisas indicam que sua utilização deve trazer impactos científicos e econômicos significativos, os quais passam pelo ganho de eficiência e melhoria de tecnologias já desenvolvidas, além de gerar uma nova gama de aplicações que se tornam possíveis a partir da manipulação e controle de processos na escala atômica e molecular.

De acordo com a *International Standards Organization*¹ (ISO), a definição da nanotecnologia contemplaria no mínimo um dos seguintes aspectos: (i) entendimento e controle da matéria e processos em nanoscalas, tipicamente, mas não exclusivamente, abaixo de 100 nanômetros em uma ou mais dimensões, onde o aparecimento de fenômenos dependentes de tamanho permite novas aplicações; e

¹ A *International Standards Organization* é uma organização independente e não-governamental que conta com a participação de entidades membros de 162 países, atuando nas áreas de padronização e normalização com o intuito de promover discussões para elaboração de normas internacionais em todos os campos técnicos.

(ii) utilização das propriedades dos materiais em nanos escala que são diferentes das propriedades dos átomos individuais, moléculas, ou dos materiais macroscópicos, criando materiais, dispositivos e sistemas melhores que exploram essas novas propriedades (ISO, 2015).

Ainda que tal definição seja bastante elucidativa e adotada por diversos países que compõem os grupos que discutem o tema no âmbito da Organização², ainda não existe um consenso claro em torno da definição sobre o que constitui a nanotecnologia ou a nanos escala. De fato, observa-se a existência de um constante debate em torno desta definição, demonstrando não haver um consenso sobre este tema de grande complexidade.

Além do entendimento da ISO, outra definição de nanotecnologia bastante difundida é a apresentada pela *National Nanotechnology Initiative* (NNI), programa criado pelo governo norte-americano que atua na articulação do desenvolvimento da área no país, financiando projetos de pesquisa e promovendo a cooperação e colaboração entre diferentes órgãos. De acordo com seu conceito:

“A nanotecnologia é a compreensão e controle da matéria na escala nanométrica, em dimensões entre cerca de 1 e 100 nanômetros (nm), onde fenômenos únicos permitem novas aplicações. Englobando ciência, engenharia e tecnologia em nanos escala, a nanotecnologia envolve a visualização, medição, modelagem e manipulação da matéria nessa escala de comprimento” (NNI, 2015).

Como destacam as definições da ISO e da NNI, o conceito de nanotecnologia não se resume apenas ao tamanho ou escala, mas engloba também propriedades físicas, químicas, biológicas e ópticas únicas que emergem naturalmente na escala nanométrica, bem como a capacidade de manipulação e controle desses efeitos. Ainda que não haja um consenso sobre todos os aspectos que permeiam tal entendimento, as linhas gerais de discussão tendem a seguir esta concepção dual.

Além disso, deve-se ressaltar que diversas discussões abordam a “nanociência” e a “nanotecnologia” distintivamente. Enquanto a primeira estaria diretamente voltada para o estudo dos fenômenos relacionados à escala nanométrica,

² Atualmente 36 países participam dos grupos de discussão relacionados a ISO/TC 229 Nanotechnologies, além de 14 países observadores (ISO, 2015).

a segunda estaria relacionada a manipulação de materiais em dimensões nanométricas para criação ou aprimoramento de produtos e processos (RAMSDEN, 2005). Ainda que se faça tal distinção, ambas áreas estão intrinsecamente ligadas de modo que, para fins práticos, esta dissertação aborda somente o termo nanotecnologia ao longo da discussão sem que se perca a referência à nanociência.

No Brasil, a nanotecnologia foi indicada pela primeira vez como um dos focos da política do governo para o desenvolvimento competitivo da indústria ao ser inserida como uma das atividades portadoras de futuro na Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE), lançada em 2004. Desde então, a mesma tem recebido especial atenção enquanto importante área para a economia nacional, ocupando um papel de destaque também no Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação 2007-2010 (PACTI) e na Política de Desenvolvimento Produtivo 2008 (PDP), bem como em seus sucedâneos, sendo estes a Estratégia Nacional para Ciência, Tecnologia e Inovação 2012-2015 e o Plano Brasil Maior lançado em agosto de 2011.

O avanço da incorporação da nanotecnologia no âmbito das políticas públicas brasileiras tornou-se ainda mais relevante a partir da apresentação da Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia (IBN) em 2013 pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). A iniciativa oficializou uma série de ações com o objetivo de criar, integrar e fortalecer as atividades governamentais e sua interação com o setor privado para promover o desenvolvimento científico, tecnológico e a inovação na área de nanotecnologia. Entre os principais desafios a serem enfrentados está a aproximação entre a infraestrutura acadêmica e de pesquisa e as empresas brasileiras, fortalecendo a relações entre pesquisa, conhecimento e setor privado no país.

Apesar dos grandes avanços nas pesquisas científicas brasileiras, a produção e comercialização de produtos com nanotecnologia nacional ainda são pouco expressivas quando comparadas a países cujas indústrias apresentam elevado grau de desenvolvimento. Levando-se em conta que a nanotecnologia se apresenta como uma tecnologia emergente com grande potencial futuro e ainda sem domínio tecnológico, o desenvolvimento de competências internas na área pode contribuir

para transformação do Brasil em um país científico, tecnológico e economicamente competitivo em nível mundial no que se refere a geração e utilização de tecnologias na escala nanométrica como um dos principais motores de desenvolvimento econômico e social (PLENTZ & FAZZIO, 2013).

Tendo em vista a crescente importância desse campo tecnológico, esta pesquisa visa o desenvolvimento de um estudo prospectivo da nanotecnologia no Brasil tendo como objetivo identificar o posicionamento dos depósitos de patente realizados no país, sejam estes de residentes ou não residentes, a partir de uma estrutura de análise de cadeia de valor da nanotecnologia.

1.1. QUESTÃO DE PESQUISA

Não obstante o recente avanço da nanotecnologia no Brasil, o número de trabalhos acadêmicos dedicados a compreender a dinâmica e a estrutura desse campo tecnológico emergente no país ainda se mostra modesto. A tal constatação soma-se ainda o fato da maior parte destes estudos terem como foco principal o cenário brasileiro a partir de uma perspectiva científica e acadêmica, restando um número insuficiente trabalhos que busquem compreender o posicionamento competitivo do país em termos de desenvolvimento tecnológico.

Neste contexto, deve-se destacar as importantes iniciativas do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos³ (CGEE) e da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial⁴ (ABDI) voltadas para a elaboração de estudos com foco em nanotecnologia. Desde 2008, as instituições já realizaram e tornaram públicos diversos trabalhos que buscam compreender o cenário tecnológico e inovativo da

³ O CGEE é uma associação privada sem fins lucrativos, fundada em setembro de 2001 e ligada ao MCTI, tendo como objetivos promover e realizar estudos e pesquisas prospectivas de alto nível nas áreas de educação, ciência, tecnologia e inovação e suas relações com setores produtores de bens e serviços; promover e realizar atividades de avaliação de estratégias e de impactos econômicos e sociais das políticas, dos programas e projetos científicos, tecnológicos, de inovação e de formação de recursos humanos; difundir informações, experiências e projetos à sociedade; promover a interlocução, articulação e interação dos setores de educação, ciência, tecnologia e inovação com o setor empresarial; desenvolver atividades de suporte técnico e logístico a instituições públicas e privadas; e prestar serviços relacionados à área de atuação.

⁴ A ABDI foi criada pelo governo federal em 2004 com o objetivo de promover a execução da política industrial, em consonância com as políticas de ciência, tecnologia, inovação e de comércio exterior (Lei 11.080). Ligada ao Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC), atua como elo entre o setor público e privado, contribuindo para o desenvolvimento sustentável do País por meio de ações que ampliem a competitividade da indústria.

nanotecnologia no país, fornecendo subsídios importantes para seu avanço. Os documentos incluem estudos setoriais focados em segmentos específicos, estudos prospectivos com visão de longo prazo e trabalhos de caráter informativo, todos contribuindo para a disseminação de informação no país e para tomada de decisão do governo brasileiro e de outros atores interessados⁵.

Esforços direcionados a análise do patenteamento em nanotecnologia podem elucidar importantes aspectos do contexto brasileiro, contribuindo para o melhor entendimento de suas características e particularidades. O levantamento e análise de tais informações estratégicas mostra-se relevante não apenas do ponto de vista científico e tecnológico, mas também político e econômico. Assim, a presente dissertação aborda o cenário do patenteamento em nanotecnologia no Brasil a partir de uma perspectiva de análise de cadeia de valor, buscando contribuir para o preenchimento da lacuna existente no estudo do desenvolvimento brasileiro nesse campo tecnológico.

A primeira discussão sobre uma estrutura de cadeia de valor da nanotecnologia foi apresentada em relatório divulgado pela empresa de consultoria Lux Research em 2004 intitulado “*Sizing Nanotechnology's Value Chain*”, o qual propõe uma categorização em quatro elos fundamentais: nanoinssumos, nanointermediários, nanoprodutos e nanoinstrumentos. Em sua essência, o modelo permite rastrear o desempenho de empresas envolvidas na comercialização de soluções nanotecnológicas, bem como a compreensão dos setores industriais impactados por seu avanço.

Posteriormente, a noção de cadeia de valor acima retratada serviu de referência para o desenvolvimento de estudos acadêmicos mais aprofundados, os quais partiram da abordagem proposta para criar novos níveis de análise. Entre estes, destaca-se o de Alencar, Antunes & Porter (2007) que propõe a utilização da estrutura para a

⁵ Entre os trabalhos elaborados em parceria entre a ABDI e o CGEE podem ser destacados o Estudo Prospectivo da Nanotecnologia (2010) e o Panorama da Nanotecnologia (2010). Outros estudos elaborados pela ABDI incluem: Cartilha sobre Nanotecnologia (2011); Nanotecnologias: subsídios para a problemática dos riscos e regulação; Panorama de Patentes de Nanotecnologia (2011); Nanotecnologia na Área da Saúde: Mercado, Segurança e Regulação (2013).

avaliação do posicionamento de países entre os elos da cadeia de valor, adotando um outro nível de análise não mais restrito a empresas ou indústrias específicas, como usual nos estudos prospectivos.

Seguindo esta linha, a presente dissertação parte da proposta de cadeia de valor da nanotecnologia para analisar os depósitos de patente no Brasil, buscando responder a seguinte questão: a partir da análise da dinâmica do patenteamento no Brasil, como estão distribuídos os depósitos de patente entre os diferentes elos da cadeia produtiva de valor da nanotecnologia?

1.2. OBJETIVOS

A presente dissertação tem como objetivo geral o desenvolvimento de um estudo prospectivo dos depósitos de patente em nanotecnologia no Brasil entre 2004 e 2013, sejam estes de residentes ou não residentes, permitindo uma avaliação da concentração de patentes em termos da cadeia de valor da nanotecnologia estruturada nos elos nanoinssumos, nanointermediários, nanoproductos e em instrumentação.

No que se refere aos objetivos específicos, pretende-se:

- Mapear a evolução do patenteamento em nanotecnologia no Brasil entre 2004 e 2013;
- Identificar os principais depositantes e sua natureza;
- Analisar os documentos de patentes recuperados e classificá-los em função do posicionamento na cadeia produtiva de valor da nanotecnologia (nanoinssumos, nanointermediários, nanoproductos e instrumentação);

1.3. JUSTIFICATIVA

A escolha da nanotecnologia mostra-se relevante por ser parte da política industrial do Brasil e um setor estratégico para o desenvolvimento do país. A definição da nanotecnologia como área estratégica para o governo reflete a perspectiva de que os produtos desenvolvidos na escala nanométrica apresentem um desempenho aprimorado e ganhem novas funcionalidades, favorecendo à

competitividade de diversos setores da indústria brasileira (FIRJAN, 2011).

O lançamento da Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia em 2013 retrata a percepção do MCTI no que se refere a importância do tema para o Brasil no longo prazo. No entanto, o desenvolvimento de políticas públicas efetivas para promover esse campo tecnológico emergente mostra-se complexo, sendo necessárias amplas discussões e estudos acadêmicos específicos que possam contribuir com a elaboração de estratégias voltadas para o contexto e particularidades do país. Assim, a presente pesquisa mostra-se relevante ao contribuir para o avanço dos estudos do tema, possibilitando um melhor entendimento do cenário brasileiro e do potencial impacto da nanotecnologia para o desenvolvimento tecnológico, econômico e social do país no longo prazo, bem como seus principais desafios.

Em especial, a proposta de uma análise de cadeia de valor pode indicar aspectos importantes da estrutura e dinâmica do patenteamento em nanotecnologia no Brasil, contribuindo para a discussão de iniciativas específicas no âmbito das políticas públicas no país.

1.4. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Este trabalho está estruturado em seis capítulos, sendo o primeiro o introdutório. O Capítulo 2 é dedicado a revisão de literatura sobre a nanotecnologia, incluindo o panorama de seu avanço recente e sua relação com o desenvolvimento. Além disso, duas seções do capítulo são dedicadas ao contexto da nanotecnologia no Brasil e às políticas públicas desenhadas no país para promover esse campo tecnológico emergente. O Capítulo 3 aborda os princípios do sistema de patentes e as funções deste instrumento, bem como o uso de indicadores bibliométricos para a avaliação do avanço tecnológico, ressaltando sobretudo a recuperação da informação em nanotecnologia.

A metodologia da pesquisa é apresentada no Capítulo 4, o qual inclui as etapas propostas e o detalhamento de sua aplicação para os fins desta dissertação. O Capítulo 5 apresenta a discussão dos resultados obtidos. Por fim, as conclusões e

recomendações para trabalhos futuros são apresentadas no Capítulo 6, seguido das referências bibliográficas.

2. NANOTECNOLOGIA: DESAFIOS E OPORTUNIDADES

Este capítulo tem como objetivo apresentar uma visão geral sobre a relevância da nanotecnologia na atualidade. Para tanto, são abordados aspectos relacionados a sua crescente relevância no âmbito das políticas públicas de diversos países e a relação entre nanotecnologia e desenvolvimento, além da contextualização do cenário brasileiro e das políticas públicas do país voltadas para a área.

2.1. O RECENTE AVANÇO DA NANOTECNOLOGIA

Em sua essência, a nanotecnologia apresenta-se como uma plataforma tecnológica com aplicação em diversos setores industriais, o que faz com que seu desenvolvimento desperte o interesse não apenas de empresas e instituições de pesquisa ao redor do mundo, mas também de governantes de diferentes países determinados a explorarem as oportunidades que se apresentam.

A nanotecnologia envolve diferentes disciplinas no âmbito da ciência e da engenharia, contemplando um grupo heterogêneo e diverso de tecnologias que devem revolucionar muitos aspectos da vida cotidiana. Seu avanço irá contribuir para o ganho de eficiência e escalonamento de tecnologias já desenvolvidas, além de gerar uma nova gama de aplicações que se tornam possíveis com a manipulação e controle de processos na escala atômica e molecular. Com isso, acredita-se que a nanotecnologia possa gerar novas soluções mais eficientes para diversos desafios hoje enfrentados pela sociedade.

Como destacado anteriormente, não existe ainda um consenso acerca do que seria de fato a nanotecnologia em uma esfera conceitual, o que contribui para uma relativa imprecisão quando se busca definir este termo. De modo geral, as definições mais populares são aquelas que não se limitam apenas ao tamanho ou escala (tipicamente abaixo de 100 nanômetros), mas englobam também as propriedades físicas, químicas, biológicas e ópticas únicas que emergem naturalmente na escala nanométrica, bem como a capacidade de manipulação e controle desses efeitos (ISO, 2015; NNI, 2015).

Em 2004, a *National Science Foundation*⁶ (NSF) apresentou um importante relatório indicando que o avanço da nanotecnologia deveria seguir quatro estágios básicos de desenvolvimento ligados a complexidade e evolução temporal de técnicas de manipulação e controle de processos na escala nanométrica, sendo estes:

- 1) **Nanoestruturas passivas:** materiais com estruturas e funções bem definidas que apresentam novas propriedades na escala nanométrica e são utilizadas como componentes em outros produtos, como a adição de nanopartículas de óxido de zinco em filtros solares que permitem potencializar a ação refletora da radiação ultravioleta;
- 2) **Nanoestruturas ativas:** materiais que, na escala nano, alteram seu tamanho, forma, ou outra propriedade durante seu uso de forma inteligente, como o caso de sistemas de liberação de fármacos nanoestruturados que circulam pelo organismo atuando apenas no local do tecido lesionado;
- 3) **Nanosistemas integrados:** materiais com controle em escala nano de sua estrutura que apresentam ganho ou mudança de função, agindo, analogamente, a um tecido especializado como a construção de filmes-finos auto-limpantes;
- 4) **Nanosistemas moleculares:** sistemas complexos formados a partir da montagem de outras nanoestruturas, capazes de se organizar e construir nanodispositivos ou máquinas moleculares, semelhante a auto-organização de proteínas no funcionamento celular.

As quatro fases de desenvolvimento da nanotecnologia indicadas pela NSF possuem características cumulativas e dariam origem a um amplo grupo de novos materiais e tecnologias com diferentes níveis de complexidade. Embora o relatório inicialmente tenha sugerido que os nanosistemas moleculares já teriam se desenvolvido consideravelmente em 2010, esta previsão não se concretizou. Não

⁶ A *National Science Foundation* (NSF) é uma agência governamental dos Estados Unidos que incentiva e fornece financiamento para pesquisa básica e educação em diversos campos ligados a ciência e a engenharia. A entidade possui uma forte atuação no que se refere a nanotecnologia, tendo sido responsável pelas primeiras iniciativas governamentais de fomento a esse campo tecnológico.

obstante este atraso, o avanço da nanotecnologia segue em ritmo acelerado.

Tendo em vista o cenário promissor, diversos países empenharam-se em lançar programas nacionais de incentivo ao desenvolvimento da nanotecnologia objetivando construir as bases científicas e tecnológicas necessárias para acelerar a comercialização de suas aplicações. Com isso, observou-se na última década um aumento considerável nos investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D) em nanotecnologia e um crescimento expressivo de publicações científicas e depósitos de patentes (HUANG et. al, 2010).

Um dos principais marcos da crescente importância da área foi o lançamento nos Estados Unidos da *National Nanotechnology Initiative* (NNI) em 2001, o qual pode ser considerado o primeiro grande programa nacional voltado para o desenvolvimento da nanotecnologia. Além de impulsionar os investimentos em P&D e criar maior coordenação de políticas entre os órgãos governamentais, a NNI gerou grande visibilidade ao passo que seu modelo serviu de estímulo para que diversos outros países também reconhecessem o potencial da área para o futuro (KLOCHIKHIN & SHAPIRA, 2012).

Países com economias mais desenvolvidas como Estados Unidos e Japão assumiram a liderança na pesquisa e inovação em nanotecnologia a partir de meados dos anos 2000, introduzindo iniciativas específicas com vistas a se apropriarem dos potenciais benefícios desse campo tecnológico. No entanto, seguindo a iniciativa norte-americana com o lançamento da NNI, mais de 60 países⁷ lançaram programas nacionais focados no avanço da nanotecnologia desde então (CLUNAN & RODINE-HARDY, 2014; SHAPIRA & WANG, 2010; SARGENT, 2008).

Ainda que a maioria dos países que lançaram programas nacionais em nanotecnologia seja composta por economias mais desenvolvidas interessadas em manter sua posição de liderança, países em desenvolvimento como Brasil, China, Índia e Rússia, também reconheceram a importância de criarem programas nacionais

⁷ Dentre estes países destacam-se a Coréia do Sul (2001), Japão (2001), Israel (2002), Alemanha (2002), China (2002), Taiwan (2003), Reino Unido (2003), Brasil (2005) e França (2005).

próprios, demonstrando seu interesse em se apropriarem dos benefícios promissores do avanço desse campo tecnológico (KLOCHIKHIN, 2011).

Para este grupo específico de países, o foco dado ao investimento em nanotecnologia retrata a percepção de que seu avanço pode representar uma oportunidade de desenvolvimento e crescimento econômico no longo prazo, fortalecendo a inovação e gerando mercados de alto valor agregado.

Dado seu potencial, as inovações baseadas em nanotecnologia podem abrir novos horizontes de soluções para alguns dos principais desafios enfrentados por economias emergentes, incluindo áreas como saúde pública, energia e meio ambiente (ROMIG et al, 2007). Além disso, por se caracterizar como uma plataforma tecnológica para diversas indústrias, a criação de uma forte base em aplicações da nanotecnologia pode contribuir para a melhoria da produtividade e competitividade de diversos setores, reduzindo a distância que separa estes países daqueles mais economicamente desenvolvidos (KAY & SHAPIRA, 2009; KLOCHIKHIN & SHAPIRA, 2012).

2.2. NANOTECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO

Embora ainda não seja possível constatar se a nanotecnologia será de fato um elemento determinante no futuro dos países em desenvolvimento, sua crescente relevância no âmbito das políticas públicas indica haver uma clara percepção desse potencial. Ao identificarem este aspecto, diversos autores buscaram analisar as características e especificidades da aposta nesse campo tecnológico no âmbito das estratégias nacionais desses países.

Ao discutirem a relação entre a nanotecnologia e desenvolvimento, Invernizzi, Foladora e Malurcan (2008) sugerem que os debates sobre o tema poderiam ser divididos em dois grandes grupos em função de suas abordagens distintas.

O primeiro grupo seria formado por aqueles que possuem um posicionamento instrumental sobre a questão, enfatizando a capacidade e até mesmo a superioridade técnica da nanotecnologia para a solução de problemas relacionados ao

subdesenvolvimento. Ao caracterizarem essa abordagem, os autores argumentam que:

Nesse sentido, este grupo tende a ver a tecnologia como artefatos neutros que podem ser transferidos de um contexto para outro sem problemas. Em diferentes graus, os argumentos neste grupo reproduzem abordagens de determinismo tecnológico, uma vez que ressaltam os efeitos benéficos de um determinado artefato na sociedade. Tecnologias, segundo estas abordagens, podem resolver problemas sociais ao passo que problemas sociais são frequentemente descritos como a falta de capacidade técnica (INVERNIZZI, FOLADORA & MALURCAN, p. 124, 2008, tradução nossa).

O posicionamento instrumental parte de uma linha de argumentação baseada no entendimento de que o avanço tecnológico pode contribuir para incentivar o desenvolvimento e melhorar a qualidade de vida da população. Assim, a nanotecnologia teria um papel importante em relação a outras tecnologias existentes para solucionar diversos problemas comuns a países em desenvolvimento, não sendo consideradas nesse caso outras dimensões que interferem no processo.

O segundo grupo de argumentos poderia ser identificado em função de seu posicionamento contextual, o qual envolve uma maior ênfase ao contexto social no qual determinada tecnologia é desenvolvida e aplicada. Assim, a abordagem em questão difere-se da primeira ao considerar que

Tecnologias não são apenas artefatos neutros úteis, mas incorporam relações sociais, interesses, poder político, valores, etc., isto é, são artefatos socialmente condicionados. Assim, tecnologias são um produto de determinadas estruturas sociais e tendem a reforçar essas estruturas nas quais foram criadas. Segundo este ponto de vista, fatores como a inovação orientada para o lucro, o direito de propriedade intelectual, a concentração da inovação nos países desenvolvidos e a desigualdade social são vistos como fatores-chave no contexto do desenvolvimento da trajetória da nanotecnologia que a influenciam e, eventualmente, impedem sua utilização para o desenvolvimento e redução da pobreza (INVERNIZZI, FOLADORA & MALURCAN, p. 125, 2008, tradução nossa).

Ao abordar o tema, este segundo posicionamento avalia outras dimensões além da tecnológica, destacando as particularidades do avanço da nanotecnologia em contextos distintos. Assim, são levados em conta aspectos sociais e problemas estruturais mais amplos de cada país relacionados ao desenvolvimento, os quais impactariam o avanço da nanotecnologia e seu potencial de geração de benefícios concretos para a sociedade.

Ao buscarem dar contornos a esse debate, Invernizzi, Foladora e Malurcan

(2008) ressaltam a necessidade de se compreender os elementos que permeiam a crescente importância da nanotecnologia nas estratégias de desenvolvimento de diversos países. Segundo Evgeny & Shapira (2012), uma posição intermediária nesse debate seria adotada por aqueles que argumentam que os principais benefícios do avanço da área poderiam ser potencializados para os países em desenvolvimento capazes de estabelecer iniciativas que permitam o emparelhamento com nações mais desenvolvidas em termos de aplicações da nanotecnologia.

De modo geral, a essência desse debate parte da perspectiva da economia evolucionária e, mais especificamente, dos estudos de Perez & Soete (1988), os quais defendem que em fases iniciais de terminadas trajetórias tecnológicas países menos desenvolvidos poderiam valer-se de janelas de oportunidade que permitiriam o processo de emparelhamento citado anteriormente.

Tais janelas de oportunidade podem ser facilitadas por diversos fatores, incluindo a existência de uma estrutura institucional apropriada, a capacidade do governo de desenhar e implementar políticas econômicas apropriadas e o nível de conhecimento e capacitação técnica da população. Assim, países em desenvolvimento que tiverem sucesso em promover e se inserir nos estágios iniciais de determinadas tecnologias emergentes teriam mais chances de influenciar positivamente seu desempenho econômico no longo prazo (NIOSI & REID, 2007).

Seguindo esta linha teórica, diversos autores buscaram compreender os contextos específicos de alguns países que compõem tal grupo. Entre estes, destaca-se o estudo de Klochikhin (2011) acerca do possível papel da nanotecnologia enquanto meio de se romper *lock-ins*⁸ característicos de economias menos desenvolvidas, de modo a favorecer seu crescimento autossustentado no longo prazo. Ao analisar os casos do Brasil, Rússia e China, o autor demonstra como o foco em tecnologias emergentes permitiria que estes países pudessem reduzir sua distância

⁸ O termo “*lock-in*” é comumente empregado nos estudos econômicos para retratar o processo de “aprisionamento” tecnológico no qual um determinado padrão tecnológico consolida-se de tal forma a estabelecer uma forte dependência, dificultando mudanças de rotas futuras em razão dos altos custos envolvidos. O conceito remete a ideia de uma rigidez estrutural originada a partir do avanço em determinadas trajetórias tecnológicas, dificultando mudanças de rota em função de sua forte dependência.

científica e tecnológica ao atuar em um campo no qual podem competir desde o início, não havendo ainda um domínio estabelecido, como no caso da nanotecnologia.

Assim, parte-se de um entendimento de que tecnologias revolucionárias e disruptivas permitiriam a um país aproveitar-se de seu relativo atraso para superar países historicamente líderes em tecnologia a partir do avanço em campos emergentes, tendo como base suas competências científicas acumuladas nas últimas décadas. Nesse sentido, a nanotecnologia seria vista como uma plataforma para fortalecimento de capacidades nacionais de inovação, a qual pode desempenhar um papel importante na mudança de trajetória tecnológica desses países.

Seguindo argumentação semelhante, Klochikhin & Shapira (2012) destacam que a nanotecnologia se tornou uma prioridade não apenas para a ciência, mas também para o desenvolvimento econômico. Desse modo, os autores propõem uma estrutura de análise que considera os efeitos socioeconômicos da nanotecnologia em diferentes áreas com o intuito de avaliar seus impactos.

Tendo a China como estudo de caso, esse trabalho destaca que a nanotecnologia está assumindo um importante papel no país ao contribuir para a melhoria de seu sistema nacional de inovação e o rompimento de fatores limitantes históricos para seu desenvolvimento. Entre as principais contribuições dos autores está a proposta de um modelo que busca avaliar resultados a partir de parâmetros definidos, permitindo uma análise concreta e realista dos impactos da nanotecnologia na atualidade em diferentes contextos.

De modo geral, o número de pesquisadores que buscam entender o papel da nanotecnologia no contexto de países em desenvolvimento ainda é limitado. Ainda que exista um grande otimismo no potencial futuro para o desenvolvimento destas economias a partir do avanço de tecnologias na escala nanométrica, importantes desafios ainda precisarão ser superados para que tais previsões sejam concretizadas.

Não obstante o fato de um extenso grupo de economias serem referenciadas como “países em desenvolvimento”, deve-se ressaltar que as características e contextos de cada um se mostram bastante distintas, não sendo possível

compreender suas particularidades a partir de uma abordagem comum. Embora muitos destes países tenham estabelecido políticas direcionadas para o avanço da nanotecnologia e da inovação de forma mais ampla nas últimas décadas, tais políticas assumiram contornos distintos em função dos contextos nos quais foram concebidas, retratando suas fraquezas, limitações e forças sistêmicas. Mesmo com suas particularidades, alguns dos desafios enfrentados são comuns a uma parcela significativa desses países.

Tais desafios podem ser ilustrados pelo recente desempenho da China no que se refere a nanotecnologia. Na última década, o país asiático tornou-se um dos principais líderes em publicações científicas e depósitos de patentes nesse campo emergente superando seus pares em desenvolvimento e até mesmo países mais desenvolvidos (HUANG et al, 2010). Entretanto, o desempenho chinês demonstra que muitos desafios ainda devem ser superados para que tal avanço seja concretizado em benefícios para sua economia.

Em primeiro lugar, embora o país asiático seja citado como um dos líderes em nanotecnologia, ainda existem preocupações sobre a qualidade do que está sendo gerado nesse rápido processo de expansão e ganho de posições nos rankings internacionais de indicadores. Além disso, o exemplo chinês também evidencia uma característica compartilhada por grande parte dos países em desenvolvimento: de modo geral, observa-se um forte descolamento entre a geração de conhecimentos no âmbito acadêmico e o mercado de nanotecnologia, fazendo com que os benefícios à sociedade sejam limitados (WANG & GUAN, 2012; KLOCHNIKHIN, 2011).

Ainda que o exemplo supracitado seja apenas elucidativo, o papel da nanotecnologia para o desenvolvimento ainda é alvo de um extenso debate, sobretudo no caso de países Rússia e Brasil, além da própria China. De fato, pode-se observar ainda uma relativa incerteza se a nanotecnologia será de fato revolucionária ou se permitirá apenas melhorias incrementais em diversas aplicações (CLUNAN & RODINE-HARDY, 2014).

Em grande medida, esta incerteza pode ser atribuída a um certo ceticismo que

ganhou forma após um período de êxtase em torno da nanotecnologia no início dos anos 2000 com diversas promessas que não se concretizaram no tempo previsto. No entanto, percebe-se atualmente uma abordagem mais realista do potencial da nanotecnologia com expectativas não menos promissoras, mas com previsão de desenvolvimento condizentes com seu avanço consistente.

Após a discussão sobre o papel da nanotecnologia na atualidade e considerações sobre sua importância nas estratégias de desenvolvimento de alguns países, a próxima seção apresenta um panorama do avanço da nanotecnologia no Brasil.

2.3. A NANOTECNOLOGIA NO BRASIL: PERSPECTIVAS PARA DISCUSSÃO

Ao longo das últimas décadas, o Brasil foi capaz de criar infraestrutura e base científica fortes no que se refere a geração de conhecimentos, reduzindo gradativamente a distância que o separava dos países líderes em pesquisa, desenvolvimento e inovação no mundo.

Entre 1993 e 2014, o país passou do 24º para o 13º lugar no ranking das nações mais produtivas em termos de pesquisa científica, com uma participação de 2,5% no total de publicações. Ainda que esta seja uma posição modesta, deve-se ressaltar que a publicação de artigos científicos no Brasil cresce a um ritmo muito superior à média mundial e de países como Japão, Estados Unidos da América, Alemanha e Reino Unido (LEITE, 2014). Além disso, o país alcançou em 2015 a 23ª posição, primeira na América Latina, no ranking global de qualidade científica no Nature Index, elaborado a partir de indicadores de publicações de periódicos de impacto, reforçando sua competência na geração de conhecimentos (NATURE, 2015).

Muito embora historicamente o crescimento dos investimentos em inovação tenha sido inferior ao crescimento do PIB no Brasil, esse cenário começa a mudar a partir de meados dos anos 2000 com a redução das incertezas políticas e o aumento do ritmo de investimento em P&D por parte das empresas privadas⁹.

⁹ A melhora no cenário econômico brasileiro permitiu um período de avanços substanciais até meados de 2013,

De modo geral, esses investimentos foram impulsionados por uma série de mudanças no marco político, legal e regulatório, com destaque para iniciativas como o lançamento da Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE, 2004), da Lei da Inovação (2005), Lei do Bem (2006), além da definição do Plano de Ação em C,T&I (PACTI, 2007), da Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP, 2008) e, mais recentemente, da Estratégia Nacional para Ciência, Tecnologia e Inovação (2011) e do Plano Brasil Maior (2011). Em paralelo, o governo brasileiro intensificou os investimentos públicos em C,T&I, resultando em um aumento de 10% ano no número de pesquisadores formados no país (SEABRA DA CRUZ, 2011).

Ao considerarmos que a nanotecnologia encontra-se fortemente ancorada na C,T&I, a posição alcançada no âmbito das competências científicas poderia apresentar-se como um elemento central e viabilizador da incorporação da área enquanto eixo estruturante do desenvolvimento econômico do Brasil no longo prazo. No entanto, ainda que o país direcione seus esforços e recursos incluindo a nanotecnologia em sua estratégia de desenvolvimento, diversos desafios devem ser enfrentados, sobretudo aqueles relacionados às esferas política, econômica e social.

Em países em desenvolvimento, nos quais os sistemas nacionais de inovação ainda estão sendo estruturados, as políticas públicas de C,T&I tornam-se importantes ferramentas de estímulo, sobretudo em função da insuficiência das atividades e estratégias de empresas privadas para esse fim. De modo geral, os fluxos de informação no interior desses sistemas são fragmentados e, geralmente, falta interação entre a ciência (universidades e centros de pesquisa) e as empresas, dificultando o fortalecimento do processo inovativo como um todo, como no caso brasileiro (ALBUQUERQUE, 1996).

Por meio de investimentos direcionados e parcerias estratégicas, o Brasil poderia valer-se de suas competências científicas desenvolvidas nas últimas décadas para absorver e gerar novos conhecimentos em campos da nanotecnologia de interesse para seu respectivo contexto. Entretanto, deve-se avaliar se as políticas

ano no qual se iniciaram as turbulências políticas e econômicas atualmente enfrentadas pelo país.

públicas voltadas para a nanotecnologia podem, de fato, serem efetivas para superação dos *lock-ins* existentes para o desenvolvimento do Brasil e a criação de um sistema nacional de inovação mais efetivo e dinâmico.

Na última década, a área tornou-se um dos focos da política de governo para o desenvolvimento competitivo da indústria sendo incorporada a diversas iniciativas. Assim, a próxima seção apresenta um histórico da nanotecnologia no âmbito das políticas públicas brasileiras.

2.4. POLÍTICAS PÚBLICAS PARA NANOTECNOLOGIA NO BRASIL

Desde o início dos anos 2000, o governo brasileiro passou a incentivar diversas iniciativas voltadas para o avanço da nanotecnologia no país, seguindo a esteira das ações de outros países que identificavam nesse campo tecnológico uma grande oportunidade para o futuro.

Neste contexto, uma das primeiras ações envolveu o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) à formação de redes cooperativas de pesquisa no âmbito da proposta de criação do “Instituto de Nanociências”. Composta por 21 instituições brasileiras e mais de 60 pesquisadores, a rede tinha como foco a pesquisa de sistemas nanoestruturados, uma área considerada prioritária para o desenvolvimento em microeletrônica, optoeletrônica, fotônica, telecomunicações e bioengenharia (CNPq, 2001).

Ainda que outras ações tenham ganhado forma nos anos seguintes, o fomento à nanotecnologia torna-se mais pragmático a partir de 2004 com o lançamento do programa “Desenvolvimento da Nanociência e Nanotecnologia” no âmbito do Plano Plurianual (PPA) 2004-2007 pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). Ainda que de maneira incipiente, o texto base do programa abordava o estado-da-arte da nanociência e nanotecnologia no país, identificando a infraestrutura laboratorial considerada mínima desejável, as competências instaladas e as perspectivas futuras de desenvolvimento. Em especial, este também indicava recomendações para que o

Brasil pudesse se tornar competitivo e internacionalizado na área, dando um importante peso às discussões sobre o tema no cenário nacional.

O programa passou a compor ainda o escopo da Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE) lançada em 2004, a qual ganhou expressividade por marcar a retomada das políticas públicas direcionadas para o desenvolvimento competitivo da indústria brasileira. A presença da nanotecnologia na PITCE retrata um esforço de aproximar a nanotecnologia da política industrial do país, não limitando as ações do governo à esfera científica.

Em um contexto de crescente importância, foi lançado oficialmente em 2005 o Programa Nacional de Nanotecnologia brasileiro que, embora incipiente, foi responsável por elevar os investimentos do governo para novos patamares. Seguindo a esteira da iniciativa, a Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), uma empresa pública brasileira de fomento à C,T&I vinculada ao MCTI, passou a oferecer a partir de 2006 financiamentos para diversos projetos de P&D para criação de novas empresas em nanotecnologia, incentivando também a cooperação com universidades e centros de pesquisa.

Nos anos seguintes, a nanotecnologia foi incorporada ao Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação 2007-2010 (PACTI) e à Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP), uma iniciativa lançada em 2008 responsável por substituir a PITCE. Nesse contexto foi criando ainda o Fórum de Competitividade em Nanotecnologia a partir de recomendações do comitê executivo da PDP, o qual tornou-se uma ferramenta estratégica e mecanismo de discussão e encaminhamento de iniciativas promovendo o debate entre atores governamentais, acadêmicos e do setor privado (PLENTZ & FAZZIO, 2013).

No âmbito da PDP, a nanotecnologia assumiu a posição de área estratégica para o futuro, capaz de gerar ganhos de competitividade a partir da incorporação de conhecimento científico-tecnológico. Embora o número de empresas dedicadas a área fosse ainda modesto, considerou-se que o Brasil já havia alcançado uma posição forte em infraestrutura científica básica, levando o governo a dar maior ênfase na

ampliação do acesso por parte da indústria nacional aos desenvolvimento da nanotecnologia, promovendo sua aproximação com instituições de pesquisa.

Ao conjunto de ações por parte do governo, somou-se ainda a criação dos Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia (INCT) em 2008 com 16 instituições atuando diretamente em pesquisas em nanotecnologia em diversas áreas. Ao promover a criação dos Institutos o Brasil buscava fortalecer suas competências científicas para geração de novos conhecimentos enquanto a PDP ocupava-se de fomentar a inovação na área na indústria nacional.

Outra iniciativa importante para o desenvolvimento da nanotecnologia no Brasil foi sua incorporação à Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (ENCTI) lançada em 2012 pelo MCTI. O documento ressalta a importante contribuição da área para o país destacando-a como fronteira para a inovação no escopo dos programas prioritários para os setores portadores de futuro, visando elevar a competitividade brasileira em nanotecnologia.

A ENCTI destaca ainda o fato da nanotecnologia possuir um alto potencial para o enfrentamento dos desafios globais, sendo referenciada como a base da próxima revolução industrial. Entre as ações estruturantes para a área, destacam-se: (i) dar continuidade aos investimentos na formação de recursos humanos e melhoria da infraestrutura de instituições de pesquisa; (ii) estabelecer parcerias internacionais em áreas estratégicas de interesse nacional, na forma do Centro Brasil-China em Nanotecnologia, que desenvolverá P,D&I em nanomateriais e nanodispositivos; e (iii) criar políticas agressivas para aumentar substancialmente o número de empresas com P&D em nanotecnologia.

Seguindo a esteira das diversas ações promovidas pelo governo brasileiro desde o início dos anos 2000 e citadas anteriormente, foi lançada pelo MCTI em 2013 a Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia (IBN), a qual representou um importante marco no país. A nova iniciativa foi responsável por dar uma relevância muito maior para o programa de nanotecnologia brasileiro, buscando promover a criação de políticas mais articuladas e coesas com o contexto nacional.

A IBN possui como objetivo central integrar e fortalecer as diversas ações para o aumento da competitividade da indústria ancorada na nanotecnologia, consolidando e oficializando uma série de ações com vistas a transformar o Brasil em um país cientificamente, tecnologicamente e economicamente competitivo em nível mundial no que diz respeito à geração e utilização da nanotecnologia como um dos principais motores do desenvolvimento econômico e social.

Em sua concepção, a Iniciativa previa o investimento de 440 milhões de reais entre 2013 e 2014 elevando o dispêndio do governo na área para novos patamares. Além disso, a IBN foi concebida com o intuito de fortalecer as relações entre pesquisa, conhecimento e setor privado no país, facilitando o fluxo de conhecimento. A iniciativa está diretamente alinhada à ENCTI e o Plano Brasil Maior, mantendo uma relação sinérgica entre as políticas de CT&I e industrial.

Um dos elementos de maior relevância no âmbito da IBN foi o estabelecimento de um Comitê Interministerial de Nanotecnologia (CIN)¹⁰, um órgão formado por diferentes atores e responsável em última instância por estabelecer as grandes metas, estratégias e visão de longo prazo para o desenvolvimento da nanotecnologia no Brasil.

Outro importante pilar da IBN é o Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologias (SiSNANO), o qual se caracteriza como um sistema de laboratórios dedicados à pesquisa, desenvolvimento e inovação na área. A iniciativa reúne 26 entidades com infraestrutura e recursos humanos especializados com o objetivo de promover uma maior aproximação e sinergia entre o setor produtivo e a academia no país fomentando a implementação de projetos conjuntos de P,D&I. Além disso, a rede de laboratórios tem entre seus objetivos a mobilização de empresas instaladas no Brasil e o apoio às suas atividades, a promoção do avanço científico e tecnológico e da inovação, o aperfeiçoamento da infraestrutura existente e a universalização do

¹⁰ Instituído pelo MCTI, o CIN é composto ainda pelos seguintes atores: Ministério do Meio Ambiente (MMA), Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), Ministério da Defesa (MD), Ministério do Desenvolvimento Indústria e Comércio Exterior; Ministério da Educação (MEC), Ministério de Minas e Energia (MME), Ministério da Saúde (MS), Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) e Ministério das Relações Exteriores (MRE). Participam como convidados a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), o BNDES, o CNPq, o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), a Confederação Nacional da Indústria (CNI) e a FINEP.

acesso à comunidade científica do país.

De modo geral, a IBN representa um marco na política brasileira de nanotecnologia ao propor iniciativas para superar diversos entraves para o avanço da área no Brasil. Em especial, a Iniciativa vai ao encontro do descolamento entre as instituições de pesquisa nacionais e empresas brasileiras por meio do SisNANO, além de articular a atuação dos diferentes atores governamentais tornando mais eficientes seus instrumentos de incentivo à nanotecnologia.

Como observado, o governo brasileiro buscou desenhar políticas voltadas para a nanotecnologia de modo a criar uma sólida estrutura científica e tecnológica no país. Esse processo foi acompanhado pelo fomento a criação de redes e grupos de pesquisa, bem como a formação de pesquisadores qualificados na área, capacitando o Brasil para assumir uma posição relevante no cenário mundial.

Ainda que grande parte das ações não tenham apresentado uma grande coesão, o lançamento da IBN demonstrou o interesse do governo brasileiro em articular a atuação dos diferentes atores envolvidos, além de coordenar as iniciativas para potencializar os esforços nacionais de fomento à nanotecnologia. Não obstante tais avanços, o financiamento às empresas e o fomento a incorporação da nanotecnologia na indústria brasileira foram bastante limitados.

No Brasil, um dos principais instrumentos de financiamento à nanotecnologia no setor privado são os programas de Subvenção Econômica gerenciados pela Finep. A modalidade consiste no aporte direto de recursos não-reembolsáveis em empresas que realizam projetos de P&D, mitigando riscos e custos característicos às atividades de inovação no setor privado. De modo geral, o instrumento desempenha um papel importante enquanto mecanismo de indução e direcionamento por parte do governo para o avanço de determinadas áreas de interesse do país. A Subvenção Econômica foi implementada oficialmente em 2006 sob coordenação do MCTI e execução da Finep, contando com recursos oriundos do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT).

Desde sua criação, a Subvenção Econômica já apoiou 60 projetos relacionados

à nanotecnologia com recursos não-reembolsáveis no país conforme dados apresentados no quadro abaixo.

Quadro 1 - Número de projetos e montante de recursos relacionados à nanotecnologia - programas de subvenção econômica da Finep

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Nº de projetos	12	22	3	5	0	0	0	18
Total de recursos alocados (milhões de reais)	15.650.421	43.929.035	4.306.366	5.776.759	-	-	-	29.710.167

Fonte: elaboração própria

Como pode ser observado, os dois primeiros anos concentram mais da metade dos investimentos, tendo sido observada uma queda significativa entre 2008 e 2009 e a inexistência de recursos nos três anos seguintes. Ainda que tenham desempenhado um papel fundamental no fomento à área no Brasil, os recursos provenientes do instrumento apresentaram grandes oscilações ao longo dos anos, além de não terem seguido uma linha coesa de foco em áreas de interesse para o país.

Além da Subvenção Econômica, outras iniciativas voltadas para o financiamento às empresas que desenvolvem nanotecnologia no Brasil envolvem o Fundo Tecnológico do BNDES (Funtec) e a atuação das Fundações de Amparo à Pesquisa estaduais como FAPESP, FAPEMIG e FAPERJ. Enquanto o primeiro possui uma atuação indireta por meio do fomento a parcerias entre instituições de pesquisa e empresas, o segundo provê recursos como instrumento de subsídio para empresas que desenvolvem atividades de P&D nos diferentes estados.

De fato, apesar da crescente relevância da nanotecnologia nas políticas públicas brasileiras ao longo da última década, os recursos investidos no país ainda se mostram bastante modestos. Soma-se a tal fato uma relativa inconsistência na destinação de recursos, dificultando a elaboração de estratégias de longo prazo para o desenvolvimento da nanotecnologia no Brasil (CIPRIANO, 2015).

Ainda que as ações retratadas acima tenham sido relevantes para a avanço da

nanotecnologia no país ao longo da década, pode-se considerar que alguns aspectos limitadores impediram que as mesmas pudessem alcançar a plenitude dos objetivos esperados. Mais especificamente, destacam-se a falta de direcionamento dos instrumentos para setores estratégicos de interesse do país e a concentração de investimentos na formação de infraestrutura científica e tecnológica em pesquisa básica em detrimento dos investimentos direcionados para empresas como aspectos limitadores do sucesso das iniciativas no período analisado.

Não obstante tais limitações, a progressiva incorporação da nanotecnologia nas políticas públicas brasileiras ressalta a percepção dos potenciais benefícios que esta poderá trazer ao criar novas trajetórias de desenvolvimento baseadas em competências científicas e tecnológicas, fluxos de conhecimento e inovações tecnológicas, abrindo novos mercados para produtos de alta tecnologia e uma inserção na economia global em bases mais equitativas.

Para tanto, mostra-se necessário não apenas aprimorar os programas e instrumentos de fomento à nanotecnologia no Brasil, sendo necessário ainda criar um ambiente propício e dinâmico no país que favoreça o processo inovativo de maneira contínua. Ao criar um ambiente favorável, o governo permite que os atores protagonistas do processo de inovação possam tomar decisões e avançar em suas atividades, contribuindo como o desenvolvimento econômico nacional.

3. O USO DE INDICADORES BIBLIOMÉTRICOS PARA AVALIAÇÃO DO AVANÇO TECNOLÓGICO

Como destacado anteriormente, a incorporação da nanotecnologia nas políticas públicas enquanto área estratégica para o futuro não foi observada somente no Brasil, mas também em diversos outros países ao redor do mundo. De fato, a nanotecnologia já foi designada como uma tecnologia-chave para o desenvolvimento econômico e para a competitividade tecnológica por entidades como o Banco Mundial e a Organização das Nações Unidas (ONU), contribuindo para a visão otimista do potencial revolucionário da área. Essa crescente importância contribui para o surgimento de uma grande demanda por dados e indicadores relacionados ao avanço da nanotecnologia, dentre os quais estão os valores investidos, as áreas de interesse e os atores envolvidos (CLUNAN & RODINE-HARDY, 2014).

Dada a clara necessidade de se avaliar o avanço da nanotecnologia frente as diversas iniciativas ao redor do mundo, a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) foi uma das primeiras organizações a compilar métricas e publicar dados sobre a área para divulgação. A partir da criação de um grupo específico em 2007 para o desenvolvimento de estudos sobre a nanotecnologia, a entidade passou a compilar dados que incluem valor de mercado; gastos em P&D; número de empresas por países; depósitos de patentes; e publicações científicas em nanotecnologia.

A iniciativa da OCDE ressalta a importância do levantamento de dados e uso de indicadores bibliométricos como ferramenta útil para comparação, monitoramento e análise da atividade nesse campo tecnológico emergente. De modo geral, esforços como os da OCDE possuem um papel fundamental ao difundir informações para tomada de decisão e definição de políticas nacionais em diversos países.

De fato, o uso destes indicadores fornece uma base importante para as discussões que envolvem os aspectos políticos, sociais e econômicos do desenvolvimento de novas tecnologias. Dados de depósitos de patente podem ser utilizados para identificar o posicionamento e o foco de atuação de países entre as

diversas subáreas e campos de aplicação da nanotecnologia, além de fornecer indícios do seu estágio de desenvolvimento e especificidades. Já os dados de publicações científicas podem contribuir para um entendimento mais robusto do avanço da área, evidenciando as competências específicas de países e os principais centros geradores de conhecimento ao redor do mundo, os quais desempenham um papel importante na transferência de tecnologias para aplicações industriais.

De modo geral, a análise dos dados de publicação científica e depósito de patentes permite fornecer informações e *insights* importantes para a tomada de decisão, indicando particularidades do contexto analisado e possíveis mudanças tecnológicas em curso. Ainda que retratem a realidade de maneira limitada, tais indicadores possuem um papel fundamental ao contribuir para a compreensão da dinâmica do avanço da tecnologia na atualidade, apresentando-se como representações de resultados de esforços científicos e tecnológicos.

As publicações são o principal canal pelo qual pesquisadores comunicam suas descobertas e um dos elementos mais importantes na geração e disseminação de conhecimento. Do mesmo modo, as patentes refletem avanços tecnológicos e a capacidade de se transferir os resultados científicos em aplicações, não sendo meros títulos de propriedade temporários para exploração exclusiva de determinada invenção (HUANG et al, 2010). Tendo em vista seus objetivos, este estudo terá como foco a análise dos depósitos de patente no Brasil, não englobando em seu escopo a análise das publicações científicas.

De modo geral, as patentes são um elemento fundamental para exploração dos resultados oriundos das atividades de pesquisa e, consequentemente, as bases para uma análise que busque identificar o potencial econômico de uma tecnologia, bem como campos de aplicação e atores mais promissores (OCDE, 2009). Assim, a combinação entre o uso de indicadores bibliométricos e a análise qualitativa dos documentos de patente apresenta-se como uma técnica valiosa para se compreender a dinâmica de tecnologias emergentes e possíveis direcionamentos futuros.

Tendo em vista a relevância das patentes na metodologia empregada neste

estudo, a próxima seção apresenta as principais características deste instrumento de proteção à propriedade industrial e sua importância como fonte de informação tecnológica. Em seguida, discute-se a recuperação da informação em nanotecnologia e seus desafios, além das características das principais estratégias de busca voltadas para este fim.

3.1. PATENTES E O SISTEMA DE PROTEÇÃO À PROPRIEDADE INDUSTRIAL

Do ponto de vista jurídico, as patentes podem ser conceituadas como um direito conferido pelo Estado que dá ao seu titular a exclusividade da exploração temporária sobre uma determinada invenção ou aperfeiçoamento. Em contrapartida pelo direito exclusivo, o conteúdo técnico da matéria protegida pela patente deve ser revelado tornando-se público (BARBOSA, 2014).

A patente assegura o direito temporário do titular de impedir que terceiros possam produzir, usar, colocar à venda, vender ou importar, sem o seu consentimento, produtos ou processos protegidos pelo instrumento em um determinado país. No Brasil, os direitos e obrigações relativos à propriedade industrial são regulados pela Lei de Propriedade Intelectual (LPI) nº 9.279/96, a qual prevê duas naturezas de proteção por patentes: as patentes de invenção¹¹ (PI) e as patentes de modelo de utilidade¹² (MU).

Como definido na LPI, o Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) é o órgão federal responsável por executar, no âmbito nacional, as normas que regulam a propriedade industrial. Desse modo, o INPI desempenha funções relacionadas ao aperfeiçoamento, disseminação e gestão do sistema brasileiro de concessão e garantia de direitos de propriedade intelectual para a indústria, analisando e julgando os pedidos de patente depositados no país.

Um dos principais argumentos em favor do sistema de patentes baseia-se na ideia da proteção e do direito de exploração exclusiva como incentivo a inovação.

¹¹ Uma invenção pode ser definida como uma nova solução para um problema técnico específico, dentro de um determinado campo tecnológico.

¹² Um modelo de utilidade pode ser definido como uma nova forma ou disposição em um objeto de uso prático ou parte deste, visando melhoria funcional no seu uso ou em sua fabricação.

Tendo em vista que as atividades de pesquisa e desenvolvimento requerem investimentos altos, a proteção por meio da patente permitiria que os benefícios da inovação e da criatividade fossem garantidos, assegurando a rentabilidade dos investimentos ao prevenir que competidores copiem e comercializem o objeto da criação intelectual.

Além da LPI, o funcionamento do sistema de proteção à propriedade intelectual no Brasil também é regido pelos acordos internacionais em matérias de patentes dos quais o país é signatário. Entre estes podem-se citar a Convenção da União de Países (CUP), o Tratado de Cooperação em Matéria de Patentes (PCT) e o Acordo sobre Aspectos dos Direitos de Propriedade Intelectual Relacionados ao Comércio (TRIPs), os quais visam ordenar a propriedade intelectual no âmbito internacional.

3.1.1. As funções da patente: proteção e fonte de informação

Tendo em vista os objetivos desta pesquisa, mostra-se relevante diferenciar duas dimensões referentes ao funcionamento do sistema de patentes. Em primeiro lugar, as patentes possuem uma função de proteção, ou seja, garantem ao titular o direito exclusivo de exploração temporária outorgado pelo Estado para sua invenção ou aperfeiçoamento, sendo esta territorialmente limitada. Por outro lado, as patentes também desempenham uma função importante como fonte de informação já que, em contrapartida pela proteção, o conteúdo técnico da matéria protegida pela patente deve ser revelado detalhadamente ao público. Nesta segunda dimensão não existe uma limitação geográfica, de modo que as informações reveladas se tornam acessíveis para qualquer pessoa em qualquer lugar do mundo (OMPI, 2016).

Desse modo, a dimensão da patente como fonte de informação compreende todas as informações que foram publicadas em um documento de patente ou que podem ser derivadas da análise estatística de patentes, incluindo:

- Informações técnicas a partir da descrição e desenhos da invenção
- Informações jurídicas a partir das reivindicações que definem o escopo da patente e sua validade em países específicos

- Informações comerciais a partir de dados de inventores, requerentes, data de depósito, país de origem, entre outros;
- Informações relevantes para políticas públicas e investimentos a partir da análise de tendências em determinadas áreas tecnológicas

A análise das informações contidas em conjuntos específicos de documentos de patentes permite gerar indicadores relacionados a atividade do patenteamento em determinados países ou regiões, além de possibilitar estudos comparativos entre contextos distintos. Outra grande vantagem da utilização da informação de patentes é seu caráter padronizado e estruturado, o que facilita a busca, recuperação e análise de amplos conjuntos de documentos (OMPI, 2016).

3.1.2. Acesso a bases de dados de patentes

O acesso aos documentos de patente pode ser feito por meio de bases de dados públicas e privadas. Entre as bases públicas estão aquelas de escritórios nacionais como INPI no Brasil ou o *United States Patent and Trademark Office* (USPTO) nos Estados Unidos, as quais geralmente trazem somente informações sobre os documentos depositados em seus respectivos países. Além disso, algumas instituições como a Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI) e o Escritório Europeu de Patentes (EPO) oferecem acesso não apenas aos documentos depositados em suas organizações, oferecendo também o acesso a patentes de diversos escritórios nacionais espalhados pelo mundo.

As bases de dados privadas, por sua vez, oferecem o acesso a documentos de patente de escritórios de todo o mundo associado a serviços complementares de informação e funções específicas para busca e tratamento de dados. Entre as principais bases estão *Thomson Innovation* (Thomson Reuters), *Orbit.com* (Questel), *PatBase/PatBaseXpress* (Minesoft), *Total Patent* (LexisNexis), STN (CAS/FIZ Karlsruhe) e *WIPS Global* (WIPS). Nesta pesquisa optou-se pela utilização da base *Derwent Innovations Index* (DII) mantida pela Thomson Reuters.

3.1.3. Busca e recuperação de informação de patentes

Como destacado anteriormente, os documentos de patente caracterizam-se como uma importante fonte de informação tecnológica apresentada de modo padronizado e estruturado. Nas diferentes bases de dados disponíveis, a busca por patentes pode ser realizada por meio de critérios específicos que facilitam a recuperação dos documentos de interesse. Os critérios de busca disponíveis incluem:

a) Palavras-chave em campos de texto

A busca por palavras-chave é realizada nos campos de texto dos documentos de patente como o título, resumo, descrição, reivindicações, podendo ser realizada com o auxílio de operadores booleanos que permitem relacionar termos ou campos entre si. Para a utilização das palavras-chave como critério de busca, a tecnologia de interesse deve ser definida em termos específicos que a caracterizem e descrevam o conceito mais básico ou essencial da invenção.

b) Nomes em campos de Depositantes e/ou Inventores

O critério de busca por nomes permite realizar a busca por tecnologias e documentos de patente associadas a um inventor ou requerente específico, seja uma empresa/instituição ou uma pessoa.

c) Sistemas de classificação de patentes

Todas as patentes são classificadas de maneira sistemática de acordo com seu campo tecnológico específico. Entre os diversos sistemas de classificação de patentes existentes, a Classificação Internacional de Patentes (CIP) representa um dos mais importantes instrumentos para tal fim, sendo utilizado por mais de 100 escritórios de patentes ao redor do mundo. Criada a partir da assinatura do Acordo de Estrasburgo em 1971, a CIP é mantida pela Organização Mundial da Propriedade Industrial (OMPI) e apresenta uma estrutura hierarquizada de códigos para classificação das patentes

de acordo com as diferentes áreas tecnológicas as quais pertencem.

A CIP é revisada a cada ano e sua versão atualmente em vigor é a IPC2016.01¹³. Segundo seu sistema, a tecnologia é dividida em oito seções com aproximadamente 70.000 subdivisões. Cada subdivisão apresenta um código composto por números arábicos e letras do alfabeto latino.

Além da CIP, algumas bases de dados privadas também desenvolveram sistemas de classificação próprios como o *Derwent Manual Code* organizado pela *Derwent Innovations Index*. A classificação neste sistema é feita a partir da atribuição de códigos às patentes após leitura individual de cada documento por parte de especialistas responsáveis pela indexação na base de dados. O sistema de códigos manuais da *Derwent* é utilizado para indicar os aspectos de inovação de uma invenção, além de suas aplicações. Sua organização está estruturada em hierarquias nas quais existe um código geral ou amplo seguido por subdivisões dos códigos em categorias mais específicas.

d) Outros

Outros critérios de busca incluem: números de publicação ou prioridade de documentos de patente, data de depósito, país de prioridade, país de origem do requerente ou inventor, data de entrada na fase nacional de análise.

3.2. A RECUPERAÇÃO DE INFORMAÇÃO EM NANOTECNOLOGIA

Para que as ferramentas de recuperação de informação sejam úteis, a correta busca e identificação dos documentos de patente relacionados ao campo tecnológico em questão mostra-se fundamental. A recuperação de informações associadas às tecnologias na escala nanométrica é particularmente complexa em função de seu caráter emergente, cuja terminologia ainda não se encontra plenamente consolidada, além de envolver múltiplas áreas de conhecimento científico. Assim, observa-se um crescente esforço direcionado para o desenvolvimento de uma definição operacional

¹³ Atualizada pela última vez em 21/01/2016.

de “nanotecnologia” em termos bibliométricos, resultando em diferentes abordagens propostas para formulação de estratégias de busca visando recuperar conjuntos representativos de patentes em nanotecnologia (PORTER et al., 2008).

De fato, delimitar as fronteiras de um campo tecnológico multidisciplinar e emergente como o da nanotecnologia mostra-se complexo, sobretudo quando se está buscando informações específicas e relevantes como no caso de documentos de patente. Ao discutirem as abordagens para recuperação de informação em nanotecnologia, Huang et al. (2010) realizaram um estudo comparativo de um conjunto diverso de estratégias de busca relatadas na literatura, demonstrando as limitações e vantagens de cada metodologia.

No que se refere a busca por patentes, os autores destacam a vantagem de se utilizar uma estratégia focada na classificação de patentes, a qual não dependeria da definição de um conjunto prévio de palavras-chave. Segundo os autores, estratégias que dependem de termos pré-estabelecidos poderiam comprometer os resultados da busca, apresentando um baixo nível de acurácia. Estudos realizados pelo *European Patente Office* (EPO) corroboraram tal constatação ao indicarem que estratégias focadas apenas em palavras-chave podem trazer um grande número de documentos que não se enquadram no campo da nanotecnologia, dificultando a análise pretendida.

As limitações das estratégias baseadas em termos específicos estariam relacionadas a dificuldade de se criar um conjunto eficiente de palavras-chave que permita um resultado equilibrado entre a acurácia da estratégia (recuperação somente de patentes relevantes) e o tamanho do conjunto recuperado (número de patentes identificadas). De fato, quanto maior o conjunto analisado, mais representativos tendem a ser os resultados, permitindo uma análise mais robusta. Entretanto, manter a acurácia da estratégia mostra-se fundamental e abordagens muito restritivas podem prejudicar a identificação de documentos que seriam relevantes, mas acabam sendo excluídos.

Embora Huang et al (2010) destaquem as vantagens da utilização dos sistemas

de classificação de patentes como base da estratégia de busca, a metodologia apresenta ainda limitações importantes. Em especial, deve-se destacar que a implementação de classificações específicas para nanotecnologia ocorreu a partir de meados dos anos 2000, o que faz com que estas sejam ainda relativamente recentes e careçam de melhor refinamento.

Além disso, foi somente em 2011 que todos os escritórios de patente ao redor do mundo passaram a classificar de maneira uniforme a nanotecnologia segundo o sistema da Classificação Internacional de Patentes (CIP). Esta iniciativa ocorreu com a introdução do código B82Y elaborado com base na classificação Y01N que era utilizada pelo Escritório Europeu de Patentes para indicar patentes relacionadas à nanotecnologia. A nova codificação tornou mais fácil a busca de documentos de patente nesta área sendo parte tanto da IPC quanto da CPC (Cooperative Patent Classification). Os códigos Y01N foram tirados de uso e todos os documentos passaram para a nova classificação. (EPO, 2015).

Assim, como destacado anteriormente, tanto as abordagens baseadas em palavras-chave quanto aquelas baseadas em sistemas de classificação apresentam vantagens e limitações. Entretanto, enquanto a segunda está condicionada ao avanço e normalização do sistema de classificação, a primeira abordagem pode ser refinada e elaborada continuamente, de modo que ambas podem ser utilizadas conjuntamente.

No que se refere as abordagens baseadas em palavras-chave, Huang et al (2010) identificam quatro grandes grupos nos quais estas poderiam ser classificadas. Ainda que maior foco seja dado para sua utilização na busca por publicações científicas, as abordagens destacadas pelos autores também possuem forte relevância para o caso dos depósitos de patente, sobretudo considerando-se as limitações da estratégia baseada apenas em sistemas de classificação.

O primeiro grupo identificado por Huang et al (2010) seria formado por estratégias de busca que utilizam conjuntos pré-definidos de termos relacionados à nanotecnologia como, por exemplo, o prefixo “nano” ou “grafeno”, excluindo-se registros ou termos não relevantes em uma segunda etapa. Embora seja de simples

implementação, esta abordagem encontra dificuldades frente ao rápido avanço da nanotecnologia e o surgimento contínuo de novas expressões. Além disso, a definição do conjunto de termos a ser utilizado normalmente depende da opinião de especialistas, o que pode contribuir para um caráter enviesado dos resultados dado o campo de conhecimento daqueles que foram consultados.

O segundo grupo seria formado por estratégias que, baseadas em um conjunto pré-definido, recorrem a um processo semiautomático e iterativo para identificação de novas palavras-chave a partir dos documentos encontrados. Assim, parte-se de um grupo determinado de termos que é complementado por outros importantes identificados nos documentos oriundos da busca. Desse modo, haveria uma redução da subjetividade associada a definição de termos por poucos especialistas ao ampliar seu escopo a partir dos resultados obtidos a cada etapa do processo.

Por sua vez, o terceiro grupo seria formado por estratégias que partem de um determinado núcleo inicial de publicações relevantes previamente selecionadas para identificar outras publicações que citam o conjunto inicial. Com base em parâmetros estabelecidos para o algoritmo a ser utilizado, cria-se uma sequência de análise de ramificações que exige pouca interferência de especialistas. Sua principal limitação seria a dificuldade de se replicarem resultados dada a necessidade de se ter acesso a amplas bases de dados com altos custos de licenciamento. No caso da recuperação de informação a partir de documentos de patente, a abordagem não teria contribuição clara, tendo seu principal foco as publicações científicas.

Por fim, o último grupo citado pelos autores seria formado por estratégias que focam sua busca na identificação de núcleos de publicação em determinado campo científico. Sua essência está na identificação de revistas científicas relevantes em nanotecnologia para levantamento de suas publicações, as quais comporiam o conjunto final a ser analisado. Embora espere-se uma grande acurácia da estratégia, a mesma não seria eficiente para o caso da nanotecnologia que envolve pesquisas em diversas áreas do conhecimento e muitas vezes não estão contempladas no conjunto específico de revistas dedicadas à nanotecnologia. Assim como a

abordagem anterior, esta não teria utilidade na busca por documentos de patente estando limitada às publicações científicas.

Não obstante as particularidades de cada grupo de abordagem, a diversidade de estratégias de busca descritas na literatura retrata a complexidade envolvida na recuperação de informação em nanotecnologia. De fato, as conclusões de Huang et. al (2010) apontam pra necessidade de um constante refinamento das estratégias de busca, tendo como objetivo identificar o surgimento de novas áreas dentro desse amplo campo tecnológico.

Como destacado anteriormente, a etapa de busca e recuperação de informação mostra-se crítica para a utilização de indicadores bibliométricos tendo em vista que os dados de entrada serão a base para a análise pretendida. Dados incorretos podem levar a conclusões imprecisas, oferecendo uma visão distorcida da realidade. Ao considerarmos a complexidade da recuperação de informação em nanotecnologia, a etapa em questão torna-se ainda mais crítica.

Ao longo da última década, diversos estudos direcionaram esforços significativos para o levantamento e análise de patentes em nanotecnologia utilizando as diferentes abordagens de estratégia de busca mencionadas (ALENCAR, ANTUNES & PORTER, 2007; PORTER et al., 2008; OCDE, 2009; HUANG et. al. 2010; WANG & GUAN, 2012; ARORA et al., 2012; CLUNAN & RODINE-HARDY, 2014). No entanto, apenas um número limitado incluía o Brasil em seu escopo (SANT'ANNA et. al 2014; KAY & SHAPIRA, 2009; MILANEZ, 2011). Até mesmo em estudos que envolvem o papel da nanotecnologia em países em desenvolvimento, pouca atenção é dada para o caso brasileiro e o mesmo ainda carece de mais investigação. Entre as possíveis razões para este fato, duas podem ser destacadas.

Em primeiro lugar, a pouca expressividade do país contribui para o baixo interesse dos pesquisadores. Embora o Brasil possua competências científicas fortes em nanotecnologia, o número de patentes depositadas no país ainda se mostra modesto e a comercialização de soluções nanotecnológicas incipiente. Além disso, não obstante o reconhecimento das iniciativas brasileiras para o avanço da

nanotecnologia, o Brasil ainda possui pouca expressividade quando comparado aos casos de outras economias em desenvolvimento como a da China e da Rússia, de modo que estas recebem maior foco por parte dos estudiosos (CLUNAN & RODINE-HARDY, 2014).

Um segundo fator relevante poderia ser a limitação de acesso a dados. De modo geral, grande parte das pesquisas utiliza uma única base de dados para sua análise, sendo a da *United States Patent and Trademark Office* (USPTO) e a do *European Patent Office* (EPO) as mais utilizadas. Entretanto, uma parte significativa dos depósitos brasileiros é realizada apenas no escritório de patentes nacional, não possuindo extensão para outros países. Desse modo, cria-se uma barreira linguística que dificulta a identificação de documentos disponíveis apenas em português. Ainda que bases integradas como a *Derwent Innovations Index* (DII) mitiguem esse problema, o acesso às informações ainda é restrito, especialmente se considerarmos que bases integradas são comerciais e de alto custo.

Neste estudo, a estratégia de busca selecionada para o levantamento dos depósitos de patente no Brasil será baseada na abordagem proposta por Arora et. al (2012), a qual envolve um esquema de busca modular por palavras-chave estruturado em diferentes etapas, caracterizando-se como uma variação do primeiro grupo descrito anteriormente.

Entre as principais vantagens desta abordagem reside a inclusão de termos relativos ao campo da nanotecnologia sem necessariamente possuírem o prefixo “nano”, além da exclusão daqueles que possuem o prefixo, mas não se relacionam necessariamente com a nanotecnologia. Além disso, o esquema modular permite a inclusão de termos contingenciados e que definem tecnologias na escala nanométrica somente quando acompanhados de outros termos específicos. Desse modo, um conjunto de palavras-chave que poderia ser muito amplo e pouco preciso torna-se funcional aumentando consideravelmente a acurácia da busca. Além do esquema modular, a estratégia utilizada neste estudo também utilizará codificações da CIP, além do sistema de classificação próprio da *Derwent World Patents Index*, organizada

pela Thomson Reuters.

Tendo em vista o acima exposto, a presente pesquisa pretende utilizar indicadores bibliométricos para contribuir para um melhor entendimento das características e especificidades do desenvolvimento da nanotecnologia no Brasil. Além do levantamento dos depósitos de patente realizados no país, os documentos identificados serão classificados e agrupados a partir de uma estrutura de cadeia de valor da nanotecnologia permitindo uma análise detalhada do cenário brasileiro. A metodologia empregada é discutida no próximo capítulo.

4. METODOLOGIA

A metodologia proposta para o desenvolvimento deste estudo baseia-se em quatro etapas que envolvem a recuperação, tratamento e classificação e análise de informações em documentos de patentes depositados no Brasil no período de 2004 a 2013, sejam estes de residentes ou não residentes.

O recorte temporal da pesquisa foi escolhido em função do expressivo avanço da nanotecnologia no período frente as diversas ações do governo brasileiro no sentido de incentivar seu desenvolvimento. Embora atividades pontuais possam ser observadas desde 2001, a nanotecnologia ganha um novo significado no Brasil a partir do lançamento do programa “Desenvolvimento da Nanociência e Nanotecnologia” no âmbito do Plano Plurianual em 2004, seguido da oficialização do Programa Nacional de Nanotecnologia brasileiro em 2005, conforme detalhado na seção 2.4. A data final do período foi definida levando-se em conta o período de sigilo de 18 meses e o tempo de indexação na base de dados, o que comprometeria os resultados dos anos de 2014 e 2015.

4.1. ETAPAS E PROCEDIMENTOS GERAIS

4.1.1. Primeira etapa: busca e recuperação dos documentos de patente

A primeira etapa da metodologia proposta envolve a busca e recuperação dos documentos de patentes a partir dos registros contidos na base de dados *Derwent Innovations Index* (DII), a qual foi selecionada sobretudo em função de dois aspectos: 1) possibilidade de realização de buscas complexas, com diversos operadores booleanos e a partir de uma abordagem modular, as quais são fundamentais para esse domínio da tecnologia; e 2) possibilidade de utilização do sistema de classificação de patentes próprio da base chamado *Derwent Manual Code*.

A DII disponibiliza ainda um resumo detalhado e estruturado em campos que permitem uma melhor leitura e mineração de dados, além do texto em inglês de patentes em outros idiomas, os quais são traduzidos e reescritos por sua equipe de

especialistas. Para fins desta pesquisa, este elemento possui grande relevância tendo em vista que muitos depósitos de patente realizados no Brasil não possuem extensão para outros países e, por consequência, não possuem textos em inglês. Assim, a utilização de outras bases de dados não permitira a utilização da estratégia de busca proposta e tornaria a pesquisa limitada e de difícil reprodução para contextos de outros países, impossibilitando estudos comparativos no futuro.

Outras características da base são a amplitude de cobertura e padronização dos nomes de depositantes por meio de codificação própria. Em termos de cobertura, a DII possui registros bibliográficos de documentos de patentes depositados nos principais escritórios de patente no mundo.

Como destacado anteriormente, a recuperação de informação em nanotecnologia mostra-se particularmente complexa em função de seu caráter emergente, cuja terminologia ainda não se encontra plenamente consolidada, além de envolver diferentes áreas do conhecimento. Levando-se em conta tais particularidades, a estratégia utilizada para recuperação dos documentos de patentes foi baseada em um esquema de busca modular de palavras-chave estruturado em diferentes etapas e adaptado do modelo proposto inicialmente por Arora et al (2012).

Entre as principais vantagens desta abordagem reside a inclusão de termos relativos ao campo da nanotecnologia sem necessariamente possuírem o prefixo “nano”, além da exclusão daqueles que possuem o prefixo, mas não se relacionam fundamentalmente com a nanotecnologia. Além disso, a combinação de diferentes módulos permite uma recuperação de dados mais precisa a partir do cruzamento de palavras-chave relevantes para a área.

Tendo em vista que a estratégia de busca em questão foi desenvolvida para artigos científicos e o presente estudo visa os depósitos de patente, uma modificação foi realizada para incluir também a pesquisa pela Classificação Internacional de Patentes (CIP) e pelo *Derwent Manual Code*. Em função dos objetivos desta pesquisa, optou-se pela combinação das três abordagens com o intuito de recuperar um amplo conjunto de documentos. Além disso, a proposta permite ainda uma comparação

inicial entre diferentes estratégias, fornecendo elementos para pesquisas futuras que se baseiem em estratégias de busca voltadas para nanotecnologia. A seguir são apresentadas considerações sobre os sistemas de classificação utilizados.

a) Classificação Internacional de Patentes (CIP)

Embora a CIP possuísse uma classificação geral para nanotecnologia sob o código B82 desde meados dos anos 2000, foi somente em 2011 que todos os escritórios de patentes do mundo passaram a classificar a nanotecnologia de maneira uniforme com a introdução da subdivisão B82Y. Elaborada com base na classificação Y01N utilizada pelo Escritório Europeu de Patentes, a nova codificação tornou mais fácil a busca de documentos de patente nesta área sendo parte tanto da CIP quanto da CPC (Cooperative Patent Classification). Os códigos Y01N foram tirados de uso e todos os documentos passaram para a nova classificação.

Além da classe para nanotecnologia e suas subclasses (B82B e B82Y), a CIP possui ainda outras classificações que enquadram a área:

- A61K 9/51: Medicinal preparations characterised by special physical form; **Nanocapsules**
- H01F 41/30: Apparatus or processes specially adapted for manufacturing or assembling the devices covered by this subclass; **for applying nanostructures, e.g. by molecular beam epitaxy (MBE)**
- G01Q 70/12: General aspects of SPM probes, their manufacture or their related instrumentation, insofar as they are not specially adapted to a single SPM technique covered by group G01Q 60/00; **Nano-tube tips**

b) *Derwent Manual Codes*

Para fins desta pesquisa, a utilização dos códigos manuais da *Derwent* permite ampliar o escopo da busca sem prejudicar sua precisão, além de facilitar o detalhamento dos resultados. Embora não haja uma classificação única para nanotecnologia, foi realizado um levantamento para seleção de um conjunto de códigos aplicáveis.

Os códigos utilizados na pesquisa foram retirados do *EPI Manual Codes User Guide*, um documento publicado pela organizadora da base de dados *Derwent Innovations Index* que traz um apêndice com todos os códigos relacionados à nanotecnologia nas áreas de química, ciências da vida e engenharia. Além disso, também foram feitas buscas diretas na base de códigos do *Derwent Manual Codes* para identificação de outros códigos relevantes. A tabela a seguir apresenta os códigos identificados e utilizados na estratégia de busca desta pesquisa.

Tabela 1 - Lista e descrição dos códigos manuais da Derwent utilizados na estratégia de busca

Código	Descrição
A08-M09A1	Additives -> Miscellaneous agents or additives [others] -> Agents affecting mechanical, electrical, optical, magnetic and thermal properties -> Agents affecting electrical, magnetic properties -> Carbon electroconductivity agent
A08-M09C1	Additives -> Miscellaneous agents or additives [others] -> Agents affecting mechanical, electrical, optical, magnetic and thermal properties -> Agents affecting optical; thermal properties -> Carbon thermal conductivity agent
A12-W14	Polymer applications -> Other applications [others] -> Nanotechnology
B05-U*	Miscellaneous -> Fullerene type cage structures [general]
B11-C12	Processes, apparatus -> General process, apparatus -> Nanotechnology (general)
B12-M10A7	Diagnostics and formulation types (therapeutic, pesticidal, herbicidal) -> Formulations type -> Sustained and delayed release [general] -> Sustained release (general) -> Nanotechnology devices
B12-M11Q	Diagnostics and formulation types (therapeutic, pesticidal, herbicidal) -> Formulations type -> Tablets, capsules etc. [general] -> Nanoformulations
C05-U*	Natural products (or genetically engineered), polymers -> Fullerene type cage structures [general]
C11-C12	Processes, apparatus -> General process, apparatus -> Nanotechnology (general)
C12-M10A7	Diagnostics and formulation types (therapeutic, pesticidal, herbicidal) -> Formulations type -> Sustained and delayed release [general] -> Sustained release (general) -> Nanotechnology devices
C12-M11Q	Diagnostics and formulation types (therapeutic, pesticidal, herbicidal) -> Formulations type -> Tablets, capsules etc. [general] -> Nanoparticles

E05-U*	Miscellaneous organic compounds -> Fullerene type cage structures [general]
E24-U	Special classes of dyes [general] -> Dye or pigment bound to nanostructure
E27-B01A	Dye formulations; morphology -> General -> Pigments -> Pigment morphology (nano-form)
E27-B02A	Dye formulations; morphology -> General -> Dyestuffs-> Dye morphology (nano-form)
E27-B03A	Dye formulations; morphology -> General -> Others-> Other morphology (nano-form)
E31-U*	Non-metallic elements, metalloids and compounds [general] -> Non-metallic elements, metalloids and compounds [general] (specifically indexed) -> Inorganic nanostructures
E31-V	Non-metallic elements, metalloids and compounds [general] -> Quantum dots or Quantum clusters
J04-F02*	Chemical/physical processes/apparatus -> Microscalar processes -> Nanostructure production
L02-A14	Refractories, ceramics, cement [general] -> Refractories, ceramics, cement [general] (specifically indexed) -> Refractories, ceramics, cement - manufacturing methods, equipment [unclassified] -> Nanomaterials
L02-H04B	Refractories, ceramics, cement [general] -> Refractories, ceramics, cement [general] (specifically indexed) -> Non-oxide ceramics [unclassified] -> Non-oxide ceramics - carbon and graphite [general] -> Carbon nanostructures
L03-A01A6	Electro-(in)organic -> Electro-(in)organic (specifically indexed) -> Electro-(in)organic conductors and insulators -> Electro-(in)organic conductors - mainly metals and alloys -> Non-insulated (conducting alloys, contacts, conductive inks and pastes) -> Nanomaterials
L03-A01C4	Electro-(in)organic -> Electro-(in)organic (specifically indexed) -> Electro-(in)organic conductors and insulators -> Electro-(in)organic conductors - mainly metals and alloys -> Superconductors -> Nanomaterials
L03-A02G	Electro-(in)organic -> Electro-(in)organic (specifically indexed) -> Electro-(in)organic conductors and insulators -> Non metal conductors -> Conductive nanomaterials
L03-A03N	Electro-(in)organic -> Electro-(in)organic (specifically indexed) -> Electro-(in)organic conductors and insulators -> Insulators -> Nanomaterials
L03-B02N	Electro-(in)organic -> Electro-(in)organic (specifically indexed) -> Resistors, magnets, capacitors, switches [unclassified] -> Magnets, inductances, transformers, etc. [general] -> Nanomagnetic Materials
L04-A05	Semiconductors [general] -> Semiconductors [general] (specifically indexed) -> Materials [general] -> Semiconductor nanomaterials
M26-C02	Non-ferrous alloys -> Special alloys -> Nanophase alloys (nanocrystalline)
M27-D03	Ferrous alloys -> Special alloys -> Nanophase alloys

N06-C09	Molecular sieve, zeolite, special form, general -> Molecular sieve, zeolite, special form, general (specifically indexed) -> Special form -> Nano-Catalyst
S03-H02B	Scientific instrumentation -> General scientific instrumentation technology details -> Micro/nanometre scale instrumentation -> Nanometre scale instrumentation
U11-A14	Semiconductor materials and processing -> Materials -> Nano-structural materials
U11-C13	Semiconductor materials and processing -> Substrate processing for semiconductor device manufacture -> Nano scale structure formation and deposition
U12-B03F2*	Discrete devices -> Hall-, ovshinsky- and gunn-effect devices; dielectric triodes, devices not covered elsewhere in U12 -> Devices and thick/thin film and organic semiconductor devices - other -> Micromechanical structures -> Nanostructures
U21-B01T	Logic circuits, electronic switching and coding -> Electronic switching or gating -> Electronic switching or gating, characterised by switching device -> Using nano-tubes
U21-C01T	Logic circuits, electronic switching and coding -> Logic circuits -> Logic circuits characterised by components -> Logic circuits using nanotubes
V02-A10*	Inductors and transformers -> Magnetic materials -> Nanomaterials and their manufacture
V02-B04	Inductors and transformers -> Thin magnetic films -> Thin magnetic films
V02-H02G	Inductors and transformers -> Manufacture -> Applying magnetic films to substrate -> Nanostructures manufacture
V03-C10A	Switches and relays -> Switches -> Microswitches -> Nanoswitches
V03-D10A	Switches and relays -> Relays -> Nanorelays
V04-X01B1	Printed circuits and connectors -> Miscellaneous -> General electronic components packaging, materials, cleaning, manufacture and disposal -> Materials -> Nanomaterials
V05-B05A5C	Valves, discharge tubes and CRTs -> Classical vacuum tubes and cold cathode devices -> Microminiature cold cathode devices -> Characterised by nature of device -> Characterised by emitting element -> Carbon nanotube
V05-E01C7A	Valves, discharge tubes and CRTs -> X-ray/Extreme UV tubes and techniques (general); ion beam tubes -> Electron beam target-impact X-ray tubes and generators -> Cathodes -> Cold cathode -> Carbon nanotube based
V06-M06G8A	Electromechanical transducers and small machines -> Small electric machines -> Electric machines – other -> Micromotors; microactuators -> Microgenerators; nanogenerators -> Nanogenerators
V06-M06G9	Electromechanical transducers and small machines -> Small electric machines -> Electric machines – other -> Micromotors; microactuators -> Nanomotors/nanoactuators
V06-N22A	Electromechanical transducers and small machines -> Controlling

	small electric machines -> Micromotors; microactuators -> Nanomotors/nanoactuators
V06-N40H1	Electromechanical transducers and small machines -> Controlling small electric machines -> Low power generators -> Microgenerators; nanogenerators -> Nanogenerators
V06-V01K2	Electromechanical transducers and small machines -> Electromechanical transducers -> Transducers characterised by mode, principle, scale or type -> Microtransducers; nanotransducers -> Nanotransducers
X12-D01D	Power distribution/components/converters -> Cables, conductors, conductive materials -> Materials -> Nano-materials
X12-D02C2D	Power distribution/components/converters -> Cables, conductors, conductive materials -> Non-insulated conductors; conductive films and structures -> Non-insulated conductors -> Low power conductors -> Conducting nanostructures
X12-D07E2A	Power distribution/components/converters -> Cables, conductors, conductive materials -> Manufacture, salvaging -> Non-insulated conductor or conductive part of insulated cable -> Low power conductors -> Nano-wires; nanotubes
X12-E01D	Power distribution/components/converters -> Insulators -> Inorganic substances -> Inorganic nanomaterials
X12-E02D	Power distribution/components/converters -> Insulators -> Organic substances -> Organic nanomaterials
X12-E03D	Power distribution/components/converters -> Insulators -> Insulating nanostructures
X16-C15C3A	Electrochemical storage -> Fuel cells and associated components -> Fuel/gas supply arrangements, storage facility; combustion products/exhaust gas handling -> Fuel storage facility -> Hydrogen storage/absorption material -> Nanomaterial/nanotube
X16-E01H1	Electrochemical storage -> Electrodes -> Active materials -> Characterised by active material size/structure -> Nanomaterials
X16-E06A1A	Electrochemical storage -> Electrodes -> Fuel and hybrid cell electrodes -> Fuel cell -> Electrode materials -> Nanomaterials/nanotubes
X16-J01E	Electrochemical storage -> Electrolytes -> Solid -> Nanomaterials

Fonte: Elaboração própria

O Quadro 2 apresenta a esquematização da estratégia modular empregada nesta dissertação. As buscas foram realizadas utilizando-se a opção de “Busca Avançada” da base DII, compreendendo os campos Tópico (TS), Classificação Internacional de Patentes (IP) e Derwent Manual Codes (MAN). O campo TS permite a busca nos títulos e resumos dos documentos, tendo sido utilizado para a etapa da busca por palavras-chave. Os campos IP e MAN, por sua vez, permitiram a busca por sistemas de classificação. Ao final, as três abordagens são combinadas para se

chegar a um único conjunto de documentos. Para recuperação dos documentos de patentes depositados no Brasil, utilizou-se ao final das etapas a combinação condicional com o campo Número da Patente (PN) com o termo BR*.

Quadro 2 - Estratégia de busca modular

Etapa	Termos de busca
#1	TS=(nano*)
#2	TS=(("quantum dot** OR "quantum well** OR "quantum wire**") NOT nano*)
#3	TS=(("self assembl** OR "self organiz** OR "directed assembl**") AND (TERMOS DE CONTINGÊNCIA 1))
#4	TS=(("molecul* motor** OR "molecul* ruler** OR "molecul* wir** OR "molecul* devic** OR "molecular engineering" OR "molecular electronic** OR "single molecul** OR fullerene* OR buckyball OR buckminsterfullerene OR C60 OR "C-60" OR methanofullerene OR metallofullerene OR SWCNT OR MWCNT OR "coulomb blockad** OR bionano* OR "langmuir-blodgett" OR Coulombstaircase* OR "PDMS stamp** OR graphene OR "dye-sensitized solar cell" OR DSSC OR ferrofluid* OR "core-shell") NOT nano*)
#5	TS=(((TEM or STM or EDX or AFM or HRTEM or SEM or EELS or SERS or MFM) OR "atom* force microscop** OR "tunnel* microscop** OR "scanning probe microscop** OR "transmission electron microscop** OR "scanning electron microscop** OR "energy dispersive X-ray" OR "xray photoelectron** OR "x-ray photoelectron" OR "electron energy loss spectroscop** OR "enhanced raman-scattering" OR "surface enhanced raman scattering" OR "single molecule microscopy" OR "focused ion beam" OR "ellipsometry" OR "magnetic force microscopy") AND (TERMOS DE CONTINGÊNCIA 2) NOT nano*)
#6	TS=(((NEMS OR Quasicrystal* OR "quasi-crystal** OR "quantum size effect" OR "quantum device") AND (TERMOS DE CONTINGÊNCIA 1)) NOT nano*)
#7	TS=(((biosensor* OR NEMS OR ("sol gel** OR solgel") OR dendrimer* OR CNT OR "soft lithograph** OR "electron beam lithography" OR "e-beam lithography" OR "molecular simul** OR "molecular machin** OR "molecular imprinting" OR "quantum effect** OR "surface energy" OR "molecular sieve** OR "mesoporous material** OR "mesoporous silica" OR "porous silicon" OR "zeta potential" OR "epitax**") AND (TERMOS DE CONTINGÊNCIA 2)) NOT nano*)
#8	IP=(B82* OR A61K 9/51 OR H01F 41/30 OR G01Q 70/12)
#9	MAN=(CÓDIGOS MANUAIS DERWENT ¹⁴)
#10	#9 OR #8 OR #7 OR #6 OR #5 OR #4 OR #3 OR #2 OR #1
#11	#10 AND PN=BR*
Termos de contingência	
1	(monolayer* OR "mono-layer** OR film* OR quantum* OR multilayer* OR "multi-layer** OR array* OR molecul* OR polymer* OR "co-polymer** OR copolymer* OR mater* OR biolog* OR supramolecul*)
2	(monolayer* OR "mono-layer** OR film* OR quantum* OR multilayer* OR "multi-layer** OR array*)

Fonte: Adaptado de Arora et al (2012)

¹⁴ A lista de todos os códigos utilizados é apresentada na Tabela 1.

Conforme destacado anteriormente, a abordagem utilizada nesta pesquisa envolve também etapas de exclusão de termos para maior acurácia dos resultados, as quais foram realizadas após as etapas de inclusão descritas no Quadro 2. A etapa de exclusão utilizada foi aquela descrita por Arora et al (2012) tendo como objetivo retirar registros recuperados na etapa de inclusão que não estejam relacionados com tecnologias na escala nanométrica. Alguns termos quando identificados resultam na exclusão direta do documento, enquanto outros resultam na exclusão apenas se nenhum outro termo relacionado a nanotecnologia for identificado.

O conjunto de exclusão envolve termos ambíguos como NaNO_3 que, embora contenha “nano”, refere-se ao composto químico nitrato de sódio. Além disso, são retirados também mais de 270 nomes de organismos que possuem o prefixo “nano” como “Nanoarchaeum”. Outros exemplos de termos que levam a exclusão de documentos são aqueles relacionados somente a escala de medida como “nanosecond” quando identificados sozinhos, ou seja, sem que outros termos em nanotecnologia estejam presentes. As palavras-chave utilizadas nesse processo são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Grupos de termos de exclusão

Grupo	Termos
1	Nanoa; Nanoacalles; Nanoagraylea; nanoapiculatum; Nanoarchaea; Nanoarchaeota; Nanoarchaeum; Nanoastegotherium; Nanobagrus; Nanobalcis; Nanobaris; Nanobates; Nanobatinae; Nanobius; Nanobryaceae; nanobryoides; Nanobuthus; Nanocalcar; Nanocambridgea; nanocapillare; nanocarpa; nanocarpum; Nanocarpus; Nanocassiope; Nanocavia; nanocephalum; Nanocheirodon; Nanochilina; Nanochilus; Nanochitina; Nanochlaenius; Nanochlorum; Nanochoerus; Nanochromis; Nanochrysopa; Nanochthonius; Nanocixius; Nanocladius; Nanoclarella; Nanoclavelia; nanoclimacium; Nanoclymenia; Nanocnide; Nanocochlea; Nanocolletes; Nanocondylodesmus; Nanocopia; Nanocoquimba; Nanocrinus; Nanoctenus; Nanothispa; Nanocuridae; Nanocuris; Nanocyclopia; Nanocynodon; Nanocythere; Nanodacna; nanodactylus; Nanodamon; Nanodea; nanodealbata; Nanodectes; nanodella; Nanodelphys; nanodendron; nanodes; Nanodiaparsis; Nanodiaptomus; Nanodidelphys; Nanodiella; Nanodiodes; Nanodiplosis; Nanodiscus; nanodisticha; Nanodromia; Nanodynerus; Nanofila; Nanofilidae; Nanogalathea; nanoglobum; Nanoglossa; Nanognathia; Nanognathus; Nanogomphodon; Nanogona; Nanogonalo; Nanogorgon; Nanogramma; Nanograptus; Nanogyra; Nanogyrini; Nanohalus; Nanohammus; Nanoheemicera; nanohystrix; nanoides; Nanoini; Nanojapyx; Nanokerala; Nanokermes; Nanola; Nanolachesilla; Nanolania; Nanolauthia; Nanolestes; Nanolichus; Nanolobus; Nanoloricida; Nanolpium; nanolumen; Nanomaja; Nanomantinae; Nanomantini; Nanomantis; Nanomelon; Nanomermis; Nanomerus; Nanomeryx; Nanometa; Nanometidae; Nanometinae; Nanometra; Nanomia; Nanomias; Nanomicrophyes; Nanomilleretta; Nanomimus; Nanomis; nanomitra; Nanomitriella; Nanomitriopsis; Nanomitus; Nanomutilinae; Nanomutila; Nanomyces; Nanomyina; Nanomyrmacyba; Nanomyrme; Nanomys; Nanomysis; Nanomysmena; Nanonaucoris; Nanonavis; Nanoneis; Nanonemoura; nanonocticolus; Nanonycteris; Nanopachyiulus; Nanopagurus; Nanopareia; Nanoparia; Nanopatula; nanopennatum; Nanoperla;

	Nanophareus; Nanophemera; Nanophthalmus; Nanophya; Nanophydes; Nanophydinae; Nanophydini; Nanophyes; Nanophysetinae; Nanophyetus; Nanophyidae; Nanophyinae; Nanophyini; nanophylla; Nanophylliini; Nanophyllum; nanophyllum; nanophyllus; Nanophytes; nanophyti; Nanophyton; Nanopilumnus; Nanopitar; Nanoplafia; Nanoplax; Nanoplaxes; Nanoplectrus; Nanoplithisus; Nanopodella; Nanopodellus; nanopolymorphum; Nanopolystoma; Nanopria; Nanops; Nanopsallus; Nanopsis; Nanopsocetae; Nanopsocus; Nanopterodectes; Nanopterum; Nanoptilium; Nanopus; nanopyxis; Nanoqia; nanoqsunquak; Nanorafonus; Nanorana; Nanoraphidia; Nanorches; Nanorchesidae; Nanorhamphus; Nanorhathymus; Nanorhopaea; Nanorrhacus; Nanorrhynchus; Nanorthidae; Nanorthis; Nanos; nanosalicium; Nanosauridae; Nanosaurus; Nanoschema; Nanoschetus; Nanoscydus; Nanoscypha; Nanosella; Nanosellini; nanoserranus; Nanosesarma; nanosetus; Nanosilene; Nanosiren; Nanosius; Nanosmia; Nanosmilus; nanosomus; nanospadix; nanospathulatum; Nanospira; Nanospondylus; nanospora; Nanosteatoda; nanostellata; Nanostictis; Nanostoma; Nanostomus; Nanostrangalia; Nanostrea; Nanostreptus; Nanosura; Nanosylvanella; Nanotagalus; Nanotanaupodus; nanotaphus; Nanotermidius; Nanothamnus; nanothecioidea; Nanothecium; Nanothinophilus; Nanothrips; Nanothyris; Nanotitan; Nanotitanops; Nanotopsis; Nanotragulus; Nanotragus; Nanotrema; Nanotrephe; Nanotrigona; Nanotriton; Nanotrombium; Nanotyrannus; Nanoviridae; Nanovirus; Nanowana; Nanowestratia; Nanoxylocopa.
2	nano-; nano ² ; nano ³ ; nana; nana-; nanofila; nanog; nanog-; nanola; nanor; nanor-; nanos; nanosatellite
3	nano-gram; nano-liter; nano-litre*; nano-meter; nano-metre; nano-molar; nano-second; nanofilter*; nanogram*; nanoliter*; nanolitre*; nanometer*; nanometre*; nanomolar*; nanomole*; nanosecond*;

Fonte: Adaptado de Arora et al (2012)

4.1.2. Segunda etapa: Tratamento dos dados

Após busca e recuperação, a **segunda etapa** envolve a importação dos registros bibliográficos para o software *VantagePoint* versão 9.0¹⁵. Esta ferramenta auxilia no processo de mineração de textos (*text mining*) e manipulação de dados em registros biométricos, tornando o processo de limpeza e processamento das informações mais preciso e robusto.

A utilização do *VantagePoint*¹⁶ auxilia a entender relacionamentos e a encontrar padrões nos resultados da busca, transformando informação em conhecimento. Além de permitir o tratamento dos dados, o *software* possibilita ainda a criação de mapas e matrizes para apresentação da análise.

4.1.3. Terceira etapa: Classificação dos documentos recuperados

A **terceira etapa** da pesquisa envolve a classificação dos documentos em função do posicionamento na cadeia produtiva de valor da nanotecnologia. Ainda que

¹⁵ O VantagePoint é desenvolvido pela *Search Technology* (<http://www.thevantagepoint.com>).

¹⁶ Utilização da licença do software *VantagePoint* cedida pela NanoBusiness Informação e Inovação Ltda.

seja possível a utilização de procedimentos baseados na mineração de dados para automatização dessa etapa, o método adotado envolverá a leitura dos campos de título e resumo de cada documento recuperado visando sua classificação manual, o que trará maior acurácia para o processo proposto.

Ao abordar o tema, Alencar et al (2007) propuseram uma estratégia baseada na interseção entre subclasse da CIP com os usos indicados da patente. Para tanto, os autores utilizaram a mineração de texto no campo referente o uso da patente, segregando os termos mais frequentes em uma subclasse CIP para posterior posicionamento dos termos ao longo da cadeia de valor. A metodologia proposta neste estudo pioneiro foi posteriormente adotada também por Wang & Guan (2012) ao analisarem o contexto chinês frente a outros países.

Ainda que a mesma estratégia pudesse ser adotada, optou-se nesta dissertação pela leitura dos campos de título e resumo de cada documento visando sua recuperação manual. Em especial, a abordagem tem como objetivo permitir o desenvolvimento de outras metodologias baseadas em mineração de texto mais precisas, as quais poderão ser realizadas em estudos futuros.

A classificação manual envolve a análise criteriosa dos documentos de patente, permitindo uma avaliação de diversos elementos que possam contribuir para uma classificação precisa de registros bibliométricos de patentes no que se refere ao seu posicionamento na cadeia de valor da nanotecnologia. Entre os aspectos avaliados estão a descrição do caráter de novidade e uso do documento de patente, a relação entre a CIP e os termos mais frequentes e potenciais elementos diferenciadores de cada estágio da cadeia de valor como as palavras-chave específicas.

A classificação em função do posicionamento na cadeia produtiva de valor será baseada em quatro categorias, sendo estas:

- 1) Nanoinssumos: estruturas na escala nanométrica em sua forma não processada (nanopartículas de metal e cerâmica, nanotubos de carbono, fulerenos, pontos quânticos, dendrímeros, nanofios, entre outros)
- 2) Nanointermediários: produtos intermediários com características associadas à escala nanométrica (revestimentos, compósitos, células

solares, sensores, *drug delivery*, terapêutica, entre outros)

- 3) Nanoprodutos: produtos finais com nanotecnologia incorporada (produtos farmacêuticos, protetores solares, baterias, vestuário, eletrônicos, entre outros)
- 4) Instrumentação: equipamentos e softwares utilizados para visualização, manipulação e modelagem na escala nanométrica.

A leitura e classificação dos documentos é realizada com o auxílio do software VantagePoint.

4.1.4. Quarta etapa: análise de dados

Por fim, a quarta etapa tem como objetivo a análise dos conjuntos de patentes posicionados em cada elo da cadeia produtiva para identificação de suas particularidades e características como, por exemplo, os principais depositantes e sua natureza.

4.2. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA

4.2.1. Busca e recuperação dos documentos de patente

Como ressaltado anteriormente, a expressão de busca utilizada nesta dissertação foi estabelecida com o objetivo de recuperar um amplo conjunto de registros bibliográficos de documentos de patentes em nanotecnologia no Brasil, combinando as abordagens de palavras-chave e sistemas de classificação.

As buscas foram realizadas utilizando-se a estratégia modular apresentada na seção 4.1.1. Tendo em vista que o único campo de busca referente a data disponível na DII é aquele da data de entrada das informações na base, foi utilizado o período de 2004 a 2015 para a recuperação de informações. Ainda que para fins deste estudo tenha-se optado pela análise das patentes depositadas entre 2004 e 2013, a busca na base até 2015 mostra-se relevante em função do intervalo de tempo entre o depósito e indexação dos dados, bem como outros fatores que podem ocasionar um

atraso na inclusão dos registros.

Assim, a aplicação da estratégia de busca proposta resultou em um conjunto inicial de **2780** registros brutos de documentos de patente depositados no Brasil. Antes que se desse prosseguimento ao estudo, foram realizadas comparações entre as diferentes abordagens que compõem a expressão de busca utilizada. O Quadro 3 apresenta o resumo da influência das abordagens de palavras-chave, Classificação Internacional de Patentes e *Derwent Manual Codes* no resultado.

Quadro 3 - Comparaçāo entre as abordagens utilizadas na estratégia de busca

Abordagem	Depósitos de patente identificados	Comentários
Estratégia de busca proposta	2780	Estratégia utilizada no estudo combinando as três abordagens
Somente palavras-chave	2605	Foram retiradas da estratégia as etapas que envolviam os sistemas de classificação
Somente Classificação Internacional de Patentes	757	Foram retiradas da estratégia as etapas que envolviam palavras-chave e <i>Derwent Manual Codes</i>
Somente <i>Derwent Manual Codes</i>	612	Foram retiradas da estratégia as etapas que envolviam palavras-chave e Classificação Internacional de Patentes

Fonte: Elaboração própria

A estratégia de palavras-chave é aquela que traz o maior número de documentos e possui a maior influência no resultado final da busca. Como destacado anteriormente, uma das desvantagens deste tipo de abordagem é a possibilidade de se ter número expressivo de documentos que não se enquadram no campo da nanotecnologia, o que seria oriundo da presença de termos muito gerais e comuns a diferentes áreas.

Ainda que se considere tal limitação, deve-se ressaltar que a expressão de busca utilizada nesta dissertação apresenta elementos que mitigam esse risco e tornam a abordagem mais precisa. Inicialmente proposta por Arora et al (2012), a expressão empregada envolve etapas modulares e termos de contingência que permitem uma maior acurácia na busca. Além disso, a abordagem em questão mostra-se importante ao considerarmos que os sistemas de classificação para

nanotecnologia ainda são relativamente recentes, não representando um conjunto expressivo de tecnologias.

De fato, o número de depósitos recuperados pelas abordagens de sistema de classificação não foi expressivo. Tanto a utilização do sistema de Classificação Internacional de Patentes quanto o *Derwent Manual Codes* tiveram uma influência relativamente baixa no resultado final da busca, trazendo poucos depósitos adicionais a estratégia de palavras-chave. A Tabela 3 apresenta o número de depósitos trazidos por cada abordagem de sistema de classificação em relação ao conjunto de depósitos trazidos pelas palavras-chave.

Tabela 3 - Influência das abordagens de sistema de classificação na estratégia de busca

Abordagem	Número de documentos
Documentos trazidos pela Classificação Internacional de Patentes não contidos na estratégia de palavras-chave	154
Documentos trazidos pelo <i>Derwent Manual Codes</i> não contidos na estratégia de palavras-chave	23

Fonte: Elaboração própria

Como pode ser observado, a etapa de Classificação Internacional de Patentes trouxe 154 documentos que não haviam sido recuperados pelo esquema modular de palavras-chave. A utilização do *Derwent Manual Codes*, por sua vez, trouxe um número ainda menor de depósitos não contidos no resultado da busca por palavras-chave: 23.

Para fins de elucidação, são apresentados abaixo exemplos de depósitos recuperados exclusivamente por uma das três abordagens, os quais foram escolhidos de modo aleatório nos seus respectivos conjuntos. Os dados apresentados foram retirados diretamente dos resultados da busca na base DII. O campo número da patente apresenta a codificação utilizada pela base e os campos título e resumo apresentam a tradução realizada pela equipe responsável pela indexação dos documentos.

Depósito recuperado pela estratégia de palavras-chave não contido na estratégia

por Classificação Internacional de Patentes ou Derwent Manual Codes

Número da patente	BR201006335
Título	Method of obtaining nanocellulose* fibers used in textiles, cosmetic products and thermal paper, involves selecting raw material rich in cellulose in feedstock and extracting fibers from feedstock by using immersion in water
Resumo	NOVELTY - Obtaining nanocellulose* fibers involves selecting a raw material rich in cellulose in an feedstock and extracting fibers from the feedstock by using immersion in water. The fiber is cleaned by using a solution. The solution comprises a saponification agent, a nonionic detergent, hydrogen peroxide and sodium metasilicate. The materials are heated at 80 degrees C for 15 minutes and the fiber is whashed with warm water and then with cold water. The treated fiber is neutralized by an acidic solution of 1% acetic acid, and then enzymatic hydrolysis and sonication are performed. USE - Method of obtaining nanocellulose* fibers used in textiles, cosmetic products, thermal paper and filter for capturing viruses and bacteria (claimed). ADVANTAGE - The method enables to obtain nanocellulose* fibers having high-strength.
CIP	D01C-001/02; C12S-003/04
Derwent Manual Codes	D05-A02; D05-C08; F01-B02; F01-D06; F01-E02; F01-E05; F01-E06; F03-B01; F05-A06C
Depositante	UNICAMP UNIV ESTADUAL CAMPINAS
Ano de depósito	2010

* Termo identificado na estratégia de busca.

Depósito recuperado pela Classificação Internacional de Patentes não contido na estratégia por palavras-chave ou Derwent Manual Codes

Número da patente	BR201002162
Título	Emulsifier-free latex production involves obtaining polymeric dispersions by using emulsion polymerization without requiring emulsifiers or protective colloids
Resumo	NOVELTY - Emulsifier-free latex production involves obtaining polymeric dispersions by using emulsion polymerization without requiring emulsifiers or protective colloids. The emulsions is prepared based on polymerization of hydrophobic, hydrophilic and unsaturated ethylene monomers in aqueous medium in presence of a colloidal oxide, such as silica, titanium, or zinc oxide under stirring at reaction temperature. The obtained reaction medium is added into hydrophilic initiator, which initiates the polymerization process. USE - Method for producing emulsifier-free latex. ADVANTAGE - The method allows emulsions with a wide range of particle sizes, varying from 50 nm-10 pm. The produced emulsifier-free latex has excellent colloidal stability.
CIP	C08F-002/24; <u>B82B-001/00*</u> ; C08F-002/56
Derwent Manual Codes	A02-A00A; A02-D; A04-C04A; A04-D04; A04-F01; A10-B03
Depositante	INST PESQUISAS TECNOLOGICAS DO ESTADO
Ano de depósito	2010

* Termo identificado na estratégia de busca. B82B-0001/00: Nano-structures formed by manipulation of individual atoms or molecules, or limited collections of atoms or molecules as discrete units.

Depósito recuperado pelo *Derwent Manual Codes* não contido na estratégia por

palavras-chave ou Classificação Internacional de Patentes

Número da patente	BR200601089
Título	Deodorant cosmetic composition, useful to treat human body odor, comprises a zinc salicylate compound and an anti-perspirant aluminum salt
Resumo	NOVELTY - Deodorant cosmetic composition comprises: a zinc salicylate compound or its derivative, in free or hydrated form; and an anti-perspirant aluminum salt, where the weight ratio of zinc salicylate to aluminum salt is 1:500-10:1. USE - The composition is useful: to treat human body odor (claimed); to reduce sweat-flow; and to mask, absorb and reduce the unpleasant body odor. ADVANTAGE - The composition has improved effect. DETAILED DESCRIPTION - INDEPENDENT CLAIMS are included for: (1) an aerosol device comprising a container having the composition and a propellant agent to distribute the composition in the aerosol; and (2) a process to treat human body odors comprising applying the composition on the surface of the armpits.
CIP	A61K-008/19; A61K-008/26; A61K-008/27; A61K-008/28; A61Q-015/00; A61K-008/30; A61K-008/368; A61K-007/36; C07D-207/28
Derwent Manual Codes	A12-V04C; B04-C03C; B04-C03F; B05-A01B; B05-A03; B05-C08; B05-U06* ; B10-B02J; B10-C03; B10-E04C; D08-B09B; D09-A01A; D09-B01B
Depositante	INST PESQUISAS TECNOLOGICAS DO ESTADO
Ano de depósito	2010

* Termo identificado na estratégia de busca. B05-U06: Inorganic nanostructures.

Assim, ainda que se possa argumentar em favor da maior acurácia dos resultados obtidos pelos sistemas de classificação, a combinação das três abordagens oferece um ponto de partida interessante para recuperação de informação em nanotecnologia. Como pode ser observado, cada documento de depósito citado acima enquadra-se no campo tecnológico em questão e não teria sido recuperado caso suas respectivas abordagens não tivessem sido utilizadas.

Tendo sido finalizada a etapa de busca com 2780 registros brutos como resultado, foi realizada então a coleta dos mesmos a partir do processo de requisição e download dos arquivos gerados pela base. Como a base DII limita em 500 o número de registros bibliográficos por arquivo, o procedimento foi realizado seis vezes até que todos os registros fossem coletados em seis arquivos distintos.

4.2.2. Tratamento dos dados

Após os registros bibliométricos terem sido coletados da base de dados DII, os mesmos foram importados para o software *VantagePoint* versão 9.0 para tratamento dos dados.

Como destacado, a estratégia de busca utilizada contém uma etapa de inclusão, ou seja, uma etapa que envolve a busca e recuperação de documentos que contenham determinados termos, além de uma segunda etapa que envolve a exclusão de outros termos do conjunto recuperado. Para assegurar maior acurácia, a etapa de exclusão foi realizada no software de tratamento após a importação dos registros.

Assim, após a etapa de exclusão de registros a partir dos termos apresentados na Tabela 2, foi realizada também a depuração dos dados brutos de forma a manter apenas as patentes que possuíam sua primeira data de prioridade no período de interesse do estudo (2004 a 2013). Desse modo, chegou-se a um total de 2184 registros de documentos de patente depositados no Brasil no período, os quais passaram a compor o conjunto final de análise deste estudo.

Posteriormente, uma outra etapa de limpeza e tratamento dos dados foi realizada para harmonização dos nomes dos depositantes. Para tanto, foram utilizadas funcionalidades do software que permitem agrupar possíveis variações de escrita que poderiam prejudicar a análise. Uma das principais funcionalidades utilizadas envolve um *script* que automatiza a harmonização dos nomes com base no campo *Derwent Patent Assignee Code*. Este campo específico da base *Derwent Innovations Index* utiliza uma codificação para harmonizar o nome de empresas e grupos empresariais.

4.2.3. Classificação dos documentos recuperados

Nesta etapa, os registros de documentos de patente recuperados foram classificados em função de seu posicionamento na cadeia produtiva de valor da nanotecnologia envolvendo quatro categorias: nanoinssumos, nanointermediários,

nanoproductos e instrumentação.

A leitura e classificação dos documentos foi realizada com auxílio do software VantagePoint, o qual permite o rápido acesso aos registros bibliométricos e a criação de classificadores que podem ser atribuídos aos registros no momento da leitura e análise.

A classificação envolveu a análise de cada registro a partir da definição dos estágios da cadeia de valor da nanotecnologia. Desse modo, buscou-se considerar não apenas a presença de termos específicos, mas também o contexto da invenção descrita sob a perspectiva da cadeia de valor. A Tabela 4 apresenta alguns termos característicos de cada elo da cadeia de valor.

Tabela 4 - Conjunto de termos característicos dos estágios da cadeia de valor

Elo da cadeia	Termos comuns
Nanomateriais	carbon nanotubes, ceramic nanoparticles, dendrimers, antibody, fullerenes, metal nanoparticles, nanobelts, nanocapsules, nanocrystalline materials, nanoporous materials, nanoscale films, nanospheres, nanosprings, nanostructured metal, nanowires, polymer nanoparticles, protein, quantum dots
Nanointermediários	Adhesive, catalyst, coatings, composites, diagnostics, displays, drug delivery, fabrics, fiber, field emission display, film, insulation, integrated circuit, liquid crystal display, memory, optical components, orthopedic materials, resin, semiconductor device, sensors, solar cells, substrate, superconducting wire, therapeutics
Nanoproductos	Cosmetics, drug, air-conditioner, airplanes, appliances, cancer (treatment medication), clothing, computers, consumer electronics devices, motor vehicle, pharmaceuticals, plastic containers, processed food, refrigerator, television, wiring board
Instrumentação	Absorption spectroscopy, aluminum nanopositioner stages, atomic force microscopes (AFMs), nanolithography, electron microscopes, electron paramagnetic spectroscopy, electron spectroscopy, electron spin resonance (ESR)

Fonte: Adaptado de Wang & Guan (2012)

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. INDICADORES TECNOLÓGICOS DO PATENTEAMENTO EM NANOTECNOLOGIA NO BRASIL

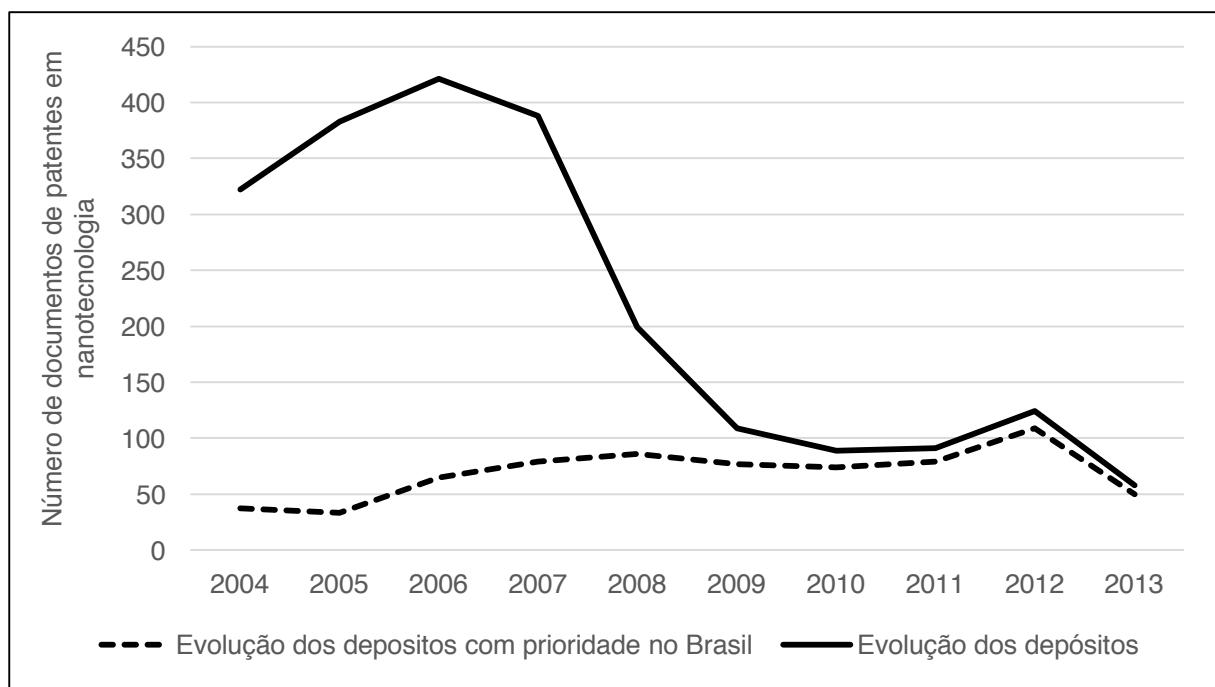
Esta seção tem como objetivo apresentar os resultados iniciais e os indicadores tecnológicos do patenteamento em nanotecnologia no Brasil no período de 2004 a 2013. Desse modo, pretende-se oferecer uma visão holística do cenário brasileiro avaliando os 2184 registros de depósitos de patente resultantes das etapas metodológicas descritas no Capítulo 4.

5.1.1. Evolução temporal do patenteamento em nanotecnologia no Brasil

O Gráfico 1 apresenta a evolução temporal dos depósitos de patente em nanotecnologia por ano de prioridade, considerando o conjunto total da análise (linha contínua) e o conjunto de documentos com prioridade no Brasil (linha tracejada). A evolução temporal dos depósitos apresenta um curto período de crescimento entre os anos de 2004 e 2006, passando de 322 depósitos de patente para 421, sendo este o pico da série de dados. Nos anos seguintes, observa-se uma forte queda, chegando a 109 depósitos em 2009 e a 89 em 2010.

Ao considerarmos somente os depósitos com prioridade no Brasil, observa-se um crescimento modesto entre 2004 e 2008. No entanto, o numero de depósitos nos anos seguintes mantém-se relativamente estável com poucas variações. A partir de 2010, as duas curvas começam a convergir, indicando que a maior parte dos depósitos nos anos seguintes possuem o Brasil como país de prioridade.

Gráfico 1 - Evolução temporal dos depósitos de patente em nanotecnologia por ano de prioridade [2004-2013]



Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na base *Derwent Innovation Index* [2004-2013]

Deve-se ressaltar que os dados da evolução temporal dos depósitos de patente em nanotecnologia no Brasil parecem indicar uma tendência contrária aquela observada no restante do mundo. De modo geral, as publicações científicas e os depósitos de patente em nanotecnologia apresentaram nos últimos anos um aumento expressivo, indicando uma tendência de forte crescimento para os próximos anos (CLUNAN & RODINE-HARDY, 2014).

Por outro lado, a hipótese de uma queda nos depósitos de patente em nanotecnologia no Brasil seria pouco verossímil, de modo que uma análise mais aprofundada mostrou ser necessária. Em primeiro lugar, deve-se levar em conta que o número de depósitos de patente com prioridade no Brasil apresenta um crescimento modesto entre 2004 e 2008, mantendo-se estável nos anos seguintes. Desse modo, assume-se que a queda observada no conjunto dos 2184 documentos não pode ser atribuída a um fator interno relacionado a retração do número de depósitos de patentes por residentes, já que a evolução destes depósitos não segue a mesma

tendência.

Como destacado anteriormente, o governo brasileiro buscou desde o início dos anos 2000 incluir a nanotecnologia em suas políticas públicas, sinalizando seu reconhecimento como campo estratégico para o futuro ao implementar mecanismos para promover seu avanço. Não obstante tais esforços, a pouca expressividade dos depósitos de residentes evidencia um problema sistêmico do Brasil marcado pelo fraco desempenho no número de depósitos de patente e utilização de instrumentos de propriedade intelectual como um todo. Assim, tal fato não pode ser considerado como uma particularidade do campo da nanotecnologia.

Tendo sido refutada a influência dos depósitos de residentes na queda do número de documentos de patente em nanotecnologia no Brasil, resta analisar fatores relacionados aos depósitos de não-residentes que poderiam elucidar a questão. De fato, o acima exposto indica que a queda observada a partir de 2006 no Gráfico 1 pode ser atribuída a uma diminuição no número de depósitos de patente de não-residentes no país, fazendo necessária uma análise mais detalhada deste grupo específico.

Em primeira análise, uma diminuição no número de depósitos de não-residentes no país também não seria crível por diversos fatores. Como já destacado anteriormente, a nanotecnologia representa um campo tecnológico emergente com forte crescimento no número de depósitos de patente no mundo, o que leva a crer que a queda observada estaria restrita ao Brasil, ou seja, atores de outros países estariam abrindo mão da proteção da propriedade intelectual de suas invenções no país.

Ainda que essa hipótese pudesse ser possível, algum fator de grande impacto deveria ser observado para justificar a tendência em questão como, por exemplo, novas regulamentações ou uma deterioração acentuada do ambiente de negócios no país. Entretanto, nenhum fato relevante foi constatado no período, de modo que a queda ainda assim não poderia ser explicada. A crise econômica mundial deflagrada em 2008 tampouco poderia ser uma explicação ao considerarmos as tendências de crescimento do número de depósitos no mundo nos anos seguintes.

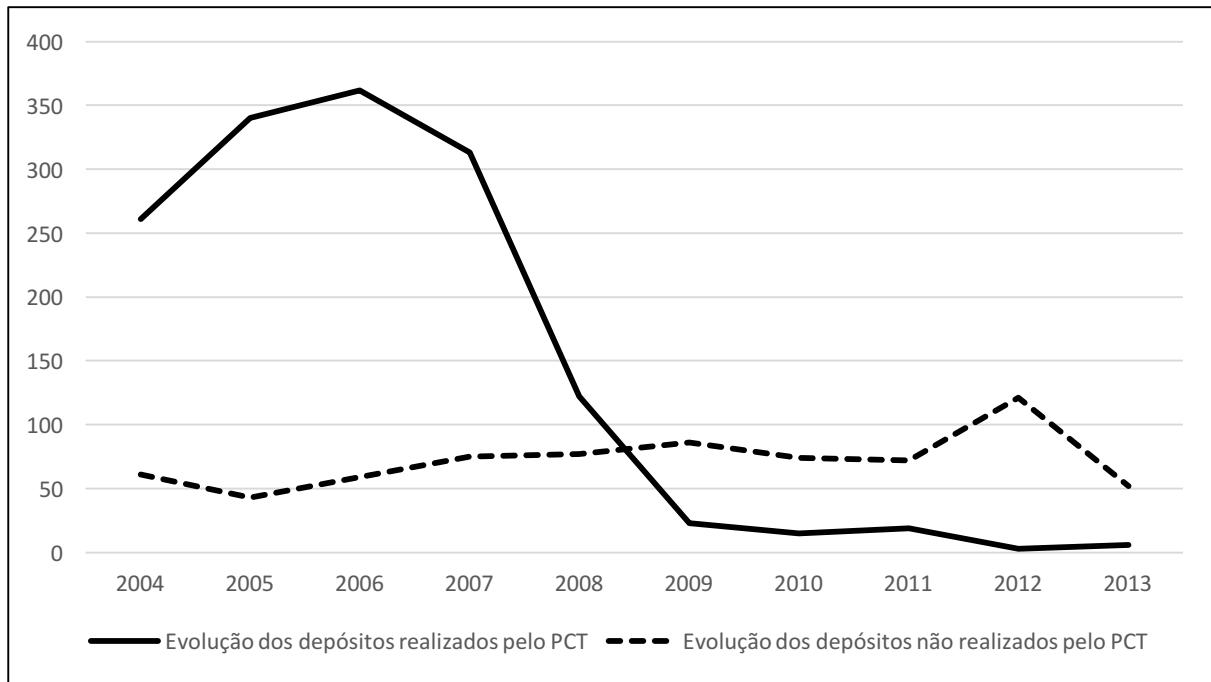
Além disso, o Brasil gozava até meados de 2013 de um relativo prestígio no cenário econômico mundial, sendo reconhecido como um dos países em desenvolvimento de maior potencial de crescimento futuro. Desse modo, seria razoável supor que atores externos teriam interesse em depositar suas patentes também no país em função do grande mercado consumidor brasileiro.

Feitas as considerações acima, seguiu-se para a análise detalhada do conjunto documentos para que pudesse compreender a queda no número de depósitos de patente no período. Após a análise dos dados, identificou-se que os registros de documentos de patente depositados por meio do *Patent Cooperation Treaty* (PCT) apresentam indícios de terem uma influência direta sobre a queda observada na evolução temporal dos depósitos no Brasil. O PCT é um tratado multilateral que possui mais de 145 países signatários e que permite requerer a proteção patentária de uma invenção em diversos países simultaneamente a partir de um único pedido internacional de patente. Como destaca Souza de Abrantes (2011):

O Tratado prevê meios de cooperação entre os países industrializados e os em desenvolvimento bem como o depósito internacional de um pedido de patente e uma busca internacional e opinião escrita, realizados por uma Autoridade Internacional de Busca (ISA – *International Searching Authority*, regra 35 do PCT) assim como um exame internacional realizado por uma Autoridade Internacional de Exame (IPEA – *International Preliminary Examining Authorities*, regra 59 do PCT).

Administrado pela Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI), este tratado simplifica o processo de proteção das invenções quando as mesmas forem requeridas em vários países, além de reduzir os custos associados. Dentre os 2184 registros de documentos de patente recuperados neste estudo, 1464 foram realizados por meio do PCT, representando 67% dos depósitos no período. Ao analisarmos a evolução temporal deste grupo, observa-se uma forte queda nos registros a partir de 2006 como pode ser observado no Gráfico 2.

Gráfico 2 - Evolução temporal dos depósito de patente em nanotecnologia realizados por meio do PCT por ano de prioridade [2004-2013]



Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na base *Derwent Innovation Index* [2004-2013]

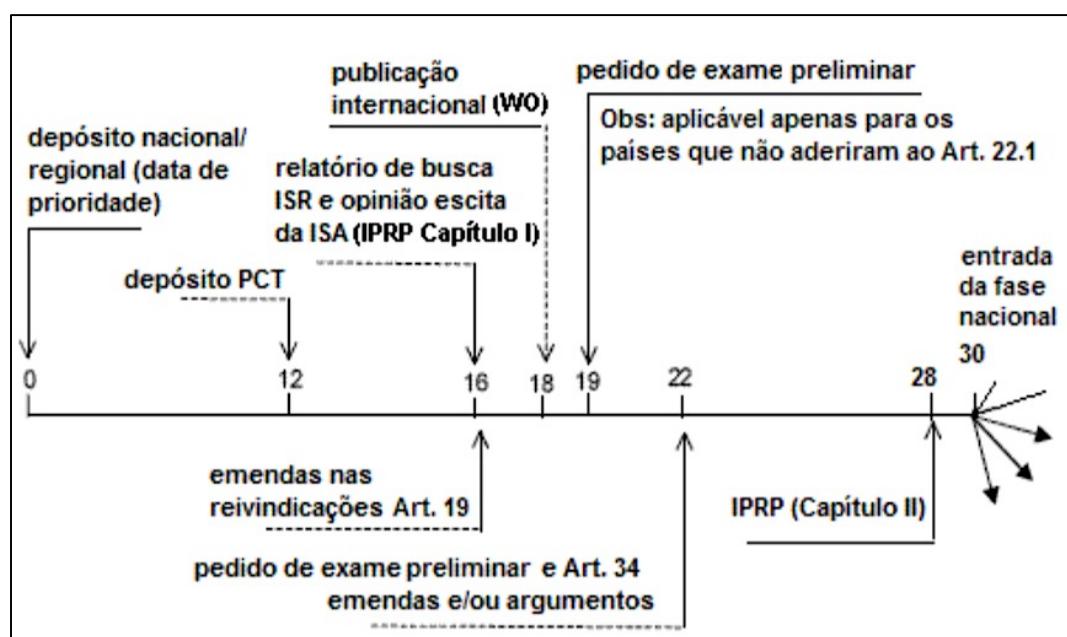
Tendo sido constatada a possível influência dos registros de depósitos realizados por meio do PCT, mostra-se necessário um melhor detalhamento deste instrumento com o objetivo de analisar os fatores que poderiam explicar a queda observada neste estudo no número de documentos de patente em nanotecnologia. Como indicado pela OMPI, a proteção de determinada invenção em vários países pode seguir dois meios possíveis:

- Por meio direto ou via CUP (Convenção da União de Paris): Os pedidos de patente podem ser depositados separados, ao mesmo tempo, diretamente em todos os países nos quais se deseja proteger a invenção (patentes regionais podem existir para alguns países), ou depositados em um país membro da CUP (um dos Estados partes da Convenção de Paris para a Proteção da Propriedade Industrial), e em seguida depositados separados em outros países da CUP dentro de um prazo de 12 meses a contar da data de depósito deste primeiro pedido de patente, durante o qual se pode reivindicar a data de prioridade de depósito do primeiro pedido;

- b) Por meio do PCT: O depósito de um pedido por meio do PCT pode ser realizado diretamente ou dentro do prazo de 12 meses estabelecido pela Convenção de Paris, a contar da data de depósito de um primeiro pedido. Este pedido via PCT é válido em todos os Estados signatários do tratado sendo, portanto, mais simples e econômico do que o depósito pela via direta ou pela via da CUP.

A Figura 1 apresenta o processo para depósitos de um único pedido de patente por meio do PCT. Inicialmente, o depósito de um pedido de patente é realizado junto a um organismo nacional ou regional ou diretamente junto a OMPI. Neste primeiro caso, o requerente possui 12 meses para entrar com o pedido por meio do PCT segundo o princípio da prioridade unionista. Após o prazo de 18 meses do depósito, independentemente do organismo escolhido no início, o pedido terá uma única publicação internacional. Decorridos 30 meses da data inicial de depósito, o requerente deve dar entrada nos depósitos em cada país eleito dando início ao que se chama de “fases nacionais”. Deve-se ressaltar que a entrada na fase nacional pode ser solicitada antecipadamente, não sendo necessário que se expire o prazo de 30 meses a contar da data de depósito mais antiga.

Figura 1 - Etapas processuais da tramitação de um pedido PCT



No caso brasileiro, a notificação da entrada na fase nacional ocorre na Revista de Propriedade Intelectual (RPI) após exame de admissibilidade. Além disso, o depositante deverá fazer a requisição do pedido de exame no prazo de 36 meses do depósito internacional. Caso o mesmo não seja feito neste período, o pedido é arquivado podendo ser requerido o desarquivamento no prazo de 60 dias.

Como destacado anteriormente, verificou-se que 67% dos registros de documentos de patente analisados nesta dissertação foram realizados por meio do PCT. Deste conjunto, apenas aproximadamente 12% possuem o Brasil como país de prioridade. Este dado ressalta um caráter de pouca representatividade dos atores nacionais já que, de modo geral, o primeiro depósito é considerado o mais próximo da concepção do invento, embora o mesmo possa ser feito em um país diferente em função da estratégia do depositante.

A análise mais detalhada destes registros indica que, na realidade, a queda nos depósitos observada a partir de 2006 pode ser atribuída a um atraso incomum do INPI na publicação dos pedidos a partir do exame de admissibilidade. Tendo sido requerida a entrada na fase nacional, realiza-se o exame de admissibilidade para posterior publicação do pedido na RPI. Entretanto, os depósitos realizados no Brasil estão sendo publicados em até cinco anos após entrada na fase nacional. Este fato pode ser constatado nos dois exemplos apresentados a seguir.

O pedido de patente PI 0418947, depositado por meio do PCT pelo requerente *Graham Packaging Pet Technologies INC* (Estados Unidos), possui como data do depósito internacional o dia 09/07/2004. Após a pesquisa do registro na base do INPI, constatou-se que o início da fase nacional no Brasil ocorreu em 09/01/2007, tendo sido publicada a notificação de entrada na fase nacional da RPI no dia 04/12/2007. Como pode ser observado, o depósito em questão seguiu os trâmites comuns e a publicação do depósito foi realizada em 11 meses após entrada na fase nacional.

O pedido de patente PI 0814841, por sua vez, depositado por meio do PCT pelo requerente *Airbus Operations Limited* (Reino Unido), possui como data do depósito internacional o dia 04/08/2008. Neste caso, foi possível ter acesso ao “RELATÓRIO

DE EXAME DE ADMISSIBILIDADE – PEDIDO INTERNACIONAL” disponível no site do INPI, o qual indica que a entrada na fase nacional ocorreu em 05/02/2010, dentro do prazo e antes dos 30 meses limites. Entretanto, a publicação da notificação da entrada na fase nacional ocorreu somente em 27/01/2015, indicando um período de aproximadamente 60 meses entre os dois fatos.

Desse modo, observa-se que, ao contrário do que ocorreu no primeiro caso, no qual a publicação se deu em um prazo razoável à entrada na fase nacional, o segundo depósito apresenta uma janela de tempo incomum para a notificação e publicação do pedido. Ainda que se tenham apresentado apenas dois exemplos, verifica-se que, salvo os depósitos mais antigos com prioridade entre 2004 e 2006, o restante dos depósitos realizados pelo PCT no Brasil no conjunto estudado nesta dissertação apresentam um período bastante longo entre a data de entrada na fase nacional e publicação do pedido na RPI.

Tendo sido publicado em 2015, o depósito em questão foi indexado à base de dados *Derwent Innovations Index* somente nesse ano, de modo que os dados não estavam disponíveis até o momento da publicação. Considerando que a maior parte (67%) dos registros de documentos de patente em nanotecnologia coletados nesta pesquisa foram depositados por meio do PCT, seria razoável supor que a queda observada no gráfico de evolução temporal dos depósitos poderia ser atribuída a demora por parte do INPI na publicação das informações e não a uma diminuição no número de depósitos de patente em nanotecnologia no país.

O atraso na publicação dos depósitos realizados por meio do PCT pode gerar diversas consequências decorrentes da indisponibilidade de informações. Além de comprometer esforços para busca de anterioridade no Brasil, o fato também possui um impacto direto em qualquer estudo que busque compreender o cenário tecnológico nacional a partir dos depósitos de patente, como no caso desta dissertação. De fato, a indisponibilidade de informações que deveriam estar publicadas dificulta qualquer esforço de análise do contexto brasileiro.

Não obstante a limitação de dados observada, não se pode considerar que os

estudos que utilizem informações sobre depósitos de patente no Brasil não possam gerar contribuições importantes. Em um cenário ainda escasso de estudos do cenário científico e tecnológico brasileiro, todas as iniciativas nesse sentido possuem relevância para o país.

Após discussão sobre a influência da data de publicação dos depósitos no conjunto de documentos de patente em nanotecnologia coletados nesta dissertação, as próximas seções dão seguimento a análise de outros indicadores tecnológicos do patenteamento em nanotecnologia no Brasil.

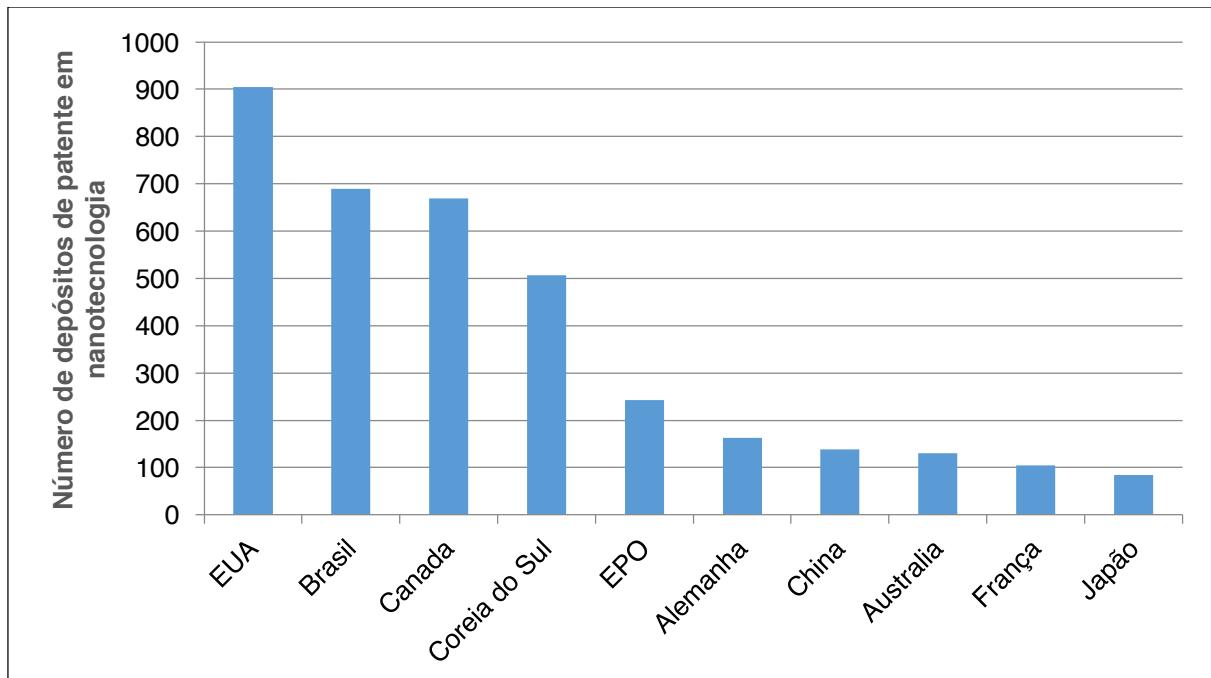
5.1.2. Análise geográfica e principais depositantes de patentes em nanotecnologia no Brasil

Nesta subseção são apresentados os indicadores referentes aos depositantes de patentes em nanotecnologia no Brasil para o período de 2004 a 2013. Em primeiro lugar, deve-se ressaltar que entre os 2184 registros recuperados, não-residentes foram responsáveis por 72% dos depósitos de patente, enquanto residentes foram responsáveis por somente 28%. Embora esta proporção seja observada em outras áreas tecnológicas, o fato da maior parte dos depósitos de não residentes feitos por meio do PCT não terem sido publicados indica que, no caso da nanotecnologia, a proporção de depósitos de residentes deve ser ainda menor. O Gráfico 3 apresenta os dez principais países de origem dos depósitos de patente em nanotecnologia no país. Os EUA ocupam a primeira colocação como país de origem dos depósitos realizados, seguidos do Brasil que ocupou o segundo lugar.

A presença do Canadá e da Coréia do Sul entre os principais países de origem também se mostra interessante, sobretudo por terem ficado na frente de outros países reconhecidos por sua maturidade na geração de conhecimento e utilização da nanotecnologia como a Alemanha. Além disso, a presença da China reforça a postura do gigante asiático de promover a nanotecnologia como um de seus pilares estratégicos, sendo um dos poucos países em desenvolvimento que lograram êxito em ocupar uma posição de destaque nesse campo tecnológico à nível mundial no que

se refere ao depósito de patentes e geração de publicações científicas.

Gráfico 3 - Origem dos documentos de patente em nanotecnologia depositados no Brasil no período 2004-2013



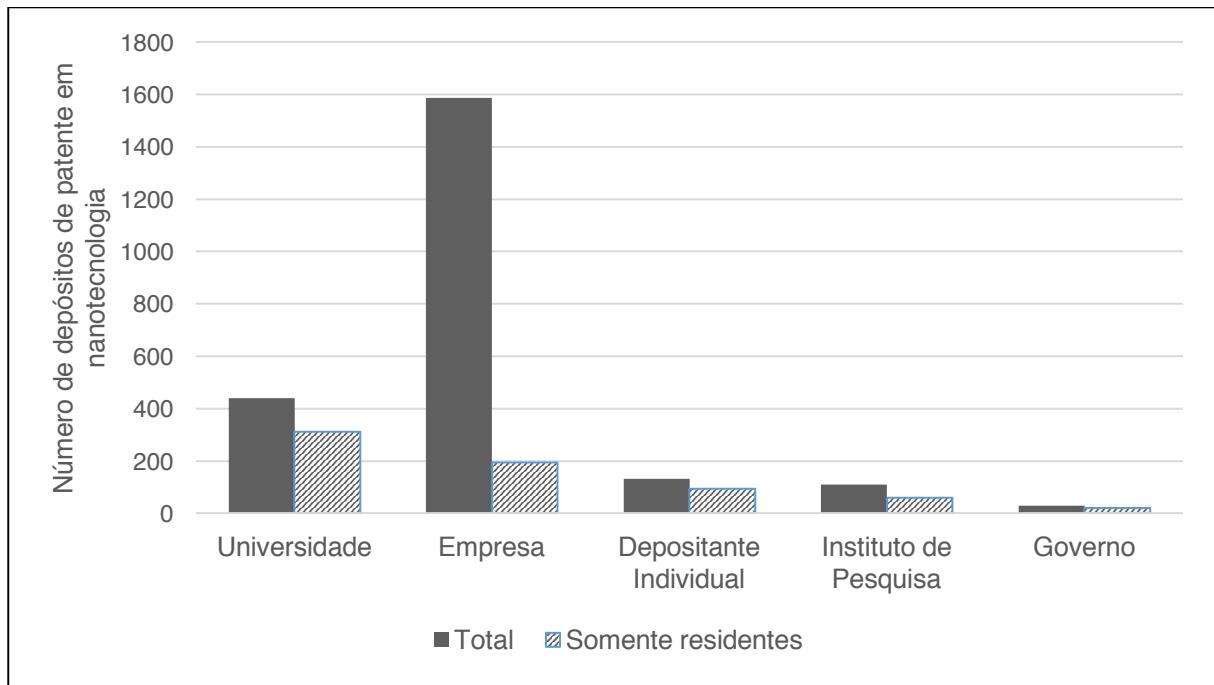
Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na base *Derwent Innovation Index* [2004-2013]

Deve-se ressaltar ainda que a preponderância de depósitos de não-residentes representa um elemento de fragilidade para o Brasil, além de indicar uma posição de desvantagem quando comparado a outros países. De modo geral, residentes usualmente são responsáveis pelo maior número de depósitos em seu país de origem, possuindo uma vantagem regional e relativa competitividade (WANG & GUAN, 2012). Entretanto, tal vantagem não é observada no caso brasileiro já que o país apresenta um desempenho pouco expressivo em termos de participação no número total de depósitos em nanotecnologia em seu escritório nacional de propriedade intelectual.

O Gráfico 4 apresenta a distribuição dos depósitos de patente em nanotecnologia por natureza dos requerentes, indicando o total dos registros e aqueles realizados somente por residentes. Como pode ser observado, as empresas aparecem como principais depositantes sendo responsáveis por aproximadamente 70% dos registros de documentos de patente no período. Em seguida aparecem as universidades com aproximadamente 19%, depositantes individuais com 6%,

institutos de pesquisa com 5% e instituições governamentais com 1%.

Gráfico 4 - Distribuição dos depósitos de patente em nanotecnologia depositados no Brasil por natureza institucional do requerente [2004-2013]



Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na base *Derwent Innovation Index* [2004-2013]

Ao considerarmos somente o conjunto de documento de patente depositado por residentes, uma situação distinta é observada. Dentre os depósitos realizados somente por residentes, as universidades foram responsáveis por aproximadamente 46% dos registros, seguidas das empresas com 29%. Assim, constata-se que as empresas brasileiras possuem uma contribuição menos expressiva do que as universidades. Esta característica é também compartilhada por outros países em desenvolvimento nos quais as instituições de ensino e pesquisa possuem uma participação superior às empresas na geração e patenteamento de tecnologias na escala nanométrica.

A Tabela 5 apresenta as instituições depositantes de patentes em nanotecnologia no Brasil que possuem mais de 10 depósitos no período de 2004 a 2013. Entre as 37 instituições que compõe esse grupo, 27 são empresas, 8 universidades e duas instituições governamentais. No topo da lista com 49 patentes aparecem a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e a multinacional americana DuPont, seguidas da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

com 46. A multinacional alemã BASF e a Universidade de São Paulo (USP) ocupam a posição seguinte com 42 depósitos cada uma.

Tabela 5 - Instituições depositantes com mais de 10 patentes em nanotecnologia no Brasil [2004-2013]

Instituição depositante	Nº de patentes	Origem
DU PONT DE NEMOURS & CO E I	49	Estados Unidos
UNIV FEDERAL MINAS GERAIS	49	Brasil
UNICAMP UNIV ESTADUAL CAMPINAS	46	Brasil
BASF SE	42	Alemanha
UNIV SAO PAULO USP	42	Brasil
XEROX CORP	39	Estados Unidos
UNIV FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL	36	Brasil
BAYER MATERIALSCIENCE AG	34	Alemanha
GENERAL ELECTRIC CO	33	Estados Unidos
3M INNOVATIVE PROPERTIES CO	32	Estados Unidos
DOW GLOBAL TECHNOLOGIES INC	31	Estados Unidos
EVONIK DEGUSSA GMBH	28	Alemanha
COMISSAO NACIONAL ENERGIA NUCLEAR	22	Brasil
ELAN PHARMA INT LTD	22	Estados Unidos
L'OREAL SA	21	França
UNILEVER PLC	19	Estados Unidos
ARKEMA FRANCE	16	França
DEGUSSA AG	16	Alemanha
KONINK PHILIPS ELECTRONICS NV	16	Holanda
UNIV FEDERAL DO PARANA	16	Brasil
AKZO NOBEL NV	15	Holanda
PETROBRAS PETROLEO BRASIL SA	15	Brasil
JOHNSON & JOHNSON	14	Estados Unidos
SAINT-GOBAIN CERAMICS & PLASTICS INC	14	França
MOMENTIVE PERFORMANCE MATERIALS INC	13	Estados Unidos
NOVARTIS AG	13	Suíça
CIBA HOLDING INC	12	Alemanha
DSM IP ASSETS BV	12	Holanda
FAPESP FUNDACAO AMPARO A PESQUISA	12	Brasil
PPG IND OHIO INC	12	Estados Unidos
UNIV FEDERAL RIO DE JANEIRO UFRJ	12	Brasil
UNIV FUNDACAO FEDERAL SAO CARLOS	12	Brasil
UNIV FEDERAL PERNAMBUCO	11	Brasil
ABRAXIS BIOSCIENCE LLC	10	Estados Unidos

BRASKEM SA	10	Brasil
NESTEC SA	10	Suíça
PROCTER & GAMBLE CO	10	Estados Unidos

Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na base *Derwent Innovation Index* [2004-2013]

Todas as universidades presentes no grupo são brasileiras, sendo duas estaduais e seis federais. Por outro lado, somente duas empresas nacionais aparecem na relação: a Petróleo Brasileiro S.A. (Petrobras) com 15 documentos de patente e a Braskem S/A com 10. Além disso, observa-se ainda a presença da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) com 22 depósitos e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) com 12.

5.1.3. Áreas de conhecimento a partir da classificação das patentes

Como já discutido anteriormente, os sistemas de classificação possuem uma importância central no campo da informação de patentes ao facilitar a organização e recuperação dos documentos. Tendo como base as seções e subclasses da Classificação Internacional de Patentes, são apresentadas a seguir as principais áreas de conhecimento das patentes analisadas. A partir de um nível de análise mais geral, pode-se observar que as seções C, B e A concentram aproximadamente 80% dos documentos de patente analisados conforme demonstrado na Tabela 6.

Tabela 6 - Distribuição dos depósitos em nanotecnologia no Brasil por seção da CIP [2004-2013]

Seção da CIP	Título	Nº de patentes	% do total
C	Química e Metalurgia	1405	32,0%
B	Operações de Processamento; Transporte	1118	25,5%
A	Necessidades Humanas	993	22,7%
G	Física	309	7,0%
H	Eletricidade	247	5,6%
D	Têxteis e Papel	167	3,8%
F	Eng. Mecânica; Iluminação; Aquecimento; Armas; Explosão	97	2,2%
E	Construções Fixas	48	1,1%

Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na base *Derwent Innovation Index* [2004-2013]

Ao considerarmos as subdivisões da CIP, observa-se a existência de 390 subclasses com forte concentração na classificação A61K referente a “Preparações para finalidades médicas, odontológicas ou higiênicas”, na qual 33% das patentes em nanotecnologia recuperadas estão indexadas. A Tabela 7 apresenta a relação das subclasses mais frequentes no conjunto estudado.

Tabela 7 - Subclasses da CIP mais frequentes nos depósitos de patente em nanotecnologia no Brasil [2004-2013]

CIP	Descrição	Nº de patentes
A61K	Preparações para finalidades médicas, odontológicas ou higiênicas	727
A61P	Atividade terapêutica específica de compostos químicos ou preparações medicinais	463
C08L	Composições de compostos macromoleculares	338
C08K	Uso de substâncias inorgânicas ou orgânicas não-macromoleculares como ingredientes de composições	316
B82B	Nano estruturas formadas por manipulação individual de átomos, moléculas, ou grupos limitados de átomos ou moléculas como unidades discretas; fabricação ou seu tratamento	312
B32B	Produtos em camadas, i.e. produtos estruturados com camadas de forma plana ou não plana, p. Ex. Em forma celular ou alveolar	301
B82Y	Usos específicos ou aplicações de nano estruturas; medidas ou análises de nano estruturas; fabricação ou tratamento de nano estruturas	293
B01J	Processos químicos ou físicos, p. Ex. Catalise, química coloidal; aparelhos pertinentes aos mesmos	240
C08J	Elaboração; processos gerais para formar misturas; pós-tratamento não abrangido pelas subclasses C08B, C08C, C08F, C08G ou C08H	227
C09D	Composições de revestimento, p. Ex. Tintas, vernizes ou lacas; pastas de enchimento; removedores químicos de tintas para pintar ou imprimir; tintas para imprimir; líquidos corretivos; corantes para madeira; pastas ou sólidos para colorir ou imprimir; uso de materiais para esse fim	193

Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na base *Derwent Innovation Index* [2004-2013]

Embora a seção C apareça com uma maior frequência, os subníveis de classificação a ela associados apresentam uma grande dispersão em aplicações distintas. Desse modo, observa-se que a classificação A61K aparece com maior intensidade entre patentes analisadas, seguida da classificação A61P (Atividade terapêutica específica de compostos químicos ou preparações medicinais).

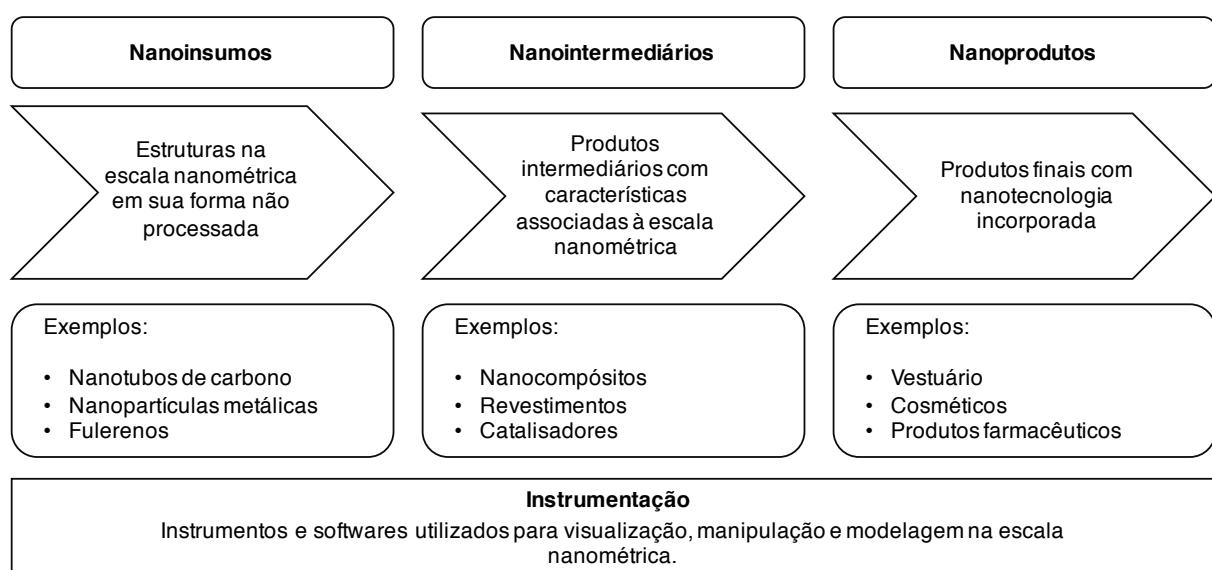
Entretanto, deve-se ressaltar que as classificações supracitadas aparecem juntas na maior parte dos documentos. A concentração de patentes em ambas as classificações indica uma relevância grande da área de saúde nas patentes em nanotecnologia depositadas no Brasil.

Outro elemento que pode ser observado na Tabela 7 é a pouca ocorrência das classificações da CIP relacionadas à nanotecnologia, sendo estas a B82B e a B82Y. Como discutido anteriormente, a harmonização da classificação de patentes em nanotecnologia na CIP é relativamente recente, o que explicaria o fato observado acima frente a totalidade dos depósitos.

5.2. POSICIONAMENTO NA CADEIA DE VALOR DA NANOTECNOLOGIA

A estrutura de análise de cadeia de valor da nanotecnologia foi proposta inicialmente pela empresa de consultoria americana *Lux Research Inc* em 2004. Em sua essência, o modelo permite rastrear o desempenho de empresas envolvidas na comercialização de soluções nanotecnológicas, bem como a compreensão dos setores industriais impactados por seu avanço, tendo como base quatro elos fundamentais: nanoinssumos, nanointermediários, nanoprodutos e instrumentação.

Figura 2 - Cadeia de valor da nanotecnologia

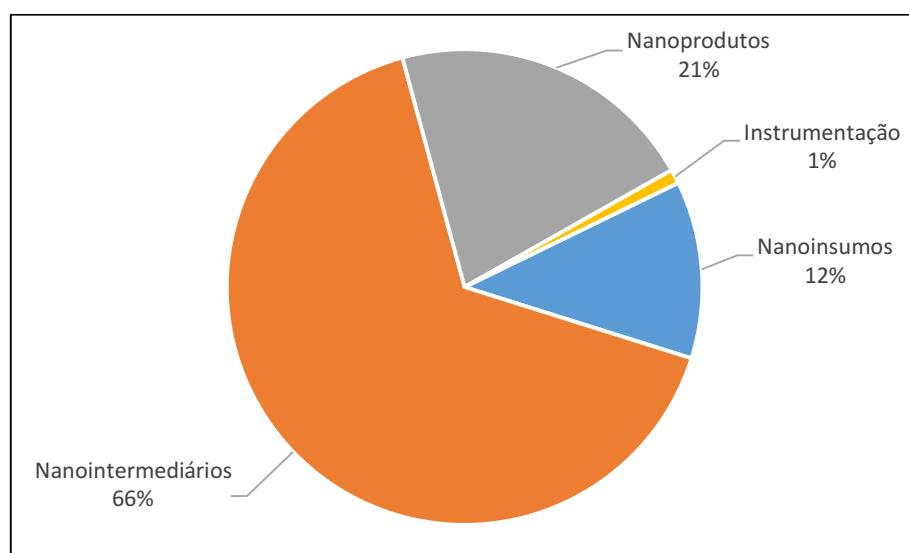


Fonte: Elaboração própria adaptada de Lux Research

Posteriormente, a noção de cadeia de valor acima retratada serviu de referência para o desenvolvimento de estudos acadêmicos mais aprofundados, os quais partiram da abordagem proposta para criar novos níveis de análise. Entre estes, destaca-se o de Alencar et al. (2007) que propõe a utilização da estrutura para a avaliação do posicionamento de países entre os elos da cadeia de valor, adotando um outro nível de análise não mais restrito a empresas ou indústrias específicas, como usual nos estudos prospectivos. Partindo da análise do conteúdo tecnológico das patentes em nanotecnologia, a abordagem permite identificar o posicionamento dos documentos entre os quatro elos da cadeia de valor, os quais podem ser vistos como os estágios de ciclo de vida da cadeia de valor da nanotecnologia.

Tendo como base a perspectiva acima apresentada, todas as patentes recuperadas nesta pesquisa foram classificadas entre os quatro estágios da cadeia de valor da nanotecnologia: nanoinssumos, nanointermediários, nanoprodutos e instrumentação. Como pode ser observado no Gráfico 5, a maior parte dos documentos de patente está concentrada no elo dos nanointermediários, o qual representa 66% do conjunto analisado. Em seguida aparecem patentes de nanoprodutos (21%), nanoinssumos (12%) e, por fim, instrumentação (1%).

Gráfico 5 – Distribuição dos depósitos de patente entre os quatro estágios da cadeia de valor da nanotecnologia



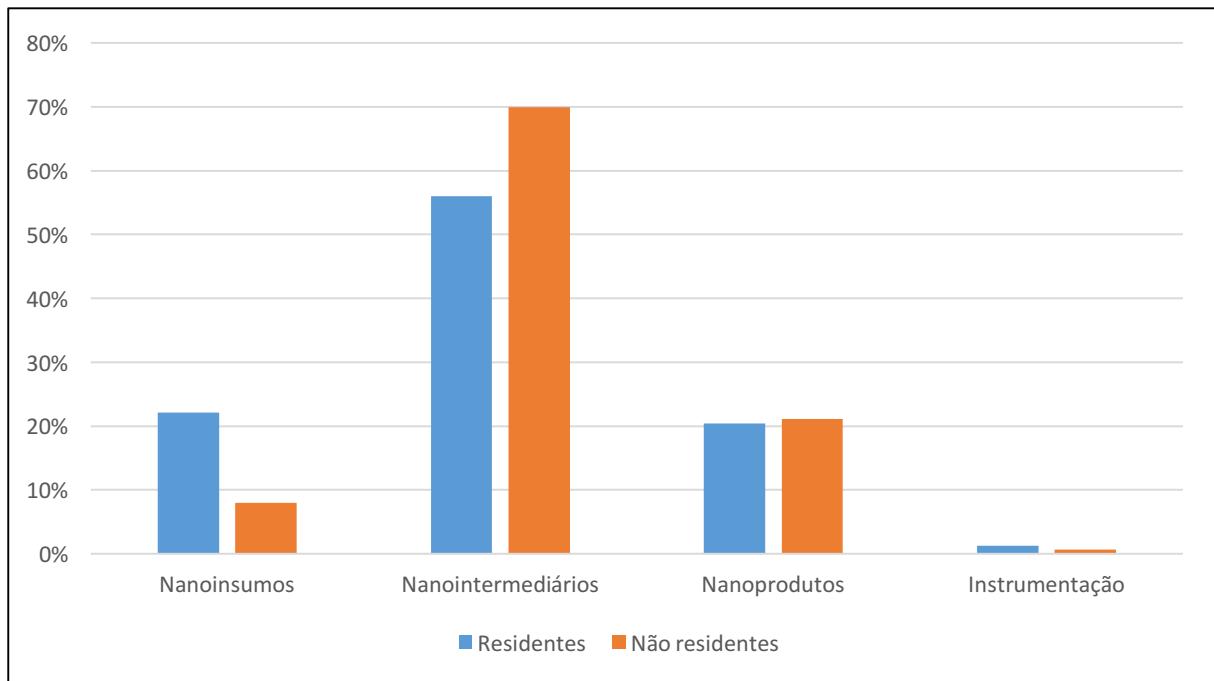
Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na base *Derwent Innovation Index* [2004-2013]

O expressivo número de patentes classificadas no estágio dos nanointermediários corrobora o fato de que o mercado para comercialização de nanoprodutos ainda é incipiente a nível mundial, embora possua um maior valor, como indicado pela Lux Research (2010). Além disso, deve-se ressaltar o caráter transversal da nanotecnologia, de modo que muitas invenções nesse campo são aplicáveis a diversas áreas e não possuem uma finalidade específica. Este fato explicaria a preponderância das patentes em nanointermediários em um contexto no qual a nanotecnologia ainda apresenta um caráter emergente. Por fim, ainda que os nanoprodutos possuam um mercado potencial de maior valor, as margens operacionais dos nanointermediários são muito superiores oferecendo um maior potencial de retorno para empresas da área (LUX RESEARCH, 2010).

5.2.1. Depósitos de residentes e não residentes entre os elos da cadeia de valor da nanotecnologia

Para que seja possível compreender melhor o cenário brasileiro, mostra-se relevante o detalhamento dos dados apresentados acima sobre a distribuição das patentes entre os quatro estágios da cadeia de valor. Em primeiro lugar, a comparação entre os depósitos de residentes e não-residentes indica padrões diferentes e que evidenciam particularidades do contexto da nanotecnologia no Brasil como pode ser observado no Gráfico 6.

Gráfico 6 - Distribuição dos depósitos de patente entre os quatro estágios da cadeia de valor da nanotecnologia (residentes e não residentes)



Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na base *Derwent Innovation Index* [2004-2013]

Entre os depósitos de residentes, os nanoinssumos representam 22% do conjunto total. A participação é bem superior aquela observada no caso dos não residentes para os quais os nanoinssumos representam apenas 8%, de modo que a maior parte dos documentos de patente deste grupo estão concentrados em nanointermediários (70%) e nanoproductos (21%). Assim, observa-se uma maior especialização dos não residentes nestes dois estágios, os quais concentram mais de 90% dos depósitos. Por outro lado, os depósitos de residentes apresentam uma menor especialização já que os nanoinssumos (22%) e os nanoproductos (20%) possuem participações semelhantes no conjunto referente a este grupo.

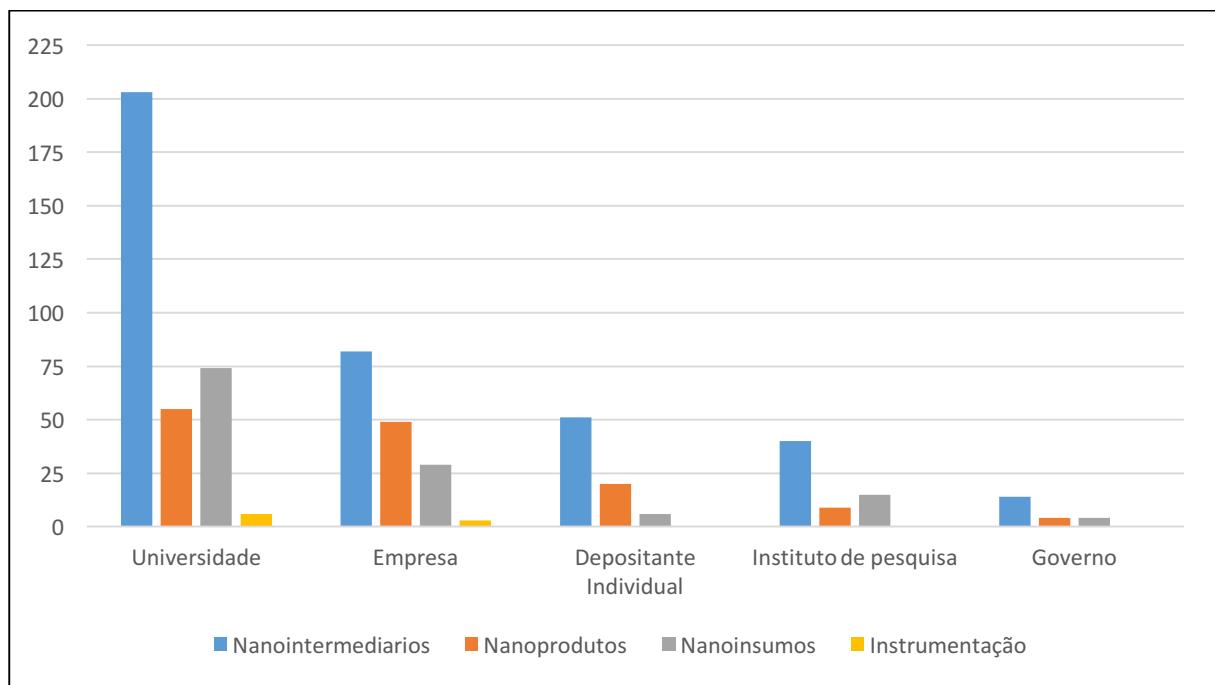
Ao considerarmos os valores absolutos de documentos de patente, aproximadamente 68% de todos os depósitos identificados no Brasil são atribuídos a não residentes nos elos de nanointermediários e nanoproductos. De modo geral, este indicador demonstra que o país apresenta uma relativa fragilidade frente ao domínio tecnológico exógeno em nanotecnologia. Além disso, a preponderância dos depósitos de não residentes nestes estágios da cadeia de valor indica também uma maior apropriação dos mercados de maior valor agregado no que se refere a

comercialização das tecnologias na escala nanométrica.

5.2.2. Posicionamento brasileiro no patenteamento em nanotecnologia

A análise mais detalhada dos depósitos de residentes indica que as universidades são as principais responsáveis pelo patenteamento no Brasil, atuando intensamente nos três principais elos da cadeia de valor da nanotecnologia. Ainda que os nanointermediários representem a maior parte dos depósitos, o desempenho das universidades brasileiras em nanoinssumos e nanoproductos também merece destaque, já que seus números absolutos superam em grande medida o de empresas nacionais. O Gráfico 7 apresenta a distribuição dos depósitos por natureza institucional do requerente e elo da cadeia de valor da nanotecnologia

Gráfico 7 - Distribuição dos depósitos de patente por natureza do requerente e elo da cadeia de valor da nanotecnologia



Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na base *Derwent Innovation Index* [2004-2013]

No que se refere aos depósitos de universidades no elo de nanoproductos, observa-se uma participação expressiva de documentos relacionados a área da saúde. Dentre as 55 patentes de nanoproductos identificadas para esse grupo de requerentes, mais de 70% estão indexadas sob a classificação A61K (preparações

para finalidades médicas, odontológicas ou higiênicas) da CIP, enquanto 56% envolvem a A61P (atividade terapêutica específica de compostos químicos ou preparações medicinais). Este fato indica uma relativa especialização das universidades brasileiras em aplicações da nanotecnologia para a saúde e uma vantagem competitiva para o país que poderia ser explorada.

De modo geral, o bom desempenho das universidades nos elos de nanoinssumos, nanointermediários e nanoprodutos indica que as entidades brasileiras possuem um domínio tecnológico amplo. Esta atuação não se restringe a pesquisa básica, mas envolve também as aplicações da nanotecnologia para a geração de conhecimentos direcionados para solução de problemas concretos, especialmente na área da saúde como retratado anteriormente. Entretanto, para que o desempenho observado no número de depósitos de patente possa ser convertido em inovações concretas, mostra-se necessário ainda grandes progressos em termos de transferência de tecnologia e interação entre universidades e empresas privadas. A recente aprovação do novo marco legal da área de ciência, tecnologia e inovação (CT&I), o Projeto de Lei da Câmara (PLC) 77/2015, representou um importante avanço no sentido de permitir uma maior integração entre as atividades científicas e tecnológicas no país.

A Tabela 8 apresenta a lista das empresas brasileiras com pedidos de patentes em nanoprodutos identificadas nesta pesquisa. A primeira posição em número de depósitos é ocupada pela Biolab Sanus Farmacêutica Ltda, uma empresa com atuação relevante na área de dermatologia, além de líder no mercado brasileiro de medicamentos sob prescrição medida na área de cardiologia.

Tabela 8 - Empresas brasileiras depositantes de patentes em nanoprodutos

Depositantes	Nº de patentes
BIOLAB SANUS FARM LTDA	4
ACHE LAB FARM SA	3
BOTICA COMERCIAL FARM SA	3
CLINICA ANDROLOGIA&UROLOGIA VERA CRUZ	2
NANOVETORES SA	2
OXITENO IND & COMERCIO SA	2

SONOLIN CONFECCAO LTDA EPP	2
ST FLORIAN NANOBIOTECHNOLOGY PESQUISA	2
ABCOTT COMERCIO & IND QUIMICA EIRELE	1
ANGELUS IND PROD ODONTOLOGICOS LTDA	1
CLARION BIOCENCIAS LTDA	1
CRBS TECH COMERCIO ELETRO ELETRONICO LTDA	1
CRISTALIA PROD QUIMICOS FARM	1
DELTA DO PRATA SA	1
DUBLAUTO IND & COMERCIO LTDA	1
DUO-THERMO-SISTEMA AQUECIMENTO LTDA	1
GO BUSINESS CONS INTER REPRES & COMERCIA	1
IND REUNIDAS RAYMUNDO DA FONTE SA	1
KOSMOSCIENCE CIENCIA E TECNOLOGIA COSMETICA LTDA	1
LAB BIOSINTETICA LTDA	1
LAS MARICATO COSMETICOS	1
LIBBS FARM LTDA	1
LM LAB COMERCIO & SERVICOS LTDA	1
MAQUINAS AGRIC JACTO SA DIV UNIPAC	1
NANOPURE IND NANOTECNOLOGIA LTDA-EPP	1
NATURA COSMETICOS SA	1
NOXON DO BRASIL QUIMICA E FARM LTDA	1
SANTISTA TEXTIL BRASIL SA	1
ST FLORIAN NANOBIOTECHNOLOGY	1
STEVIA NATUS PROD NATURAIS LTDA	1
SUL MIX COSMETICOS LTDA	1
TECNOQUISA IND&COMERCIO LTDA	1
VIEMED FARM BRASIL LTDA	1

Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na base *Derwent Innovation Index* [2004-2013]

Ao analisarmos as empresas brasileiras, pode-se observar um forte desempenho em aplicações relacionadas a área de cosméticos e higiene pessoal, bem como na área de saúde com produtos farmacêuticos. Dentre as patentes de nanoprodutos identificadas para esse grupo de requerentes, aproximadamente 73% dos depósitos estão indexados sob as classificações A61Q (uso específico de cosméticos ou preparações similares para higiene pessoal), A61P (atividade terapêutica específica de compostos químicos ou preparações medicinais) e A61K (Preparações para finalidades médicas, odontológicas ou higiênicas).

A tabela a seguir apresenta o detalhamento dos grupos das subclassificações da IPC com quatro ou mais patentes entre os depósitos de nanoproductos de empresas brasileiras. Como pode ser observado, o maior número de documentos está relacionado a aplicações cosméticas, envolvendo desde nanocapsulas de uso mais amplo, até composições para tratamento da pele e cabelos.

Tabela 9 – Subgrupos da CIP mais frequentes nos depósitos de patente em nanotecnologia no Brasil

CIP	Descrição	Nº de patentes
A61K 9/51	Preparações para finalidades médicas, odontológicas ou higiênicas -> Preparações medicinais caracterizadas por formas físicas especiais -> Preparações em cápsulas, p. ex. de gelatina, de chocolate -> Micro-cápsulas -> Nanocápsulas	10
A61K 8/37	Preparações para finalidades médicas, odontológicas ou higiênicas -> Cosméticos ou preparações similares para higiene pessoal -> caracterizado pela composição -> contendo compostos orgânicos -> contendo oxigênio -> Ésteres de ácidos carboxílicos	6
A61P 17/00	Atividade terapêutica específica de compostos químicos ou preparações medicinais -> Fármacos para o tratamento de problemas dermatológicos	6
A61P 31/00	Atividade terapêutica específica de compostos químicos ou preparações medicinais -> Antiinfecciosos, i.e. antibióticos, antissépticos, quimioterapêuticos	6
A61P 35/00	Atividade terapêutica específica de compostos químicos ou preparações medicinais -> Agentes antineoplásticos	6
A61Q 19/00	Uso específico de cosméticos ou preparações similares para higiene pessoal -> Preparações para tratamento da pele	6
A61K 8/06	Preparações para finalidades médicas, odontológicas ou higiênicas -> Cosméticos ou preparações similares para higiene pessoal -> caracterizado pela forma física especial -> Dispersões; Emulsões -> Emulsão	5
A61K 8/97	Preparações para finalidades médicas, odontológicas ou higiênicas -> Cosméticos ou preparações similares para higiene pessoal -> caracterizado pela composição -> contendo materiais, ou derivados destes, de constituição desconhecida -> de origem vegetal, p. ex. extratos de plantas	5
A61P 29/00	Atividade terapêutica específica de compostos químicos ou preparações medicinais -> Agentes analgésicos não-centrais, antipiréticos ou anti-inflamatórios, p. ex. agentes antireumáticos; Fármacos antiinflamatórias não-esteroidais (NSAIDs)	5

A61K 36/185	Preparações para finalidades médicas, odontológicas ou higiênicas -> Preparações medicinais contendo materiais de constituição indeterminadas derivados de algas, líquens, fungos ou plantas, ou derivados dos mesmos, p. ex. medicamentos tradicionais à base de ervas -> Magnoliophyta (angiospermas) -> Magnoliopsida (dicotiledôneas)	4
A61K 8/11	Preparações para finalidades médicas, odontológicas ou higiênicas -> Cosméticos ou preparações similares para higiene pessoal -> caracterizado pela forma física especial -> Composições encapsuladas	4
A61K 8/92	Preparações para finalidades médicas, odontológicas ou higiênicas -> Cosméticos ou preparações similares para higiene pessoal -> caracterizado pela composição -> Óleos, gorduras ou graxas; seus derivados, p. ex. produtos hidrogenados	4
A61K 9/00	Preparações para finalidades médicas, odontológicas ou higiênicas -> Preparações medicinais caracterizadas por formas físicas especiais	4
A61K 9/127	Preparações para finalidades médicas, odontológicas ou higiênicas -> Preparações medicinais caracterizadas por formas físicas especiais -> Dispersões; Emulsões -> Lipossomas	4
A61K 9/14	Preparações para finalidades médicas, odontológicas ou higiênicas -> Preparações medicinais caracterizadas por formas físicas especiais -> Em forma de partículas, p. ex. pós	4
A61K 9/48	Preparações para finalidades médicas, odontológicas ou higiênicas -> Preparações medicinais caracterizadas por formas físicas especiais -> Preparações em cápsulas, p. ex. de gelatina, de chocolate	4
A61Q 19/08	Uso específico de cosméticos ou preparações similares para higiene pessoal -> Preparações para tratamento da pele -> preparações antienvelhecimento	4
A61Q 5/00	Uso específico de cosméticos ou preparações similares para higiene pessoal -> Preparações para tratamento dos cabelos	4

Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na base *Derwent Innovation Index* [2004-2013]

Este foco mostra-se relevante tendo em vista que o Brasil possui o terceiro maior mercado mundial de produtos de higiene pessoal, perfumaria e cosméticos (HPPC), ficando atrás apenas dos Estados Unidos e Japão. O mercado brasileiro é caracterizado pela grande concentração de empresas de pequeno porte e as áreas de maior potencial de inovação são de cuidado dos cabelos e pele. Além disso, o setor é um dos que mais cresce historicamente e de maior investimento em inovação (ABHIPEC, 2014).

O setor de HPPC envolve o desenvolvimento e comercialização de produtos de cuidado pessoal como sabonetes, desodorantes, curativos, protetores solares, cremes, maquiagem e perfumes. A indústria de HPPC possui grande sobreposição com os setores farmacêutico e químico em razão da manipulação química de materiais voltados especialmente para aplicações de uso pessoal. Outra importante característica do setor é a grande diversidade na demanda de produtos, potencializado o número de aplicações perseguidas pelo setor (ABHIPEC, 2014).

Os principais avanços na utilização de nanotecnologia no setor de HPPC baseiam-se em reconhecer que muitos dos processos biológicos já ocorrem na nanoscala, restando agora desenvolver métodos que permitam a manipulação de nanoestruturas para realizar funções semelhantes, a um nível de sofisticação impossível anteriormente. Exemplos da utilização de nanomateriais para utilização em aplicações de HPPC são dendrímeros e nanocápsulas para entrega de vitaminas, ciclodextrinas para liberação controlada de fragrâncias e nanopartículas antioxidantes para tratamento celular (ABDI, 2013).

Assim, o fato das empresas brasileiras destacarem-se por suas patentes em nanoprodutos nas áreas de HPPC e saúde demonstra uma potencial vantagem competitiva para o país em nanotecnologia. Ao analisarmos mais detalhadamente os depósitos, observa-se ainda uma patente com depósito compartilhado entre a empresa Biolab e a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) para uma composição fotoprotetora utilizando nanopartículas (PI0805854). A patente é fruto de um projeto apoiado pela Finep no âmbito do edital 03/2005, o qual envolveu a seleção pública de propostas para apoio a atividades de pesquisa e desenvolvimento de produtos e processos inovadores em nanotecnologia empreendidos em cooperação com instituições de pesquisa.

A parceria entre a Biolab e a UFRGS mostra-se interessante por ter permitido, com apoio da Finep, o desenvolvimento e entrada no mercado do primeiro protetor solar de base nanotecnológica produzido no país, o Photoprot FPS 100. Além da Biolab, outras empresas com depósitos de patente em nanoprodutos no setor de

cosméticos que merecem destaque são Botica Comercial Farmacêutica (Grupo Boticário) e a Nanovetores. Diferentemente das duas primeiras, as quais são empresas de grande porte, esta última é uma empresa de base tecnológica fundada em 2009 e que se tornou um interessante caso de sucesso no cenário brasileiro. Precursora na utilização da nanotecnologia para encapsular ativos em produtos, a lista de clientes da Nanovetores inclui a multinacional francesa L'Oréal, além do próprio Grupo Boticário.

Como pode ser observado, as patentes de nanoproductos no setor cosmético representam um importante diferencial para o Brasil e com grande potencial de exploração. Do mesmo modo, o desempenho das universidades nos três elos da cadeia de valor representa também se mostra interessante, sendo necessário criar mecanismos de transferência de tecnologia que facilitem a introdução de novos produtos e processos inovadores no mercado brasileiro.

6. CONCLUSÃO

A discussão sobre o histórico das políticas públicas e os indicadores tecnológicos elaborados a partir de documentos de patentes permitiram identificar os avanços no desenvolvimento da nanotecnologia no Brasil sob a perspectiva de cadeia de valor, especialmente no período de 2004 a 2013. Com base nos resultados da pesquisa, foi possível mapear a evolução do patenteamento, os principais países de origem dos depósitos e os principais atores e sua natureza institucional, além dos campos tecnológicos específicos associados as patentes depositadas no país. Por fim, a metodologia empregada permitiu a classificação dos documentos entre os quatro elos da cadeia de valor da nanotecnologia: nanoinssumos, nanointermediários, nanoprodutos e instrumentação.

Como discutido no Capítulo 2, a nanotecnologia passou a ganhar importância no âmbito das políticas públicas no Brasil desde meados dos anos 2000. As iniciativas envolveram instrumentos diretos e indiretos para a promoção do desenvolvimento das tecnologias na escala nanométrica no país, incluindo tanto políticas científicas quanto industriais.

Na esteira das diversas ações do governo, sobretudo aquelas no âmbito do Ministério da Ciência Tecnologia e Inovação e do Ministério do Desenvolvimento, Industria e Comércio Exterior, foi lançada em 2013 a Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia, a qual representou um importante marco no país. Em sua essência, a Iniciativa busca promover a criação de políticas mais articuladas e coesas com o contexto nacional, dando uma relevância muito maior para o programa de nanotecnologia brasileiro.

Ainda que a IBN tenha a aspiração de integrar e fortalecer as diversas ações para o aumento da competitividade da indústria ancorada na nanotecnologia, a deterioração do cenário político e econômico brasileiro observada a partir de 2013 associada a outros aspectos relativos ao modo como as políticas foram desenhadas contribuíram para o sucesso limitado das ações no período analisado. A descontinuidade das políticas e os cortes orçamentários para nanotecnologia colocam

em risco os avanços recentes alcançados pelo país na área, minando o potencial brasileiro ancorado em suas competências científicas.

Sob o ponto de vista metodológico, a presente pesquisa contribuiu para evidenciar a complexidade da recuperação de informação em nanotecnologia, tendo demonstrado a importância da utilização de abordagens de busca combinadas para identificar os depósitos de patente neste campo emergente. Três abordagens foram combinadas na estratégia de busca, sendo estas: Palavras-chave, Classificação Internacional de Patentes e *Derwent Manual Codes*. Conforme observado, a utilização das duas últimas teve uma influência relativamente baixa no resultado final da busca, trazendo poucos registros adicionais a estratégia de palavras-chave. Assim, ainda que se possa argumentar em favor da maior acurácia dos resultados obtidos pelos sistemas de classificação, a combinação das três abordagens oferece um ponto de partida interessante para recuperação de informação em nanotecnologia.

Além disso, observou-se que a metodologia para classificação dos documentos de patente nos elos da cadeia de valor da nanotecnologia pode ser aprimorada levando-se em conta outros elementos. Em especial, identificou-se a possibilidade da utilização de aspectos relacionados ao caráter da novidade descrita no documento ao invés do seu uso como feito em estudos anteriores, aproximando a classificação do conteúdo tecnológico apresentado. Os sistemas de classificação também podem ser melhor explorados a partir dos resultados obtidos, permitindo o desenvolvimento de metodologias mais complexas.

Foi observado no mapeamento da evolução temporal um indício de queda no número de depósitos a partir de 2008, o qual pode ser atribuído a existência de uma limitação de dados disponíveis em função do atraso na publicação de depósitos de patente no INPI realizados por meio do PCT desde 2006. Este fato deve ser abordado em estudos futuros que permitam compreender o fenômeno e suas implicações.

A baixa expressividade dos depósitos de residentes identificada nesta pesquisa representa um elemento de fragilidade para o Brasil já que, de modo geral, residentes usualmente são responsáveis pelo maior número de depósitos em seu país de origem,

possuindo uma vantagem regional e relativa. Analisando mais detalhadamente os requerentes de patente em nanotecnologia no Brasil, observou-se que empresas foram responsáveis por aproximadamente 70% dos depósitos no período, seguidas universidades com aproximadamente 19%. Entretanto, ao considerarmos somente o conjunto de documento de patente depositado por residentes, as universidades foram responsáveis pela maior parte dos depósitos com aproximadamente 46%, seguidas das empresas com 29%. Este fato demonstra que as empresas brasileiras possuem uma contribuição menos expressiva, uma característica também compartilhada por outros países em desenvolvimento nos quais as instituições de ensino e pesquisa possuem uma participação superior às empresas na geração e patenteamento de tecnologias na escala nanométrica.

A análise dos principais requerentes indicou que dentre o grupo de 37 atores que possui dez ou mais depósitos, somente 12 são brasileiros, sendo oito universidades, duas empresas, um instituto de pesquisa, um agente governamental. Entre as universidades que aparecem no grupo, destacam-se a UFMG, a UNICAMP e a USP. De modo geral, as três possuem depósitos distribuídos em todos os elos da cadeia de valor da nanotecnologia com maior concentração nos nanointermediários. Embora a UFMG possua o maior número de depósitos em nanoprodutos (11), a UNICAMP é aquela que possui o maior número de parcerias com empresas em termos de co-titularidade de patentes. Entre os depósitos da USP não foram identificadas empresas como co-titulares.

Enquanto a UFMG possui apenas uma patente depositada em conjunto com a empresa STQ Comércio & Serviços de Tecnologia Química Ltda (PI0600636), a UNICAMP possui depósitos conjuntos com as empresas Bunge Fertilizantes S.A (PI0514279), Iharabras Indústrias Químicas S.A (PI1105171) e Orbys Desenvolvimento Tecnológico (PI0706080). Outras parcerias com instituições incluem a USP, a Comissão Nacional de Energia Nuclear, o Instituto Presbiteriano Mackenzie, a Universidade de Mogi das Cruzes e a Universidade Federal de Santa Maria.

Entre as empresas brasileiras que aparecem entre os principais depositantes

destacam-se a Petrobras e a Braskem. A Petrobras atua no segmento de energia com foco nas áreas de exploração, produção, refino, comercialização e transporte de petróleo, gás natural e seus derivados. A Braskem, por sua vez, atua no setor químico e petroquímico e é a maior produtora de resinas termoplásticas nas Américas, líder mundial na produção de biopolímeros e maior produtora de polipropileno nos Estados Unidos.

A identificação da FAPESP neste grupo indica que este agente possui uma participação ativa na promoção da nanotecnologia, a qual merece reconhecimento por sua contribuição importante. Deve-se destacar ainda que o restante dos depósitos de brasileiros apresenta grande dispersão já que a maioria destes possui poucas patentes.

No que se refere aos campos tecnológicos específicos associados as patentes depositadas no país, observou-se nesta pesquisa que a classificação A61K aparece com maior intensidade entre patentes analisadas, seguida da classificação A61P. Este fato indica uma relevância grande da área de saúde nas patentes em nanotecnologia depositadas no Brasil.

A classificação dos documentos de patente entre os estágios da cadeia de valor da nanotecnologia evidenciou que os nanointermediários concentram a maior parte do conjunto analisado (66%), seguidos das patentes de nanoprodutos (21%), nanoinssumos (12%) e instrumentação (1%). A concentração de depósitos de não residentes nos elos de nanointermediários e nanoprodutos observada representa uma potencial fragilidade para o Brasil dado o domínio das tecnologias exógenas protegidas. Tal fato também retrata uma maior apropriação dos mercados de maior valor agregado do ponto de vista da comercialização da nanotecnologia, prejudicando a apropriação dos benefícios de seu avanço.

Entre os depósitos de residentes, os nanoinssumos representam 22% do conjunto total. A participação é bem superior aquela observada no caso dos não residentes para os quais os nanoinssumos representam apenas 8%, de modo que a maior parte dos documentos de patente deste grupo estão concentrados em

nanointermediários (70%) e nanoprodutos (21%). Assim, observa-se uma maior especialização dos não residentes nestes dois estágios, os quais concentram mais de 90% dos depósitos. Por outro lado, os depósitos de residentes apresentam uma menor especialização já que os nanoinssumos (22%) e os nanoprodutos (20%) possuem participações semelhantes no conjunto referente a este grupo.

O bom desempenho das universidades brasileiras nos elos de nanoinssumos, nanointermediários e nanoprodutos indica um domínio tecnológico amplo, não restrito a pesquisa básica ao englobar também as aplicações da nanotecnologia para solução de problemas concretos.

Na perspectiva das universidades, o patenteamento de tecnologias e sua transferência para o mercado, seja por licenciamento ou desenvolvimento conjunto, pode representar uma importante fonte de recursos financeiros para o aprimoramento de suas pesquisas. Para as empresas brasileiras, o acesso a tais tecnologias pode resultar em novos produtos e processos, aumentando sua competitividade e promovendo o desenvolvimento econômico e social do país.

Para tanto, mostra necessário ainda grandes progressos em termos de transferência de tecnologia e interação entre o ambiente acadêmico e o privado. A recente aprovação do novo marco legal da área de ciência, tecnologia e inovação (CT&I), o Projeto de Lei da Câmara (PLC) 77/2015, representou um importante avanço no sentido de permitir uma maior integração entre as atividades científicas e tecnológicas no país.

Ao direcionarmos o foco de análise para as empresas brasileiras, foi possível identificar um bom desempenho em aplicações relacionadas a área de cosméticos e higiene pessoal, bem como na área de saúde com produtos farmacêuticos. Embora estas não sejam as áreas de atuação direta de Petrobrás e Braskem, empresas brasileiras com os maiores números de depósitos no período, observou-se que existe um grande número de requerentes com poucas patentes, o que explicaria a preponderância das áreas supracitadas na análise do conjunto total.

Em especial, a atuação relevante das empresas brasileiras na área de HPPC

evidenciada nesta pesquisa aponta que a incorporação da nanotecnologia no setor possui, de fato, um grande potencial. Nos próximos anos, o desenvolvimento do segmento de HPPC pode fortalecer o posicionamento das empresas brasileiras no mercado interno, bem como permitir sua inserção no mercado internacional em bases mais competitivas. Para tanto, mostra-se necessário avançar no que diz respeito a questões regulatórias no setor, reduzindo a insegurança jurídica ainda existente.

Não obstante as limitações observadas no avanço da nanotecnologia no Brasil, sua progressiva incorporação nas políticas públicas ressalta a percepção dos potenciais benefícios que esta poderá trazer ao criar novas trajetórias de desenvolvimento baseadas em competências científicas e tecnológicas, fluxos de conhecimento e inovações tecnológicas, abrindo novos mercados para produtos de alta tecnologia e uma inserção na economia global em bases mais equitativas. Para tanto, mostra-se necessário não apenas aprimorar os programas e instrumentos de fomento à nanotecnologia no Brasil, sendo necessário ainda criar um ambiente propício e dinâmico no país que favoreça o processo inovativo de maneira contínua.

As atuais condições do sistema de C,T&I brasileiro demonstram seu grande potencial de avanço em direção à autonomia tecnológica, fornecendo novas oportunidades para superar as limitações críticas para o seu desenvolvimento econômico. Nesse contexto, a nanotecnologia poderia ocupar um papel central para que o Brasil alcance novos patamares em seu posicionamento no cenário internacional, transformando-se em um país científico, tecnológico e economicamente competitivo, sobretudo no que se refere a geração e utilização da nanotecnologia como um dos principais motores do desenvolvimento econômico e social. Para tanto, os desafios da continuidade das políticas públicas e a atuação coesa dos agentes governamentais devem ser superados.

7. RECOMENDAÇÕES

A partir dos resultados obtidos, as seguintes recomendações podem ser estabelecidas para futuras pesquisas:

- Aplicar a metodologia proposta para análise de outros países visando estudos comparativos envolvendo, por exemplo, membros dos BRICs ou da América Latina;
- Aprofundar a análise do desempenho de empresas brasileiras no patenteamento em nanotecnologia nos setores de HPPC e saúde, de forma a identificar potenciais vantagens competitivas;
- Avaliar as causas e implicações do atraso na publicação dos depósitos de patente realizados no INPI por meio do PCT;
- Aprimorar a metodologia para classificação dos documentos de patente em termos da cadeia de valor da nanotecnologia utilizando outros campos como, por exemplo, sistemas de classificação.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE HIGIENE PESSOAL, PERFUMARIA E COSMÉTICOS - ABHIPEC. Panorama do setor de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos, 2014. Disponível em: <https://www.abihpec.org.br/wp-content/uploads/2014/04/2014-PANORAMA-DO-SETOR-PORTUGU%C3%83S-07-MAI.pdf>. Acesso em 23 out. 2015.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL – ABDI. Nanotecnologia na área da saúde: mercado, segurança e regulação, 2013. Disponível em: <http://www.abdi.com.br/Paginas/estudo>. Acesso em 26 out. 2015.

ALENCAR, M. Simone de M.; ANTUNES, Adelaide M.S; PORTER, Alan. Nanopatenting patterns in relation to product life cycle. *Technological Forecasting & Social Change*, v. 74, p. 1661-1680, 2007.

ALBUQUERQUE, Eduardo. Sistema nacional de inovação no Brasil: uma análise introdutória a partir de dados disponíveis sobre a ciência e a tecnologia. *Revista de Economia Política*, v. 16, n. 3, p. 56-72, 1996.

ARORA, Sanjay; PORTER, Alan; YOUTIE, Jan; SHAPIRA, Phillip. Capturing new developments in an emerging technology: an updated search strategy for identifying nanotechnology research outputs. *Scientometrics*, v. 95, n. 1, p.351-370, 2012.

BARBOSA, Denis. Tratado da Propriedade Intelectual, Tomo III, 1^a edição. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2014

BRADLEY, Jurron. Nanotech's Evolving Environmental Health, and Safety Landscape. In: NANOSAFE 2010: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SAFE PRODUCTION AND USE OF NANOMATERIALS, 2010, Minatec. Disponível em: http://www.nanosafe.org/home/liblocal/docs/Nanosafe%202010/2010_oral%20presentations/PL0a_Bradley.pdf. Acesso em: 20 out. 2015.

BCC RESEARCH. Nanotechnology: A Realistic Market Assessment. Disponível em: <http://www.bccresearch.com/market-research/nanotechnology/nanotechnology-market-assessment-report-nan031f.html>. Acesso em: 15 jun. 2015.

CLUNAN, Anne; RODINE-HARDY, Kirsten. Nanotechnology in a Globalized World: Strategic Assessments of an Emerging Technology. *Center on Contemporary Conflict*, 2014. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10945/43101>. Acesso em: 10 ago. 2015.

EUROPEAN PATENT OFFICE. Nanotechnology. Disponível em <http://www.epo.org/news-issues/issues/classification/nanotechnology.html>. Acesso em: 28 jul. 2015.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. Nanotecnologia e a competitividade da indústria brasileira, 2011. Disponível em <<http://www.firjan.org.br/>>. Acesso em: 10 dez. 2014.

HUANG, Can; NOTTEN, Ad; RASTERS, Nico. Nanoscience and technology publications and patents: a review of social science studies and search strategies. *The Journal Of Technology Transfer*, v. 36, n. 2, p. 145- 172, 2010.

INTERNATIONAL STANDARDS ORGANIZATIONS (ISO). TC229: Nanotechnologies (2012). Disponível em http://www.iso.org/iso/iso_technical_committee.html?commid=381983 . Acesso em: 27 out. 2015

- INVERNIZZI, et. al. Nanotechnology's controversial role for the South. *Science Technology & Society*, v. 13, n. 1, p. 123-148, 2008.
- KAY, Luciano; SHAPIRA, Philip. Developing nanotechnology in Latin America. *Journal of Nanoparticle Research*, v. 11, p. 259-278, 2009.
- KLOCHIKHIN, Evgeny; SHAPIRA, Philip. Engineering Small Worlds in a Big Society: Assessing the Early Impacts of Nanotechnology in China. *Review of Policy Research*, v. 29, n. 6, p. 752-775, 2012.
- KLOCHIKHIN, Evgeny. Public policy instruments in (re)building national innovation capabilities: cases of nanotechnology development in China, Russia and Brazil. *Atlanta Conference on Science and Innovation Policy 2011*. Atlanta, Estados Unidos, 2011.
- NIOSI, Jorge; REID, Susan. Biotechnology and Nanotechnology: Science-based Enabling Technologies as Windows of Opportunity for LDCs? *World Development*, v. 35, n. 3, p. 426-438, 2007.
- NATIONAL NANOTECHNOLOGY INITIATIVE. What it Is and How it Works. Disponível em: <http://www.nano.gov/nanotech-101/what>. Acesso em: 10 dez. 2015.
- NATURE. Nature Index tables. Disponível em: http://www.nature.com/nature/journal/v515/n7526_supp/full/515S98a.html. Acesso em 15 dez. 2015.
- ORGANIZAÇÃO PARA COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO - OCDE, Nanotechnology: An overview based on indicators and statistics, Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development, 2009.
- ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA PROPRIEDADE INTELECTUAL. Disponível em: <http://www.wipo.int>. Acesso em: 26 nov. 2015.
- PLENTZ, Flávio; FAZZIO, Adalberto. Considerações sobre o Programa Brasileiro de Nanotecnologia. *Cienc. Cult.* São Paulo, v. 65, n. 3, Julho 2013. Disponível em http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252013000300010&lng=en&nrm=iso. Acesso em 5 mar. 2015.
- PEREZ, Carlota; SOETE, Luc. Catching up in technology: Entry barriers and windows of opportunity. In: _____. *Technical Change and Economic Theory*. Londres: Francis Pinter, 1988, p. 458-479.
- PORTER, Alan et al. Refining search terms for nanotechnology. *Journal of Nanoparticle Research*, v. 10, n. 5, p. 715-728, 2008.
- RAMSDEN, Jeremy. What is nanotechnology? *Nanotechnology Perceptions*, v. 1, p. 3-17, 2005.
- LEITE, Marcelo. Em 20 anos, país vai de 24º a 13º em ranking de pesquisa. *Folha de São Paulo*, São Paulo, 1 de nov. 2014. Disponível em: <http://www1.folha.uol.com.br/ciencia/>. Acesso em: 15 nov 2015.
- CIPRIANO, Leandro. Nanotecnologia precisa de investimentos mais robustos no Brasil. *Agência de Gestão CT&I*, São Paulo, 14 out. 2015. Disponível em: <http://www.agenciacti.com.br/>. Acesso em: 20 nov. 2015.
- ROMIG, et al. An introduction to nanotechnology policy: Opportunities and constraints for emerging and established economies. *Technological Forecasting &*

Social Change, v. 74, p. 1634–1642, 2007.

SANT'ÀNNA, et al. Nanomaterials patenting in Brazil: some considerations for the national regulatory framework. *Scientometrics*, v. 100, n. 3, p. 675-686, 2014.

SARGENT, John. Nanotechnology and U.S. Competitiveness: Issues and Options. *Congressional Research Service*, 2008. Disponível em:
<https://www.fas.org/sgp/crs/misc/RL34493.pdf>. Acesso em: 15 set. 2015.

SEABRA DA CRUZ, Ademar. *Diplomacia, desenvolvimento e sistemas nacionais de inovação*: estudo comparado entre Brasil, China e Reino. Brasília: Fundação Alexandre de Gusmão, 2011.

SHAPIRA, Philip; WANG, Jue. (2010). Follow the money. *Nature*, v. 468, 627-628, 2010. Disponível em:
<http://www.nature.com/nature/journal/v468/n7324/abs/468627a.html>. Acesso em: 12 nov 2015.

WANG, Gangbo; GUAN, Jiancheng. Value chain of nanotechnology: a comparative study of some major players. *Journal of Nanoparticle Research*, v. 14, n. 2, p. 1-14, 2012.