

# A Ciência e a Tecnologia do Futuro: aplicação dos métodos de previsão e prospecção no âmbito científico-tecnológico e social

## Volume 1

### **Organizadores:**

Herlandí de Souza Andrade  
Messias Borges Silva  
Milton de Freitas Chagas Junior  
Wagner dos Santos Oliveira

### **Autores:**

Adelaide Maria de Souza Antunes  
Daniel Giacometti Amaral  
Denys Eduardo Biaggi  
Eduardo Pinheiro Gondim de Vasconcellos  
Fabrício José Piacente  
Joana Coeli Ribeiro Garcia  
Joana Ramos Ribeiro  
Leila Costa Duarte Longa  
Luciana da Silva Madeira  
Luiz Antonio Bloem da Silveira Junior  
Maria Simone de Menezes Alencar  
Mischel Carmen Belderrain  
Mônica M. Martins de Oliveira  
Nei Pereira Jr.  
Sara Maria Peres de Moraes  
Suzana Borschiver  
Tessaleno Devezas  
Vanessa de Cillos Silva



Série Previsão e Prospecção Tecnológica  
ISBN 978-85-65364-68-3

Edições Brasil  
Jundiaí/SP  
[www.edicoesbrasil.com.br](http://www.edicoesbrasil.com.br)  
[sac@edicoesbrasil.com.br](mailto:sac@edicoesbrasil.com.br)

**HERLANDÍ DE SOUZA ANDRADE  
MESSIAS BORGES SILVA  
MILTON DE FREITAS CHAGAS JÚNIOR  
WAGNER DOS SANTOS OLIVEIRA**

Organizadores

**A CIÊNCIA E A TECNOLOGIA  
DO FUTURO: aplicação dos  
métodos de previsão e pros-  
pecção no âmbito científico-  
tecnológico e social**

Volume 1

**1ª Edição**

Revisada e ampliada

**Edições Brasil**

**Jundiaí/SP**

**2018**

© Edições Brasil - 2018

Supervisão: Marlene Rodrigues da Silva Aguiar  
Capa e editoração eletrônica: Márcia F. F. A. Dianin e João J. F. Aguiar  
Revisão ortográfica: os autores, respectivamente ao capítulo  
Revisão Geral: Dimas Ozanam Calheiros, Márcia F. F. A.  
Dianin, João J. F. Aguiar, Marlene R. S. Aguiar,  
Tetsuo Araki e Israel Gonçalves  
Conselho Editorial: Prof.<sup>a</sup> Dra. Teresa Helena Buscato Martins  
Prof. Dr. José Fernando Petrini  
Prof. Me. João Carlos dos Santos  
Prof. Me. Dimas Ozanam Calheiros

Todos os direitos reservados e protegidos pela Lei 9610 de 19/02/1998. Todas as informações contidas nesta obra são de exclusiva responsabilidade dos autores.

As figuras deste livro foram produzidas pelos autores, sendo eles exclusivamente responsáveis por elas, exceto as imagens da capa.

Nenhuma parte desta obra pode ser reproduzida ou transmitida por qualquer meio, sem previa autorização por escrito da editora. O mesmo se aplica às características gráficas e à editoração eletrônica desta obra. Alguns nomes de empresas e respectivos produtos e/ou marcas foram citadas apenas para fins didáticos, não havendo qualquer vínculo das mesmas com a obra.

**É permitida a reprodução dos textos e dos dados nele contidos, desde que citada a fonte. Reproduções para fins comerciais são proibidas.**

A editora e os autores acreditam que todas as informações apresentadas nesta obra estão corretas. Contudo, não há qualquer tipo de garantia de que o uso das mesmas resultará no esperado pelo leitor. Caso seja(m) necessária(s), a editora disponibilizará errata(s) em seu site.

### **Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

A248c Andrade, Herlandí de Souza

A Ciência e a Tecnologia do Futuro: aplicação dos métodos de previsão e prospecção no âmbito científico-tecnológico e social / Herlandí de Souza Andrade, Messias Borges Silva, Milton de Freitas Chagas Junior, Wagner dos Santos Oliveira (orgs) [et al.] – Jundiaí: Edições Brasil, 2018. Volume 1

222 p. Série Previsão e Prospecção Tecnológica

Inclui Bibliografia

ISBN: 978-85-65364-68-3

1. Ciência e Tecnologia e. Indústria I. Silva, Messias Borges II. Chagas Junior, Milton de Freitas III. Oliveira, Wagner Santos VI. Título

CDD: 607

Bibliotecária responsável: Laís Munin Pires - CRB8-8585

**Distribuição GRATUITA mediante cadastro do leitor na editora**

Edição Eletrônica / e-book  
sac@edicoesbrasil.com.br - www.edicoesbrasil.com.br

# SUMÁRIO

Apresentação .....	9
Prefácio .....	13
Capítulo 1: Prospecção Tecnológica: conceito e aplicação .....	17
Leila Costa Duarte Longa	
Capítulo 2: Construção de Cenários Futuros para o setor espacial .....	27
Joana Ramos Ribeiro, Mischel Carmen Belderrain, Tessaleno Devezas	
Capítulo 3: Geração de inovações na produção de etanol de cana-de- -açúcar de segunda geração a partir da rota hidrolítica enzi- -mática: um estudo de prospecção tecnológica .....	71
Denys Eduardo Biaggi, Fabrício José Piacente, Vanessa de Cillos Silva	
Capítulo 4: Estudo prospectivo do patenteamento em nanotecnologia no Brasil: uma análise da cadeia de valor .....	91
Daniel Giacometti Amaral, Adelaide Maria de Souza Antunes, Maria Simone de Menezes Alencar	
Capítulo 5: Aplicação de Mapas Tecnológicos no setor de Autopeças	135
Luiz Antonio Bloem da Silveira Junior, Eduardo Pinheiro Gondim de Vasconcellos	
Capítulo 6: Prospecção Tecnológica em Patentes Verdes .....	159
Sara Maria Peres de Moraes, Joana Coeli Ribeiro Garcia	
Capítulo 7: Janelas de Oportunidades para Proteínas Terapêuticas: Iden- -tificação de Tendências Tecnológicas .....	173
Luciana da Silva Madeira, Suzana Borschiver, Nei Pereira Junior.	
Capítulo 8: Prospecção tecnológica: o caso do Instituto Oswaldo Cruz- -Fiocruz .....	209
Mônica M. Martins de Oliveira	

## **SOBRE OS ORGANIZADORES**

### ***Herlandí de Souza Andrade***

Possui Doutorado e Mestrado em Ciências, no Programa de Pós-graduação em Engenharia Aeronáutica e Mecânica - Área de Produção, pelo ITA - Instituto Tecnológico de Aeronáutica, Especialização/MBA em Gestão Empresarial pela FGV - Fundação Getúlio Vargas e em Metodologia e Gestão para Educação a Distância pela Universidade Anhanguera e Graduação em Administração de Empresas pela Universidade Anhanguera e em Tecnologia em Informática pela UNITAU - Universidade de Taubaté. Tem 23 anos de experiência profissional, atuando nas áreas de: gestão da qualidade e planejamento estratégico, em indústria siderúrgica/metalúrgica produtora de aços especiais para construção mecânica (setor automotivo) e cilindros para laminação (bens de capital); gestão estratégica e operacional em empresa do setor de prestação de serviços (consultoria, educação continuada e serviços financeiros); gestão estratégica da inovação tecnológica/propriedade intelectual em instituto público de pesquisa (setor aeroespacial); e, docência nas áreas de Administração e Engenharia de Produção (graduação e pós-graduação). Atualmente é Professor de cursos de pós-graduação e graduação no Centro Paula Souza/FATEC Guaratinguetá e Faculdade Anhanguera de Pindamonhangaba, Coordenador de Projetos na Agência de Inovação INOVA Paula Souza e realizada estágio pós-doc na UNESP.

Contato: herlandi.andrade@fatec.sp.gov.br – herlandi@hotmail.com

### ***Messias Borges Silva***

É Livre Docente em Engenharia da Qualidade pela UNESP (2008), possui graduação em Engenharia Industrial Química pela Faculdade de Engenharia Química de Lorena (1981), mestrado em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (1992) e doutorado em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Campinas (1996). Se certificou como Certified Quality Engineer pela American Society for Quality ASQ (1989). Criou em 1990 o Curso de Pós Graduação em Engenharia da Qualidade e o coordena até hoje. Atualmente é professor assistente doutor da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho e docente da Escola de Engenharia de Lorena-USP. Em 2012 fez parte do grupo de docentes do Massachusetts Institute of Technology MIT ministrando curso internacional de Lean Enterprise na América do Sul. Em 2013 e 2015 foi Visiting Scientist na Harvard School of Engineering and Applied Sciences. É acadêmico da Academia Brasileira da Qualidade ABQ. Publicou 92 trabalhos em periódicos, mais de 100 trabalhos em congressos. Orientou 14 teses de doutorado, 15 dissertações

de mestrado, 5 supervisões de pós doutorado, mais de 100 monografias voltadas para a Qualidade em cursos lato sensu e 11 trabalhos de Iniciação Científica. Foi Diretor Geral da antiga FAENQUIL, atual EEL-USP. Tem experiência nas áreas de Engenharia Química e Engenharia de Produção, com ênfase em Engenharia da Qualidade/Métodos Quantitativos, atuando principalmente nos seguintes temas: Qualidade, Método de Taguchi, Processos Oxidativos Avançados, Otimização e Planejamento de Experimentos, Lean Six Sigma, Lean Healthcare, Inovação no Ensino de Engenharia.

Contato: messias@dequi.eel.usp.br – messias.silva@feg.unesp.br

### ***Milton de Freitas Chagas Jr.***

Possui graduação em Engenharia Civil pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP). Mestrado e Doutorado em Ciências pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), área de Engenharia de Produção, linha de pesquisa economia e gestão da inovação tecnológica. É tecnólogo e professor da pós-graduação do INPE na área de Engenharia e Tecnologia Espaciais - ETE. É professor colaborador da UNICAMP no Programa Pós-Graduação em Política Científica e Tecnológica do Instituto de Geociências. Tem experiência em pesquisa na área de economia e gestão da inovação tecnológica, com ênfase em organização industrial, atuando principalmente nos seguintes temas: projetos de inovação tecnológica, projetos de pesquisa e desenvolvimento, desenvolvimento de novos produtos, integração de sistemas e mudança tecnológica e organizacional. É assessor ad-hoc da FAPESP na avaliação de projetos de pesquisa na área de produção desde 2009. É certificado pelo Project Management Institute - PMI - como Project Management Professional - PMP.

Contato: milton.chagas@inpe.br

### ***Wagner dos Santos Oliveira***

Fez seus estudos de graduação na Faculdade de Ciências da Universidade de Coimbra (Portugal) no curso de bacharelado em Ciências (1968) e obteve a licenciatura em Engenharia Química pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (1974), Portugal. É Mestre em Engenharia Química pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (1980) e Doutor em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Campinas (1997). Como pesquisador titular do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares exerceu funções de Gerente de P&D em Projeto Químico sendo responsável pelo desenvolvimento do Ciclo do Combustível Nuclear na etapa da Conversão de Urânio. Especialista no desenvolvimento de projetos de P&D nas tecnologias química e nuclear desenvolveu proje-

tos químicos conceituais, básicos e detalhados, elaborando especificações em processos e equipamentos às escalas piloto, semi-industrial e industrial, gerenciando montagens de unidades fabris e conduzindo-as às etapas de produção em contínuo. Responsável pelo desenvolvimento pioneiro às escalas piloto, semi-industrial e industrial dos processos de produção de Flúor, produção de nitrato de urânio, nitrato de tório, dióxido de urânio, trióxido de urânio, tetrafluoreto de urânio, hexafluoreto de urânio, projetos de estocagem de fluoreto de Hidrogênio, desenvolveu também o projeto para produção de hexafluoreto de enxofre à escala piloto. Concebeu e implantou no IPEN área de P&D em pilhas a combustível. Exerceu também a atividade de Gerente Técnico para a concepção e implantação do projeto USEXA (Unidade de Produção de Hexafluoreto de Urânio) da Marinha do Brasil. Como Professor Assistente Doutor da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) atuou em atividades de P&D em células e pilhas a combustível, tipos PEMFC, DMFC, PAFC, MCFC e SOFC estudando os casos de sinergia entre as energias renováveis e as pilhas a combustível com reatores nucleares. Projetou e coordenou três encontros internacionais em Energia Nuclear, Meio Ambiente e Segurança (ENUMAS, 2008, 2010 e 2012) com a emissão de 817 diplomas de minicursos, nas mais diversas áreas nucleares (Medicina Nuclear, Direito Nuclear, Reatores, Segurança, Aplicações na Agricultura e outras). Enquanto Professor Colaborador da UNICAMP desenvolve até hoje atividades de P&D em Previsão Tecnológica.

Contato: oliveira@feq.unicamp.br - wagner@ipen.br



## Apresentação

É com prazer que inauguro as páginas desta excelente obra, que vem preencher uma importante lacuna na literatura técnica nacional, qual seja, a de publicações na área da análise prospectiva, ou previsão tecnológica como também costuma ser chamada. Trata-se de um importante campo de estudos neste momento de profunda transformação tecnológica que estamos a viver e participar, fundamental para promover a inovação dentro da perspectiva do que costumo chamar de uma necessária atitude voltada para o futuro, pelas razões que exponho a seguir.

No início do século XIX, a civilização humana inaugurou uma nova era em sua forma de produção de riqueza: a produção industrial, ou seja, a chamada *Revolução Industrial*. As principais correntes económicas afirmam que desde o início desta transformação radical, a tecnologia humana permitiu e promoveu uma série de transformações disruptivas na forma de produção industrial. Seguindo esta linha de pensamento, a 1ª revolução industrial, localizada na transição do século XVIII ao século XIX, caracterizou-se pela introdução de fábricas mecanizadas utilizando como força motriz a máquina a vapor. A segunda revolução industrial, que ocorreu na transição do século XIX para o século XX, baseou-se na introdução da produção em massa utilizando a eletricidade como força motriz e na intensiva divisão do trabalho. Seguiu-se então a 3ª revolução industrial, que se enraizou entre os anos 1960 e 1990, cuja principal força motriz foi o uso de tecnologias eletrônicas e de informação (revolução digital) para conseguir uma maior automação da manufatura. Estas 3 revoluções sucessivas podem ser cunhadas como Indústria 1.0, Indústria 2.0 e Indústria 3.0, respectivamente.

A maioria dos economistas concorda que estamos entrando na 4ª revolução industrial, ou Indústria 4.0, cuja principal característica é o uso de sistemas ciberfísicos ou, em outras palavras, a vinculação de objetos reais e pessoas com objetos de processamento de informação / objetos virtuais através de redes de informação ("*internet of things*", impressão 3D, inteligência artificial, bioengenharia, computação em nuvem, etc...), mas, também, usando nanotecnologias e novos materiais inteligentes. O termo apareceu pela primeira vez em 2011 durante a famosa Feira de Hannover, como um tipo de projeto da estratégia de alta tecnologia da indústria alemã, e no ano seguinte foi criado o Grupo de Trabalho (Alemao) 4.0, que entregou o seu Relatório Final em abril de 2013, novamente na Feira de Hannover. Este relatório definiu o que é o ambiente Indústria 4.0, que inclui a forte personalização de produtos sob as condições de alta flexibilidade de produção em massa (tecnologia de automação

melhorada), exigindo a introdução de métodos de sistemas auto-organizados (auto-otimização, configuração, autodiagnóstico, etc ...) para obter a ligação adequada entre o real (máquinas, trabalhadores) e o mundo virtual. O termo foi definitivamente adotado na Reunião Anual do Fórum Económico Mundial (World Economic Forum - WEF) realizada em janeiro de 2015 em Davos, na Suíça, logo após a publicação do livro “The Fourth Industrial Revolution”, assinado por Klaus Schwab, fundador e presidente do WEF. Mais recentemente (Janeiro de 2016), o WEF apresentou o importante relatório “The Future of Jobs: Employment, Skills, and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution”.

Como Devezas et al.<sup>1</sup> observaram recentemente, estamos testemunhando agora o nascimento de um paradigma socioeconómico completamente novo, provavelmente a mudança global mais importante jamais experimentada pela civilização humana. Todas as coisas são agora muito diferentes, o conceito de inovação em si mudou muito, os meios de produção de riqueza não são mais o que costumavam ser. Durante as revoluções industriais precedentes, tivemos o surgimento de enormes setores industriais materializados com base na introdução de artefactos radicalmente novos, gerando uma miríade de novos empregos e profissões. Atualmente, os meios de produção de riqueza não são mais baseados na produção em massa de artefactos, mas cada vez mais dissociados do consumo material e significativamente baseados em inovações e ativos intangíveis. Milhões de empregos estão sendo vaporizados em um ritmo nunca visto, enquanto outros estão surgindo, assistimos em um curto espaço de tempo a criação de empresas de bilhões de dólares, as chamadas empresas ‘unicórnio’, que são conduzidas por um número reduzido de profissionais altamente qualificados.

Em resumo, temos agora uma realidade bastante diferente, fortemente baseada no mundo virtual dos sistemas cibernéticos, que carrega consigo a necessidade de uma profunda mudança estrutural dos meios de produção, do comércio, da educação e da organização social. Governos, empresários, empresas e pessoas comuns precisam se adaptar a este “*brave new world*” no âmbito de uma nova realidade digital.

## **O problema - ausência de atitude orientada para o futuro**

Para fazer frente a esta profunda mudança estrutural, é fundamental que os profissionais nas áreas de engenharia, educação, gestão e negócios em geral, se familiarizem com o conhecimento necessário sobre ferramentas e métodos usados para examinar cenários futuros, bem como sobre as tecnologias e oportunidades mais promissoras que estão

<sup>1</sup> Devezas, T., Leitão, J., Sarygulov, A. - *Industry 4.0 - Entrepreneurship and Structural Change in the New Digital Landscape*, Springer, Heidelberg, Germany, February 2017.

a surgir no âmbito da Indústria 4.0. O problema é que a maioria das pessoas engajadas no planejamento e na operação das organizações atuais tem um forte foco no negócio atual, concentrando a maior parte de sua atenção em tornar-se mais eficiente e em como tomar decisões estratégicas para superar rivais, proteger os novos participantes e naturalmente como manter a posição competitiva no negócio atual. Em um estudo publicado em 2005, Gary Hamel (London Business School) e C. K. Prahalad (University of Michigan)<sup>2</sup> concluíram que a atenção da alta gerência segue a chamada regra 40:30:20, onde 40% da sua atenção é dedicada a olhar para fora, dos quais 30% é gasto em perscrutar três a cinco anos no futuro, e que não mais de 20% é dedicado à construção de uma visão coletiva do futuro, o que resulta que menos de 3% do tempo de um típico ‘top manager’ é dedicado à criação de perspectivas reais de futuro. Isso provavelmente explica por que a permanência das empresas no índice S&P 500 caiu de 61 anos em 1958 para 25 anos em 1980, e reduziu para apenas 18 anos hoje<sup>3</sup>.

O falecido professor Canadano George Korey<sup>4</sup> observou em 2006:

“The challenges of the future require a new discipline, Managerial Futuristics, the role of which is to provide a useful framework for decision making by developing reasonable assumptions about the future, these based on assessment of present conditions, identification of future dangers and opportunities, and evaluation of alternative approaches to policies/issues. The fundamental rules of good management must be retained also, i.e. understanding of people; vision, courage, and creativity; the ability to delegate properly and to make sound decisions; however, these must be allied with knowledge of the advanced technological and managerial tools available, to implement the change process”

Tal abordagem tem recebido diversos nomes, tais como ‘*Managerial Futuristics*’, ‘*Organizational Future Orientation*’, ‘*Future-oriented Business Intelligence*’, etc..., mas todas têm como denominador comum a premissa de que a *competitividade* está fortemente associada a *uma atitude orientada para o futuro*. Esta é uma realidade comprovada, conforme foi evidenciado por um estudo publicado pelo Professor Mansour Javidan<sup>5</sup> (Thunderbird School of Global Management) em 2007, com base

---

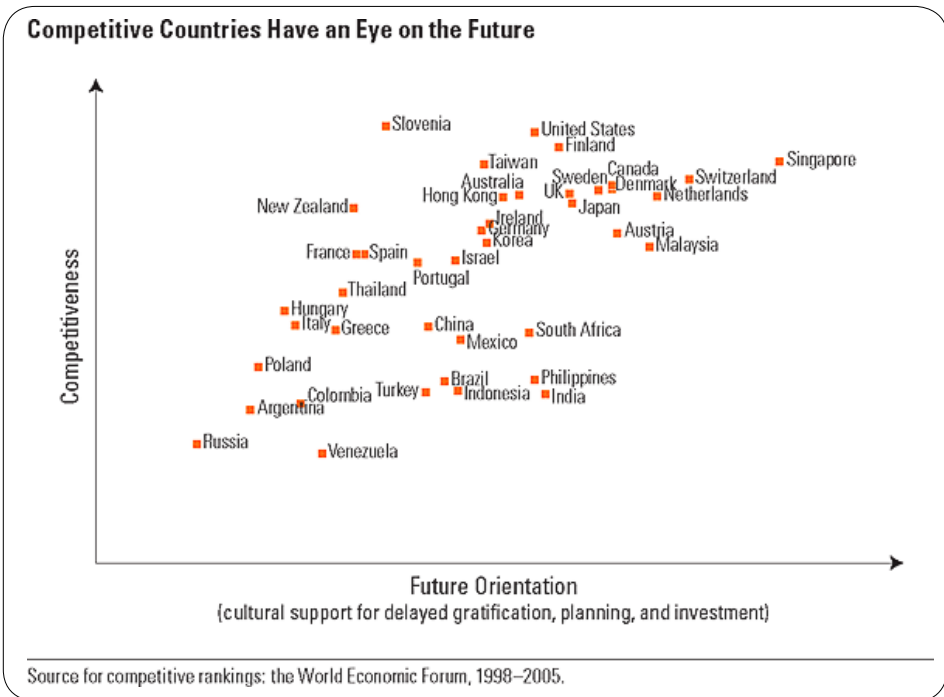
2 Hamel, G.; Prahalad, C. K. – Strategic Intent, *Harvard Business Review*, July-August 2005.

3 Creative Destruction Whips Through Corporate America, *Innosight, Executive Briefing*, February 2012.

4 Korey, G. - “The Need for New Future - Oriented Management”, *Journal of Management Development*, Vol. 4 Iss: 2, (2006) pp.26 – 33.

5 Javidan, M. – Forward-thinking Cultures, *Harvard Business Review*, July-August 2007.

em dados do ranking de competitividade internacional do World Economic Forum e seus próprios resultados de uma pesquisa mundial (Globe Project) com mais de 17.000 gerentes de nível médio buscando suas opiniões sobre como suas empresas recomendam retardar o retorno de investimentos em troca de planejar e investir no futuro. O resultado é exibido na Figura 1 e, como pode ser observado, apesar de alguma dispersão dos pontos, há uma clara tendência ascendente do canto inferior esquerdo para o canto superior direito, mostrando assim a maior competitividade das nações que praticam a gestão orientada ao futuro.



**Figura 1** - Competitividade e atitude orientada para o futuro

Podemos observar neste gráfico a pobre situação do Brasil no quadrante inferior esquerdo. Obras como esta podem certamente contribuir para a necessária promoção do país em uma linha ascendente em direção ao quadrante superior direito, pelo que desejo parabenizar os organizadores desta obra, e incentivá-los a continuar a promover esta tão necessária atitude voltada para o futuro.

**Prof. Dr. Tessaleno Devezas**

Atlântica School of Management Sciences, Health, IT & Engineering  
C-MAST (Center for Aerospace Science and Technologies)

## *Prefácio*

Conhecer o futuro sempre esteve entre as mais prementes ansiedades do homem. Não apenas por uma questão de curiosidade ou de ambição de tomar o lugar da Divindade, mas como forma de se precaver contra eventualidades futuras ou de se preparar para elas gerando estratégias que as contemplem.

Se no passado essa preocupação estava associada à premonição, à crença na clarividência, às práticas supersticiosas ou mágicas, o fato é que com a evolução do saber, as técnicas foram se transformando adquirindo facetas próprias e, inserindo-se no grande movimento do desenvolvimento da ciência.

Dos tempos de Alexandre Magno, que consultava as pitonisas de Delfos antes de iniciar suas viagens de conquista, até aos trabalhos de previsão empreendidos pelo projeto das navegações portuguesas, nos séculos XV – XVI vai uma distância considerável e significativa, tanto em termos de tempo, quanto de evolução do conhecimento.

Como homem do seu tempo, Alexandre valia-se, para a perseguição de seus empreendimentos, da tradução das palavras das pitonisas em transe, alucinadas por fumigações.

A Escola náutica portuguesa ancorava seu projeto em estudos científicos avançados, que iam da astronomia à matemática passando pelo saber prático e pela instrumentação náutica.

As previsões científicas e tecnológicas, baseadas em parte em dados históricos e estudos anteriores, complementados por outros especializados e pela experiência, assumia já elevada importância. A partir delas, os pilotos das embarcações conheciam, com antecedência de seis a oito meses, as marés, a direção das correntes marinhas e dos ventos e definiam, a partir desses dados, qual a época em que as frotas deviam deixar o porto ou aportar, navegando com segurança. Estudos de previsão eram efetuados para definir quais astros ou estrelas deviam ser tomados como referência, em determinada época do ano, para delinear as rotas de viagens que duravam de um a três anos. Além disso, faziam igualmente previsões meramente técnicas ou conjunturais. Entre elas, as que diziam respeito à manutenção dos navios e ao material de reposição ou à facilitação das manutenções corretivas ou preventivas. Em relação às últimas, prevendo a falta de recursos humanos para as navegações e a necessidade de auxílio às viúvas dos naufragos, fundaram Confrarias

Religiosas com fundos de pensão e tomaram outras medidas preventivas que nos parecem hoje avançadas, como a criação de companhias de seguros de navegação e leis de sigilo contra a espionagem.

Com o passar do tempo, a ciência se impôs cada vez com mais veemência e atingimos hoje um grau de racionalização tal, que nossa preocupação com o futuro está alicerçada em métodos matemáticos, que levam cada vez mais a uma diferenciação entre prever e antever. Assim, nossa previsão do futuro, seja ele do tipo indeterminado, determinista ou probabilístico, se diferencia do antever, baseado este em sentimentos sem qualquer fundamentação científica ou metodológica.

Um passo importante e mais recente para a evolução, aplicação e sistematização dos métodos de previsão tecnológica foram os relatórios confidenciais emitidos para as forças armadas dos EUA durante os anos 60 e 70 do século passado. A RAND Corporation (Research AND Development) criada em 1948 pela Douglas Aircraft Company criou e desenvolveu uma grande quantidade de trabalhos de previsão tecnológica, sob a forma de relatórios confidenciais dirigidos às forças armadas dos EUA, em plena Guerra Fria. Esses estudos recorriam ao método Delphi e num intervalo de 10 anos acumularam por volta de uma centena de documentos.

A Técnica Delphi, desenvolvida pela RAND teve como pioneiros Olaf Helmer, Norman Dalkey, Bernice Brown, Nicolas Rescher, Robert M. Campbell e muito outros. Além dos estudos que envolviam as estratégias militares dos EUA, abrangiam também as áreas das Ciências Sociais, Economia e as Relações Internacionais.

No dia 1º de Dezembro de 1973 o Dr. Dixy Lee Ray, “Chairman” da “United States Atomic Energy Commission” encaminha ao então Presidente dos Estados Unidos, Richard M. Nixon, um relatório intitulado “The Nation’s Energy Future” (WASH-1281), documento esse rico em detalhes, traçando um perfil completo das fontes convencionais e alternativas de energia. Nele se contemplam três cenários diferentes: um futuro a curto prazo, entre 1973 e 1985, um futuro a médio prazo, entre 1986 e 2000 e um futuro a longo prazo, para além do ano 2000. O documento, formado por 171 páginas, descreve, também, em detalhe os obstáculos a enfrentar pelo país para alcançar as metas desejáveis para seu plano energético nacional.

Vê-se, assim, que as preocupações com o futuro são de extrema importância para o sucesso de um projeto, seja científico e/ou tecnológico. O uso contínuo de métodos de previsão e prospecção são ferramentas que nos ajudam a superar os receios e deficiências e a atingir os objetivos com um melhor alcance e segurança.

É dentro destas perspectivas que se insere a presente publicação.

Dentre as diversas finalidades destacamos a intenção de formar uma Escola de Conhecimento que abranja o uso de todas as metodologias com as quais possamos perscrutar os cenários futuros, principalmente os relativos a ambientes de incerteza e que concernem à ciência e à tecnologia e a aspectos candentes para a sociedade brasileira, em especial, trazendo para si publicações nas áreas do Saber e da Prática (Ciência e Tecnologia), desde conhecimentos especializados em Economia, Ciências Humanas, Ciências Médicas e Biológicas, Ciências Exatas, Engenharias, e Relações Internacionais.

Esperamos que tanto a Academia como as instituições governamentais em geral e as empresas privadas possam também dar seu importante contributo para esta área do conhecimento.

Herlandí de Souza Andrade

Messias Borges Silva

Milton de Freitas Chagas Jr.

Wagner dos Santos Oliveira





## Capítulo 1

# Prospecção Tecnológica: conceito e aplicação

**Leila Costa Duarte Longa**

Fundação Oswaldo Cruz

leila.longa@fiocruz.br

A prospecção tecnológica vem sendo discutida como uma ferramenta de visão do futuro, muito embora o futuro possa parecer incerto, alguns acontecimentos do presente podem ajudar a traçar possíveis caminhos, frutos na determinação, desta visão com a apresentação de resultados para tomada de decisão.

Muitas são as possibilidades de aplicação de prospecção tecnológica, porém, podemos entender que ela ajuda a perceber as forças e/ou fraquezas que podem orientar o futuro em conhecer o percurso das mudanças e o processo de tomada de decisão. O termo prospecção, descrito em dicionários, é originado do latim “*prospectione*” que significa o ato de pesquisar ou buscar resultados a partir de informações. Segundo Amparo et al (2012), a prospecção é designada pelas atividades centradas através de mudanças tecnológicas e/ou na capacidade funcional de tempo para chegar a uma inovação. Estas mudanças são combinações de tecnologias que norteiam estudos prospectivos dentro do processo de gestão tecnológica por meio da sistematização das informações trabalhadas para estimar os possíveis estágios futuros de uma tecnologia e suas aplicações.

A prospecção tecnológica também é definida por Krupfer e Tigre (2004), como um meio sistemático de mapear desenvolvimentos científicos e tecnológicos. Muitas indústrias e empresas elaboram prospecções de forma contínua visualizando a economia e a sociedade como um todo. O exercício da prospecção se faz a partir de dados encontrados no mundo, identificando cenários e tendências mundiais. São levantadas possibilidades para realização dos estudos prospectivos, usando os resultados como indicadores das tecnologias a partir de abordagens participativas dos ambientes micro, meso e macro, além das dimensões, dos impactos, dos monitoramentos, das visões de futuro, da promoção e das articulações no âmbito da ciência, tecnologia e inovação como ideia central. O futuro se constrói a partir do presente. (Coelho et al., 2005)

Para Biaggi (2014), a prospecção é o meio sistemático de mapear desenvolvimentos científicos e tecnológicos, através da informação tec-

nológica, que influenciam de forma significativa à pesquisa, a indústria, a economia ou a sociedade como um todo, bem como sinaliza o êxito da inovação tecnológica.

Como podemos perceber há a convergência dos autores na definição que a prospecção tecnológica é focada para realização de estudos ao reconhecimento que podem ser a partir do rastreamento das tecnologias, dos desenvolvimentos de produtos, das amostragens de mercados, até das identificações de parcerias e concorrentes. É notório que a prospecção é extremamente útil por apresentar possíveis informações que vão desde o estado da técnica ou estado da arte das tecnologias nas mais variadas áreas tecnológicas desenvolvidas a partir das bancadas de laboratórios até as suas aplicações nas indústrias/empresas e seus produtos, contribuindo com o reconhecimento das forças e fraquezas das instituições sobre as trajetórias das tecnologias, mercado, entre outras possibilidades.

Fazer prospecção não é algo complicado, mas também não é tão fácil, pois depende do que se precisa realizar, utilizando a ciência, a tecnologia e a inovação como elementos-chave que levam ao futuro. Vale destacar que a prospecção não é um prognóstico ou uma previsão, é algo que deve ser focado, pautado em dados presentes que são coletados, organizados e bem analisados para chegar a conclusão direcionada que contribua com a visão de futuro em curto, médio e longo prazo.

## **1.1 Aplicação da prospecção tecnológica**

Muitas organizações aplicam a prospecção de jeito empírico, ou seja, a partir das experiências vividas e presenciadas, porém sem nenhuma fórmula, teorias ou métodos científicos estabelecidos. Outras tentam fazer de forma planejada de acordo com as suas necessidades com estabelecimento de métodos, critérios discutidos e definidos, onde terão uma visão da maximização de ganhos e da minimização de perdas, além de orientar o direcionamento de recursos, avaliar as oportunidades ou ameaças, forças e fraquezas da aplicação dos projetos. Tudo é extremamente estudado, pensado e definido porque existe foco do que se deseja.

Para Miles, Keenan e Kaivo-Oja (2002), o trabalho de prospecção interliga as forças, e estabelece tendências e fatores condicionantes através de dados. Esses dados são utilizados a fim de possibilitar a abertura na visualização para alternativas futuras. Neste contexto, essas possibilidades culminam na amostragem do caminho a seguir de acordo com o lugar que se deseja chegar.

Então, a prospecção tecnológica é uma ferramenta que ajuda a chegar numa inovação, por exemplo, mesmo que no caminho se identifique riscos e desafios. Dentro do mercado competitivo e concorrente com elevado grau de incertezas, a prospecção acontece através de grande número de informação tecnológica que surge a todo momento no mundo. É um verdadeiro “big data” acontecendo, com muita quantidade de dados armazenados que acabam resultando em novas possibilidades e desafios para os especialistas que trabalham com informações através da captura de dados, transferência, armazenamento, visualizações da informação, análise, entre outras possibilidades.

Os registros iniciais sistematizados e dispostos a partir das informações são usados como ferramenta estratégica presentes. Esse procedimento acontece desde a década de 50, quando o objetivo principal era a redução de tempo entre as invenções e produtos novos para chegar ao mercado, onde a prospecção tecnológica era a peça fundamental a ser utilizada, mesmo sendo chamada por termos tais como inteligência tecnológica, estudo competitivo, entre outros.

## **1.2 Informação tecnológica como ferramenta de prospecção tecnológica**

A informação tecnológica é um quesito indispensável para a realização de estudos prospectivos na área acadêmica e científica, quando é obtida de fontes confiáveis e contínuas. Aguiar (1991) define que a informação tecnológica é todo tipo de conhecimento relacionado ao modo de fazer pesquisa e um produto ou prestar serviço para colocá-lo no mercado. Longa (2007) defende que a informação tecnológica é um insumo estratégico e imprescindível para as instituições que desenvolvem pesquisa e produtos, estabelecem parcerias com empresas que são desejosas em se manterem à frente de um mercado competitivo.

Amparo (2012) descreve a importância da identificação e utilização da informação tecnológica, a partir da coleta, análise, organização da estrutura das informações tecnológicas que devem ser estudadas pelos especialistas de prospecção e pelos pesquisadores interessados. As principais fontes utilizadas de captação são de natureza técnica e científica. A forma clássica de se procurar a informação tecnológica é buscando nos artigos científicos e/ou anais de congressos e patentes as informações que descrevem o desenvolvimento da pesquisa (Longa, 2007). Vale ressaltar que os documentos de patentes merecem atenção por conterem informações inéditas no mundo, descritas nas mais variadas tecnologias e suas aplicações que são úteis para o direcionamento de projetos e con-

seqüentemente nas inovações das instituições. Certamente, o documento de patente alcança destaque nas informações referente as tecnologias desenvolvidas, bem como pode subsidiar a análise de mercado e o estabelecimento de parceria e técnicas desenvolvidas nos laboratórios porque passam conhecimentos interessantes para novas possíveis proteções e criações de novos produtos a serem explorados em diversos países.

As informações tecnológicas inseridas em documentos de patentes são encontradas em bancos de dados próprios pertencentes aos escritórios nacionais de propriedade intelectual. São escritórios outorgados pelos governos dos países para atuarem como locais de depósito de pedidos de patentes, exames e concessão das patentes requeridas. As bases de dados desses escritórios são valiosas ferramentas seguras e confiáveis na captação da informação patentária (Amparo et al., 2012). Existem muitas vantagens no uso dessas ferramentas de informação tecnológica de patentes para estudos prospectivos, porque há facilidade no acesso gratuitamente pela internet nessas bases. Cabe enfatizar que as bases são construídas de forma organizada, para uso livre da informação, com fácil acesso, interatividade e manuseio autoexplicativo. Possuem documentos de patentes do mundo todo, podendo ter acesso aos documentos na íntegra, inclusive com informações dos status das proteções nos respectivos escritórios nacionais. Além disso, encontra-se o conhecimento através dos nomes dos detentores ou depositantes das patentes, que é um valioso insumo para se chegar aos potenciais parceiros e/ou competidores da tecnologia protegida. Outras bases de dados que devem ser conhecidas são comerciais obtidas por aquisição de contratos firmados com empresas proprietárias das mesmas. O acesso se faz através de senhas autorizadas mediante a contratação do serviço por determinado período, com custos altos estabelecidos pela empresa proprietária da base. Ressalta-se que tais ferramentas de busca são dispendiosas, porém, apresentam maiores recursos e funcionalidades mais vantajosas do que as gratuitas, isto porque proporcionam análise e tratamento simultâneo das buscas realizadas com a construção de planilhas e tabela dos dados levantados.

No Quadro 1 a seguir, elaborada pela de área de informação tecnológica da coordenação tecnológica da Fiocruz, é possível visualizar as bases gratuitas e comerciais que podem ser utilizadas de acordo com o interesse dos usuários.

**Quadro 1 - Algumas bases gratuitas e comerciais**

BASES GRATUITAS		BASES COMERCIAIS	
Escritórios Nacionais e oficiais nos países	Outras bases de patentes	Bases de patentes de empresas especializadas	Outras bases de informação que contém patentes de empresas especializadas
Instituto Nacional da Propriedade Industrial – INPI/BR	Organização Mundial de Propriedade Intelectual – OMPI	Derwent Innovation Index (presente no portal Capes)	Dialog
European Patent Office - EPO	Google Patent	Thomson Innovation (Empresa Clarivation)	STN
United States Patent and Trademark Office - USPTO	Feepatentonline	Questel Orbit (Empresa Axonal – representação)	SciFinder (presente no portal Capes)
Japan Patent Office – JPO			Cortellis (Empresa Clarivation)
German Patent and Trade Mark Office – DPMA			Newport (Empresa Clarivation)
Canadian Intellectual Property Office			Thomson Integrity (presente no portal Capes)

Fonte: Elaboração Própria

Ainda dentro da análise do fornecimento das informações do documento de patente, cabe ressaltar que as tecnologias dispostas nestes documentos são classificadas e organizadas de acordo com assuntos estabelecidos pela Organização Mundial de Propriedade Intelectual, para organizar as informações técnicas de acordo com as seções de aplicabilidades das proteções. Longa (2007), ressalta a existência de classificações nas bases de patentes, onde cada proteção é categorizada mediante à sua aplicação e técnicas desenvolvidas nas invenções, conforme demonstrado na Quadro 2:

**Quadro 2 - Classificação Internacional de Patentes**

Seção A	Necessidades humanas
Seção B	Operação de processamento; transporte
Seção C	Química e metalurgia
Seção D	Têxtil e Papel
Seção E	Construções fixas
Seção F	Engenharia mecânica, iluminação, aquecimento, armas,
Seção G	Física

Fonte: Elaboração própria, 2017

Como se pode observar as tecnologias estão imersas nessas categorias indexadas, organizadas por assuntos agrupados nas seções do conhecimento, divididas em classes e sub-classes de acordo com as especificidades da tecnologia desenvolvida. Essas classificações estão dispostas nas bases de patentes e permitem a realização de busca por palavras-chave sobre o assunto desejado, para verificação em que classificação a tecnologia está inserida. Este tipo de amostragem ajuda na identificação dos cenários tecnológicos, identificando as tecnologias inseridas em possíveis rotas, de relevante interesse na construção de indicadores que podem ser utilizados nos estudos de futuro.

No que tange a prospecção de parcerias é interessante buscar quem são os titulares e co-titulares dos documentos de patentes. É possível mapear as parcerias estabelecidas a partir do desenvolvimento da pesquisa, e também pode-se identificar concorrentes que desenvolvem proteções similares ou iguais ao estado da técnica da pesquisa. Esta amostragem permite conhecer e reconhecer aqueles que estão à frente dos avanços tecnológicos através dos desempenhos de suas pesquisas.

Vale ressaltar que no escopo do conteúdo descritivo de um documento de patente se encontram as informações sobre o desenvolvimento da pesquisa que auxiliam com as técnicas descritas nas pesquisas, servindo de modelo inclusive na aplicação industrial de novos produtos que possam ser desenvolvidos. Sempre se pode pensar no que não foi pensado anteriormente e/ou pode-se pensar em incrementar algo no que já foi inventado.

Ainda no que pode ser explorado com a ferramenta das patentes, podemos diagnosticar o avanço temporal das tecnologias, ou seja, identificar o espaço de tempo que leva para uma tecnologia despertar interesse. Esta observação é válida em estudos de prospecção de mercado, por exemplo, sabendo quando acontece um aparecimento de tecnologia nova ou incremental e sua aplicação no mercado, gerando um potencial indicador para inovação.

### **1.3 Métodos e técnicas de estudos prospectivos**

Segundo Santos et al (2014), atualmente é comum que o estudo prospectivo apresente múltiplos métodos e técnicas, quantitativos e qualitativos, de modo a complementar as características de cada estudo. Não faz sentido ter uma fórmula pronta para uma metodologia de prospecção porque a escolha do método e técnica está ligada ao que se pretende realizar. O exercício da prospecção pode atingir diversos benefícios

tanto para ciência e tecnologia como para inovação como: i) circulação de informação e conhecimento de caráter estratégico para a inovação; ii) aumento da inteligência inserida no processo de tomada de decisão; iii) incorporação crescente de visões de futuro no processo de tomada de decisão e de criação de redes; iv) apoio a decisões relativas ao estabelecimento de prioridade de P&D, gestão de riscos de inovação tecnológica, processos, serviços entre outras possibilidades.

Ainda nesse raciocínio, as metodologias e as técnicas preferencialmente adotadas para prospecção contemplam a convergência dos esforços para gerar orientações e recomendações. Além disso, permite um processo interativo de comunicação e articulação com atores para maximizar a disseminação de informações estratégicas, e possibilitar a promoção da criatividade e da busca permanente de novas oportunidades.

De acordo com os processos utilizados pode ser citado o *Foresight* que vem sendo defendido como um processo de compreensão, visão e previsão de futuro. Segundo Coelho (2005), é possível visualizar um triângulo *foresight* que classifica e relaciona os diferentes métodos e técnicas em três dimensões: 1) criatividade, que inclui os métodos influenciados pela imaginação; 2) *expertise*, que inclui métodos influenciados por experiências e compartilhamento de conhecimento, e, 3) interação, que agrupa os métodos influenciados por discussões e interações e busca relacionar os diversos métodos e técnicas a esses pontos e às atividades a serem desenvolvidas.

Todos esses formatos foram estudados por Porter *et al.* (2004) que descreve: i) a criatividade utilizando métodos específicos como o *brainstorming*; ii) os métodos criativos e matrizes que utiliza o *roadmapping*; iii) os métodos estatísticos que utiliza dados bibliométricos, entre outras técnicas; iv) a opinião de especialistas com a utilização do Delphi, que é uma técnica interativa com questões aos especialistas; v) os cenários com amostragens de dados estabelecidos; vi) as tendências baseadas em análise de impacto de dados e a decisão/ avaliação baseada em técnicas analíticas. Apesar de não se esgotar nesse capítulo todas os possíveis procedimentos existentes de prospecção cabe ressaltar que nenhum método, técnica ou qualquer ferramenta conseguirá trazer isoladamente respostas completas. As técnicas e métodos devem ser usados em conjunto, selecionando os mais adequados na obtenção de respostas mais precisas.

Outra possibilidade que pode ser utilizada é o *Forecast*, processo que descreve emergências, desempenho, características ou impactos de uma tecnologia em momento futuro (Porter *et al.*, 2004). Designa as atividades que tem como foco nas mudanças tecnológicas normalmente centradas em modificações da capacidade funcional da tecnologia, no

tempo e na inovação. O *Forecast* é basicamente centralizado nas novas tecnologias, podendo radical e/ou incremental de acordo com as mudanças das tecnologias existentes.

Além dessas possibilidades também existem outras técnicas a serem mencionadas como: *Futuribles*, *La Prospective*, *Veille Technologique*, Estudos de Futuros e *Assessment*. Todas essas modalidades devem ser estudadas e aplicadas de acordo com o que se deseja prospectar.

Uma das formas de classificar os métodos e técnicas a serem empregadas é utilizar os métodos quantitativos baseados em dados empíricos e numéricos identificados como “*hard*” e os qualitativos baseados em julgamentos, refletindo o conhecimento tácito mencionados como “*soft*”. Outras formas de classificação são as normativas aplicadas, que definem em percepção futura ou a exploratória que inicia o processo a partir da extrapolação das capacidades tecnológicas correntes (Santos et al., 2004).

## 1.4 Relatórios prospectivos

Que todo estudo prospectivo trabalha com a coleta, tratamento e análise de dados informativos já sabemos, porém faz-se necessário organizar as informações em documentos, afim de serem disseminados e utilizados para os tomadores de decisão. Neste contexto, utiliza-se relatórios técnicos informativos. O relatório é um documento que contém um conjunto de informações para reportar resultados totais ou parciais de uma determinada atividade, experimento, projeto, ação, pesquisa entre outros. Normalmente utiliza-se uma formatação padronizada, que, no entanto, pode ter flexibilidade de acordo com a necessidade que se espera alcançar.

Dentro das prospecções utilizadas pela área de informação tecnológica da coordenação de gestão tecnológica da Fiocruz, se adotou a construção de relatórios divididos nas necessidades de prospectar, por exemplo: i) prospecção técnica para ajudar na mostragem de cenários que norteiem o desenvolvimento de pesquisas; ii) prospecção de mercado/produtos para ajudar a enxergar o tamanho do consumo e produção das tecnologias fabricadas e utilizadas pela sociedade; iii) prospecção de empresas/indústrias/concorrentes para identificar os principais os players de uma área tecnológica específica. Todos esses relatórios têm por finalidade descrever os resultados para atender o assunto do que se está sendo solicitado. No segundo momento do relatório apresenta o cenário dos dados trabalhados, em se tratando da área da saúde, é importante



considerar os dados epidemiológicos no contexto do cenário. No caso do levantamento de uma empresa específica, importante prospectar o portfólio desta empresa, usando como indicadores de inovação de produtos, proteções e outros demonstrativos de potencialidade da empresa. As proteções por patentes são importantes inclusões de potenciais de mercado, parceiros, novidades tecnológicas, aplicação e uso necessário para a sociedade. Outro aspecto que deve ser levado em consideração são os produtos registrados que estão no mercado e suas aplicações tecnológicas, pois ajudam a identificar aqueles que possuem desenvolvimentos incrementais e novos. Para amostragem econômica, a obtenção dos valores dos produtos de mercado são valiosos indicadores para tomadores de decisão nas negociações, através de demonstrativos dos ganhos dos produtores e/ou fornecedores. Por fim a conclusão deve mencionar as recomendações breves, claras e bem estabelecidas, ajudando a responder ao solicitante. Tais informações contribuem tanto no direcionamento da pesquisa, como no estabelecimento de negócios e direcionamento a ser realizado por uma instituição, empresa ou indústria.

Por tudo que foi observado e identificado, a prospecção é uma ferramenta que demonstra clareza, exatidão, concisão, pertinência e direcionamento aos pontos importantes aplicados na pesquisa, na negociação e no desenvolvimento de produtos através da amostragem de cenários e tendências, subsidiando “cases” estudados pelas instituições, conforme será desenvolvido no decorrer deste capítulo.

## Referências

AMPARO, K. K. S.; RIBEIRO, M. C. O.; GUARIEIRO, L. L. N.; Estudo de caso utilizando mapeamento de prospecção tecnológica como principal ferramenta de busca científica. **Perspectiva. Ciência. Informação**, v. 17, n. 4, p. 195-209, 2012.

AGUIAR, A. C. Informação e atividades de desenvolvimento científico, tecnológico e industrial. **Ciência da Informação**, v. 20, n. 1, p. 7-15, Jan/Jun. 1991.

SANTOS, M. M.; COELHO, G. M.; SANTOS, D. M.; FILHO, L. F. Prospecção de tecnologias de future: métodos, técnicas e abordagens. **Parcerias Estratégicas**, v. 9, n.19, Dez.2004

PORTER, A.; ASHTON, B. W.; GUENTER, C.; COATES, F. J.; CUHLS, K.; SCOTT, W. C.; DUCATEL, K.; GEORGEHIU, L.; GORDON, T.; LINSTONE, H.; MARCHAU, V.; COELHO, M. G.; MILES, I.; MOGEE, M.; SALO, A.; SCAPOLO, F.; SMITS, R.; THISSEN, W. Technology futures analysis: toward integration of the field and new methods. **Techological Forecasting & Social Change**, v. 71, n. 3, p. 287-303, mar. 2004.

COELHO, G. M.; SANTOS, D. M.; SANTOS, M. M.; FILHO, L. F. Caminhos para o desenvolvimento em prospecção tecnológica: Technology Roadmapping – um olhar sobre formatos e processos. **Parcerias Estratégicas**, n. 21, dez. 2005.

KUPFER, D.; TIGRE, P. B. Modelo SENAI de Prospecção: Documento Metodológico. Capítulo 2: Prospecção Tecnológica. In: **Organizacion Internacional Del Trabajo CINTERFOR Papeles de La Oficina Técnica**, no.14, Montevideo, 2004.

MILES, I.; KEENAN, M.; KAIVO-OJA, J. **Handbook of knowledge society foresight**. Prest, Manchester, 2002.

BIAGGI, E. D.; CUNHA, J. G.; FERRAREZI, A. L.; SILVA, D. C. N. Estratégia de difusão da Informação Tecnológica Existentes nas bases de patentes como conteúdo educacional para a formação de estudantes do nível técnico e tecnológico. **Cadernos de prospecção** – vol. 7, n. 2, p. 237-246, 2014.

LONGA, L. C. D. **O gerenciamento da informação tecnológica contida na literatura patentária**: uma proposta para a Fiocruz. 2007, 176 p. Dissertação de Mestrado – Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro.

“O conteúdo expresso neste capítulo é de inteira responsabilidade da autora”

A autora autoriza a publicação e distribuição gratuita deste e-book por meio da editora ou canais de distribuição indicados pela empresa.

## **Capítulo 2**

# **Construção de Cenários Futuros para o setor espacial**

**Joana Ramos Ribeiro**

*Instituto de Aeronáutica e Espaço*  
*joanajrr@iae.cta.br*

**Mischel Carmen Belderrain**

*Instituto Tecnológico de Aeronáutica*  
*carmen@ita.br*

**Tessaleno Devezas**

*Universidade da Beira Interior - Portugal*  
*tessalen@ubi.pt*

Em 1929 Konstantin Tsiolkovsky fez uma importante contribuição científica com a publicação de seu trabalho sobre tecnologia de foguetes para o uso espacial Rocket Space Trains (DYSON, 2007). Nesse trabalho, Tsiolkovsky apresenta foguetes multiestágio para atingir a velocidade de escape, que consiste na união de propulsores ignitados por estágios e suas carcaças ejetadas após as suas queimas.

Segundo a previsão tecnológica realizada por Tsiolkovsky em 1932, este afirmou que “os primeiros voos espaciais aconteceriam dentro de 20 a 30 anos” (LYTKIN, 2012). No dia 4 de outubro de 1957, a ex-União Soviética colocou em órbita seu primeiro satélite, este evento estabeleceu um marco na história da humanidade, afetando todas as esferas: política, militar, econômica e científica. Em especial a esfera política, o que fortaleceu a Guerra Fria e desencadeou a primeira corrida espacial, gerando diversos avanços para a tecnologia espacial. Hoje, ela está presente no cotidiano do ser humano, principalmente por meio dos serviços de telecomunicações, meteorologia e GPS.

No entanto, a intensidade de inovação tecnológica no setor espacial revela que foi mais branda comparada a outros setores. Na área do transporte espacial as melhorias tecnológicas foram graduais quanto à estrutura básica do veículo espacial e sua respectiva propulsão, sendo praticamente as mesmas desde 1957 (TKATCHOVA, 2011). Veen (2012) considera que um forte motivo desse lento processo de inovação na área de tecnologia de lançadores concentra-se nos métodos conservadores

de desenvolvimento tecnológico focados em tecnologias de baixo risco, ao invés de tecnologias de ruptura ou disruptivas.

Os avanços tecnológicos, principalmente nas áreas de materiais e eletrônica, ocorreram com mais vigor nos satélites devido ao forte interesse econômico-comercial, uma vez que satélites modernos oferecem melhor qualidade de comunicação e informação, melhores imagens e maior durabilidade, entre outras vantagens.

O processo de inovação no setor espacial está relacionado não somente com as questões tecnológicas, mas também a obtenção de uma grande quantidade de recursos necessários (privados e públicos) para viabilizar o desenvolvimento. Os óbices para atrair os investimentos privados para o setor espacial têm como consequência o fato de os governos, em todos os programas espaciais do mundo, tornarem-se o seu maior investidor e cliente. Dessa forma, as decisões de investimentos na inovação espacial sofrem forte pressão política, já que os recursos a serem disponibilizados concorrem com outros setores prioritários de um país, tais como saúde, energia, educação, segurança pública e transporte.

A boa notícia é que existem fortes indícios que o setor espacial vivencia atualmente uma forte transformação liderada por múltiplos agentes, em que empresas privadas e públicas desempenham um importante papel. Há evidências concretas que uma nova corrida espacial está emergindo com características distintas quando comparada à primeira corrida espacial estabelecida nas décadas de 1950 e 1960.

A necessidade de explorar e entender os principais fatores que estão provocando as mudanças nesse setor motivaram o uso da ferramenta de cenários. O objetivo desta pesquisa é investigar os potenciais direcionadores de mudanças que influenciam o setor espacial e propor possíveis cenários futuros, levando em consideração as incertezas inerentes ao seu ambiente externo.

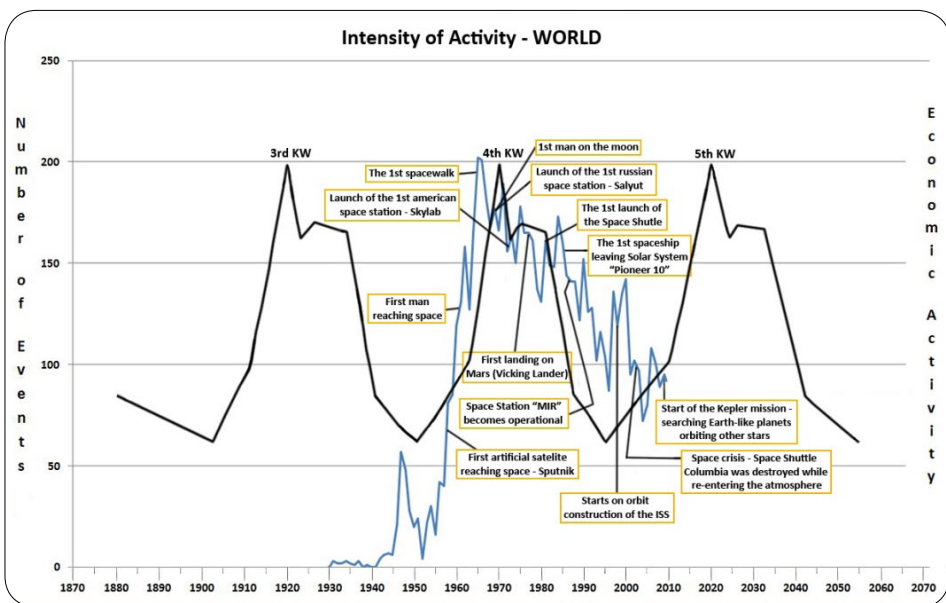
Os resultados foram alcançados com o desenvolvimento e aplicação de uma metodologia de prospectiva estratégica, que proporcionou um amplo diagnóstico do ambiente externo; uma análise de tendências da tecnologia espacial de veículos lançadores e satélites; e o levantamento e seleção dos principais direcionadores de mudança para elaboração de cenários futuros do setor espacial num horizonte de tempo de 20 anos a partir de 2013.

## **2.1 Apresentação do Caso**

Numa pesquisa realizada pelo grupo de prospecção tecnológica

do IAE – DCTA, no âmbito do Projeto Prospecta (CNPq – AEB – Proc nº 559983/2010-7) foi analisado cerca de 7.500 eventos relacionados às atividades espaciais nos últimos 80 anos, de 1930 a 2010.

Realizou-se um levantamento em diversos bancos de dados disponibilizados na web que foram comparados com informações disponíveis em livros e documentos oficiais para gerar um banco de informações que pode ser consultado no site oficial do grupo (PROSPECTA, 2017). O resultado deste levantamento e análise mostrou que as atividades espaciais globais desenrolaram-se durante os últimos 85 anos num processo de crescimento na forma de um movimento em onda, conforme mostra a Figura 1. O pico dessa onda ocorreu na segunda metade dos anos 60, cujo marco foi a ida do homem à Lua.



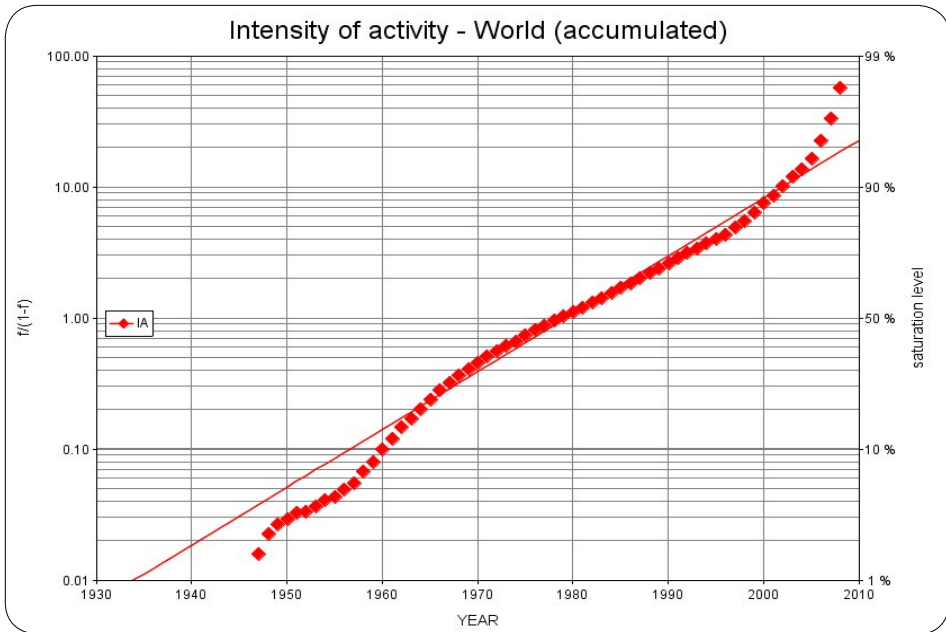
**Figura 1** - Desenrolar coordenado das ondas de Kondratieff com a evolução histórica das atividades espaciais, mostradas segundo a intensidade anual de atividades espaciais (número de eventos) globais no período 1930 a 2010, considerando todos os registros encontrados na literatura. Foram considerados 7.565 eventos

Fonte: DEVEZAS *et al.* (2012).

Após esse evento histórico, a atividade espacial iniciou um processo de desaceleração, intensificada após a queda do muro de Berlim em 1989. Durante o período de 1995 a 2000 houve um breve aumento da intensidade da atividade espacial em razão do elevado número de lançamentos de satélites comerciais e do desempenho de novos entrantes.

A Figura 2, a seguir, mostra o ajuste que foi realizado da curva acu-

mulada da atividade espacial utilizando o método de Fisher-Pry. O resultado sugere o início de uma nova onda espacial. Esse cenário favorável, resultado da análise da intensidade das atividades espaciais globais, configura-se como uma oportunidade de estudos prospectivos.



**Figura 2** - Curva de Fisher-Pry para a intensidade de atividade global no período 1930 a 2010. O desvio para cima dos pontos após o ano 2000 evidencia o gênese de um novo processo de crescimento natural  
Fonte: Devezas et al. (2012).

Nos estudos conduzidos verificou-se que o setor espacial está vivenciando diversas mudanças. Uma delas é a participação de mais países no desenvolvimento de tecnologia espacial. As nações que mais contribuíram para a intensidade de atividades espaciais durante a primeira corrida espacial foram os EUA e a União Soviética, porém recentemente observa-se o aumento gradativo do nível de atividades realizadas pelas nações europeias e asiáticas. A inserção de novos atores espaciais pode ser subdividida em dois períodos: um primeiro, de 1990 a 2000, com uma contribuição mais expressiva da Europa, e um segundo, de 2000 a 2010, com uma contribuição mais significativa dos países asiáticos, principalmente China e Índia.

Outra importante evidencia é referente a transição de uma atividade de exploração espacial exclusivamente dirigida pelo governo para uma nova atividade de exploração espacial, com maior variedade de empresas privadas que estão mais envolvidas no desenvolvimento. O termo “NewSpace” é resultado da melhor expressão dessa nova realidade

e consiste em um nome guarda-chuva que designa as empresas de voos espaciais emergentes, um conjunto de empresas aeroespaciais relativamente novas que trabalham para desenvolver acesso de baixo custo a tecnologias espaciais e que defende uma nova política espacial.

## **2.2 Descrição da Aplicação das Ferramentas de Prospecção Tecnológica**

Esta seção apresenta a origem da metodologia de planejamento de cenários, também conhecida como construção de cenários, suas definições e a proposta de metodologia para planejamento de cenários. Os cenários são combinações de eventos, também chamados de questões estratégicas, e definidos como ocorrências futuras, internas ou externas à organização, que tenham impacto sobre a sua capacidade de atingir seus objetivos. Os eventos podem ser consequências de acontecimentos favoráveis, como oportunidades e pontos fortes, ou de acontecimentos desfavoráveis, como ameaças e pontos fracos.

### **2.2.1 Cenário: origem, conceitos e definições.**

O conceito de cenários foi desenvolvido pelos militares em forma de simulações de jogos de guerra, na busca de prever algumas ações possíveis do inimigo, porém foi a partir da década de 60 que a construção de cenários passou a ser estudada e estruturada como uma ferramenta a ser aplicada em diferentes campos.

Segundo Bradfield *et al.* (2005), os grandes polos que iniciaram o desenvolvimento das técnicas de planejamento de cenários foram EUA e França. Na década de 60, o governo dos EUA iniciou trabalhos com a *Rand Corporation (Research and Development)* para auxiliar a Força Aérea norte-americana e a *Douglas Aircraft* na seleção de projetos de desenvolvimento de novos sistemas de armamentos (Schwartz, 1996).

Para tanto, identificaram que seria necessário desenvolver uma metodologia que ajudasse a capturar o consenso de opiniões de um grupo de profissionais de várias especialidades e desenvolver modelos de simulação de ambientes futuros que permitisse o teste e avaliação de várias políticas alternativas.

Os métodos *Delphi*, *TIA (Trend-Impact Analysis)* e *CIA (Cross-Impact Analysis)* são alguns resultados de estudos e aplicações de planejamento de cenários nos EUA. Herman Kahn, referenciado como pai do

planejamento de cenários moderno, desenvolveu muitos trabalhos com o *Department of Defense* (DoD) norte-americano, dentre eles: *Thinking about the Unthinkable, the year 2000* e *On the Thermonuclear War*.

Na mesma época, a França pós-guerra enfrentava problemas envolvendo questões políticas e de planejamento público. Verificou-se a necessidade de tratar os problemas político-sociais do país como problemas complexos, que deveriam ser analisados e avaliados em longo prazo. Nos casos de sistemas complexos, a abordagem clássica de previsão mostrou-se inadequada, uma vez que ela projeta o futuro com base numa série de dados históricos passados, sem a análise da conjuntura atual.

Para Bradfield *et al.* (2005), o futuro não é parte de uma continuação temporal predeterminada, mas algo que ainda será criado e que pode ser conscientemente modelado para benefício do próprio homem. Em 1957 foi fundado, pelo filósofo Gaston Berg, o Centro de Estudos Prospectivos. Esse centro foi responsável pelo desenvolvimento do método *La Prospective*, uma abordagem de cenários para planejamento em longo prazo.

Nos anos 70 Michael Godet aperfeiçoou o método utilizando os meios computacionais e a matemática, tais como: análise morfológica; Micmac: identificação das variáveis-chave; *Mactor*: análise das estratégias dos atores; e *Smic Prob Expert*: determinação das probabilidades dos cenários. Godet (2006), no livro *Creating futures: scenario planning as a strategic management tool* descreve todas as técnicas citadas.

Os resultados positivos obtidos com o uso de cenários, tanto em organizações militares quanto em organizações civis, favoreceram sua expansão no mundo. A empresa Shell S.A é um dos exemplos de uma multinacional que se beneficiou de planejamento de cenários, e sua história encontra-se em Wack (1985).

Os estudos de Bradfield *et al.* (2005) ajuda a entender as diversas aplicações de cenários, separando em três escolas: a) modelo lógico-intuitivo; b) modelo de tendência modificada pela probabilidade; e c) o modelo *la prospective*. Os dois primeiros pertencem à escola norte-americana e o último à escola francesa. A Tabela 6 representa um resumo desses modelos de planejamento de cenários, e a análise de suas informações permite tecer algumas observações.

- a) Quanto ao grau da influência de informações qualitativas a escola do modelo lógico-intuitivo possui um alto grau de influência, enquanto que o grau de influência na escola do modelo de tendência modificada pela probabilidade é praticamente zero, utilizando apenas dados quantitativos para elaboração de cenários.



- rios. Já a escola do modelo *la prospective* apresenta um grau mediano, trabalhando com dados quantitativos e qualitativos.
- b) Todas as escolas trabalham com a mesma variação de horizonte de tempo, de três a 20 anos.
  - c) Os métodos selecionados pelas escolas estão relacionados com a quantidade de informações qualitativas a serem processadas.
  - d) As escolas do modelo de tendência modificada pela probabilidade e do modelo *la prospective* estabelecem as probabilidades para cada cenário gerado.
  - e) A quantidade de cenários gerados é diferente entre as escolas. As escolas do polo norte-americano geram entre dois a seis cenários, enquanto que o polo francês não possui restrição, podendo gerar centenas deles.

**Tabela 1** - Comparação das características das três escolas de técnicas de cenários

	EUA		França
	Modelo lógico-intuitivo	Modelo de tendência modificada pela probabilidade	Modelo <i>la prospective</i> .
Propósito de cenários	Múltiplo, desde o entendimento da situação e elaboração de estratégias até o andamento de atividades associadas com antecipação e organização adaptada ao aprendizado.	Apenas atividades para melhorar previsões extrapolativas e avaliação de políticas.	Normalmente, somente caracterizada por atividades associadas com o desenvolvimento mais efetivo de políticas e estratégias e planos táticos de ações.
Escopo de cenários	Escopo amplo ou reduzido desde global, regional, país, indústria até uma questão de foco específico.	Escopo reduzido focado na probabilidade e impacto de eventos específicos de históricos de tendências.	Normalmente reduzido, mas examina fatores mais abrangentes dentro do escopo.
Horizonte de tempo	3 a 20 anos	3 a 20 anos	3 a 20 anos
Orientação metodológica	Orientado a processo – indutivo ou dedutivo, e uma abordagem essencialmente subjetiva e qualitativa confiando na intuição.	Orientado a resultados – direto e objetivo, abordagem quantitativa e analítica (baixa subjetividade), utilizando modelos de simulações e sistema informatizados para extrapolação de previsões.	Orientado a resultados – direto e objetivo, abordagem quantitativa e analítica, confiando em complexos sistemas informatizados e modelagem matemática.

Natureza do time de cenários	Interno – cenários são desenvolvidos por facilitadores dentro da organização.	Externos – o exercício de cenários é coordenado por consultores <i>experts</i> .	Combinação de pessoas-chaves da organização e liderados por um consultor externo.
Ferramentas normalmente utilizadas	Genérico – <i>brainstorming</i> , STEEP análise, <i>clustering</i> , matrizes, sistemas dinâmicos e análise de <i>stakeholder</i>	Proprietário- TIA e CIA, Simulação Monte Carlo	Proprietário- Micmac, e Mactor, análise morfológica, Dephi, Smic Prob-Expert, Multipol e métodos multicritério.
Ponto de partida	Decisão gerencial particular, questão ou área particular de interesse	Decisões e questões cujos detalhes e dados históricos confiáveis existem	Interesse num fenômeno específico
Identificações e seleção das forças motrizes	Intuição – <i>brainstorming</i> , análise dos fatores STEEO, pesquisa e discussão com pessoas marcantes	<i>Fitting curves</i> para dados de séries históricas para identificação de tendências e uso de julgamentos com peritos para criar um banco de dados de impactos com alto potencial de eventos futuros sem precedentes	Entrevistas com atores envolvendo fenômenos sendo estudados e análise estrutural abrangente por meio de ferramentas computacionais sofisticadas.
Estabelecendo o conjunto de cenários	Definição da lógica dos cenários como na organização dos temas ou princípios. Normalmente no formato de matrizes.	Simulação Monte Carlo para criar um envelope de incertezas em torno das previsões de indicadores-chaves.	Conjunto de matrizes de suposições prováveis baseadas nas variáveis-chaves do futuro.
Saídas do exercício de cenários	Qualitativo – conjunto de plausíveis na forma discursiva / narrativa apoiada em gráficos, com pouca quantificação. Implicações, opções estratégicas e <i>early warning</i> .	Quantitativo – <i>Baseline case</i> mais quartis superiores e inferiores de uma série ajustada de previsões.	Quantitativo e qualitativo – múltiplos cenários como alternativas futuras apoiadas por uma ampla análise que incorpora ações e suas consequências.
Probabilidades ligadas com cenários	Todos os cenários são igualmente prováveis.	Probabilidade condicional de ocorrência de eventos futuros sem precedentes e disruptivos.	Probabilidade da evolução das variáveis assumindo um conjunto de comportamentos dos atores.
Número de cenários gerados	Geralmente entre 2 a 4 cenários	Geralmente entre 3 a 6, dependendo da quantidade de simulações	Múltiplos
Critérios de avaliação de cenários	Coerência, amplitude, consistência interna, novidade, sustentada por uma análise estrutural rigorosa e lógica.	Plausível e verificável no retrospecto.	Coerência, amplitude, consistência interna, novidade, sustentada por uma análise estrutural rigorosa e lógica e análise matemática, Plausível e verificável no retrospecto.

Fonte: adaptado de Bradfield et al. (2005).

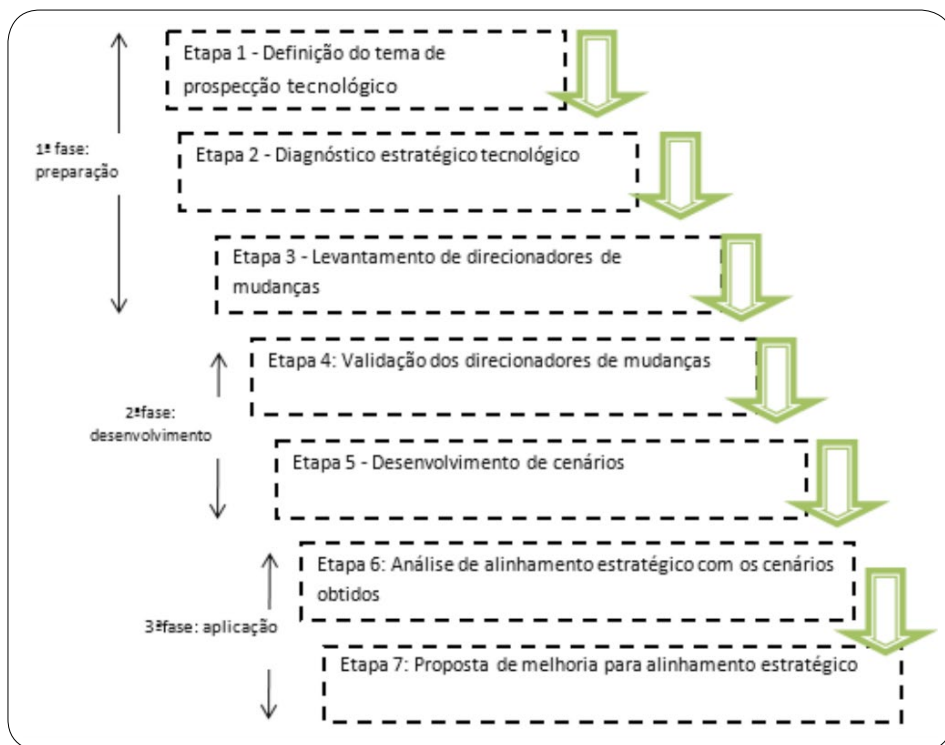
Quanto as definições de cenários, citaremos duas definições, uma baseada na escola americana e outra na francesa. Para Schwartz (1996, p.4), da escola americana, o cenário é definido como: *“a tool for ordering one’s perceptions about alternative future environments in which one’s decisions might be played out”*. Para Godet (2000, p.11), da escola francesa, cenário é definido como *“a set formed by the description of a future situation and the course of events that enables one to progress from the original situation to the future situation”*.

As duas definições revelam dois pontos chaves quanto à construção de cenários. A primeira refere-se à percepção humana quanto ao futuro, e a segunda refere-se à evolução dos eventos que interferem na situação atual. O entendimento desses dois pontos facilita a aplicação de cenários em qualquer organização.

Em resumo, a construção ou planejamento de cenários não é uma ferramenta de predição, mas sim uma descrição dos futuros possíveis ou desejados. É aconselhável que no final do processo de elaboração de cenários, a organização esteja com poucos cenários para estudar (entre 2 e 8), caso contrário a análise e as atividades decorrentes serão mais difíceis de serem realizadas.

### **2.2.2 Proposta de metodologia de prospectiva estratégica.**

A metodologia descrita a seguir, resumida na Figura 3, foi desenvolvida para propor uma sequência de etapas e um conjunto de ferramentas para realizar a Prospecção Tecnológica e desenvolver cenários. Essa é resultado de um extenso levantamento e análise das metodologias e abordagens existentes de PT e de planejamento de cenários. A metodologia visa contribuir com a área de estudos prospectivos, com a aplicação no setor espacial. Todo o conjunto de etapas propostas visa auxiliar a atividade de alinhamento estratégico das instituições, verificando se as estratégias atuais estão adequadas aos cenários projetados. Caso contrário, medidas corretivas devem ser planejadas e adotadas.



**Figura 3** - Proposta de metodologia de prospectiva estratégica. Fonte: autor

Fonte: os autores

## Fase 1 – Preparação

A fase de preparação, de planejamento e obtenção de informações referentes ao tema de pesquisa e seu contexto é composta por três etapas descritas a seguir.

### *Etapa 1 - Definição do tema de prospecção tecnológica*

O tema de prospecção refere-se ao tema tecnológico central da pesquisa em que todo o processo de estudo estará focado no sentido de buscar informações para monitorar, traçar tendências, desenvolver cenários, e propor estratégias, entre outros.

O tema deve ser objetivo e claro, estratégico, com alto grau de importância para a organização, e incerto quanto ao seu futuro. A organização deve construir um canal de recebimento de sugestões de temas e um processo de seleção dos temas sugeridos. É importante motivar os colaboradores a contribuir com propostas e a participar do estudo conforme sua especialidade.

A seleção do (s) tema(s) no qual a equipe de PT concentrará seus esforços deve ser um processo composto de critérios que identifiquem os aspectos mais relevantes para a organização analisar. Aconselha-se formar um grupo de especialistas para avaliar todas as sugestões.

### *Etapa 2 - Diagnóstico estratégico*

Para a realização de um diagnóstico estratégico são necessárias duas subetapas de levantamento e análise de informações: a) subetapa referente ao contexto do tema em estudo; e b) subetapa referente às tendências das tecnologias relacionadas com o tema.

Os métodos de monitoramento do ambiente externo, conforme Tabela 1, são indicados para serem utilizados no levantamento de informações do contexto. Os métodos de análise de tendência, análise bibliométrica, e mineração de texto são indicados para a realização da subetapa referente ao tema tecnológico.

### *Etapa 3 - Levantamento de direcionadores de mudanças*

Essa etapa é consequência da análise dos resultados da etapa de diagnóstico estratégico. A exploração do tema quanto à sua evolução tecnológica e ao seu contexto auxilia no processo de formação de um conjunto de eventos e tendências que apoiarão a equipe de prospecção e especialistas na elaboração dos direcionadores de mudança. Os principais métodos utilizados são qualitativos: *brainstorming* e *brainwriting*.

## **Fase 2 – Desenvolvimento**

A fase de desenvolvimento está relacionada à ferramenta central desta pesquisa: planejamento de cenários. A partir do levantamento de direcionadores de mudança busca-se, nas etapas seguintes, a sua validação com a ajuda dos especialistas e aplicação dos direcionadores selecionados para a elaboração de cenários.

### *Etapa 4 - Validação dos direcionadores de mudança*

A validação dos direcionadores é um passo importante para o sucesso na elaboração de cenários. Essa etapa depende da participação de especialistas para validar os direcionadores levantados na etapa 3, propor novos direcionadores, e selecioná-los por meio de alguns critérios de incertezas.

Os métodos de opinião de especialistas são os mais indicados, e o Delphi é o principal, portanto, a equipe de PT deve encontrar os especialistas-chave para essa etapa e formular perguntas para validação e seleção de forma clara e objetiva.

### *Etapa 5 - Desenvolvimento de cenários*

Essa etapa é composta por sete subetapas, que estão detalhadas no item 3.3. Apresenta os seguintes objetivos: gerar possíveis cenários futuros; e selecionar cenários consistentes e plausíveis. Nessa etapa os métodos mais indicados são a análise de impactos cruzados e a análise morfológica. Esse estudo contribui com a área de planejamento de cenários com a proposta do uso de direcionadores de mudança explicativos na fase de elaboração de cenários, que se tornam os responsáveis por iniciar o processo de análise morfológica para composição de cenários.

### **Fase 3 – Aplicação**

Esta fase enfatiza a real utilidade dos resultados provenientes dos estudos prospectivos para apoio à decisão durante o desenvolvimento ou melhoria de estratégias na organização. Essa fase é composta de duas etapas, descritas a seguir.

### *Etapa 6 - Análise de alinhamento estratégico com os cenários obtidos*

Nessa etapa os decisores terão acesso aos cenários futuros e às estratégias atuais da organização relacionadas com o tema de prospecção. Com suporte dos métodos de apoio à decisão eles poderão verificar se as estratégias atuais da organização estão alinhadas ou não com os cenários futuros. O método mais indicado para essa etapa é a análise de robustez.

### *Etapa 7 - Proposta de melhoria para alinhamento estratégico*

O conjunto de estratégias identificado na etapa 6, como não alinhado com os cenários futuros, deve ser analisado e, se possível, adaptado às mudanças previstas pelo estudo. Nessa etapa utilizam-se os métodos tradicionais de planejamento estratégico, como, por exemplo, a análise SWOT (*Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats*).

### **2.2.3 Aplicação da metodologia prospectiva estratégica no setor espacial**

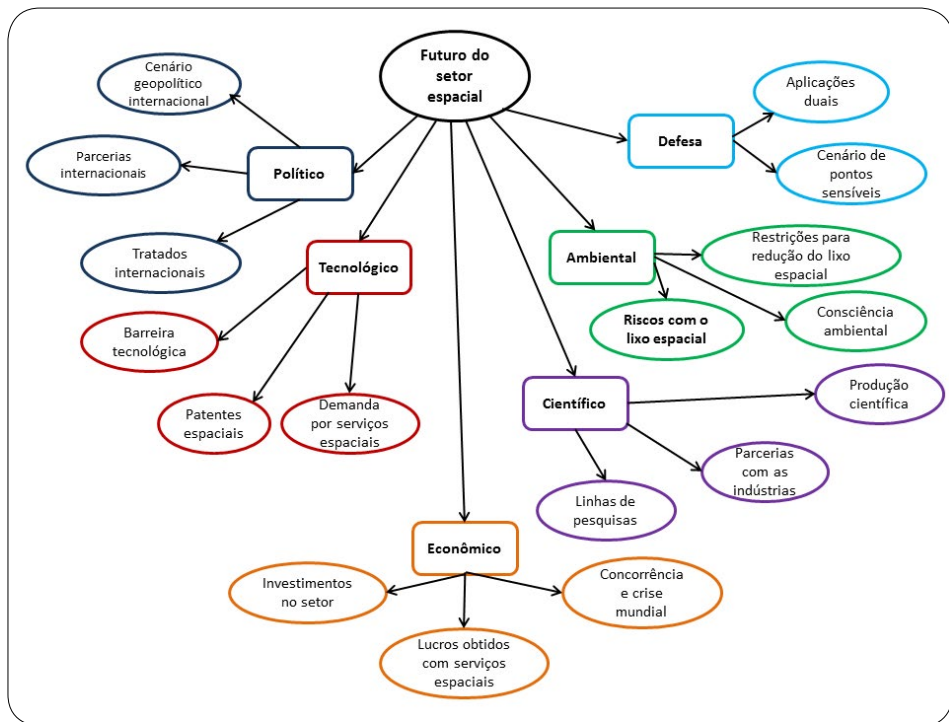
Encontra-se nesta seção os principais resultados da aplicação da metodologia apresentada na Figura 3.

## Etapa 1- Definição do tema de prospecção na área espacial

O tema de prospecção tecnológica selecionado para esta pesquisa foi o setor espacial. Uma combinação de eventos proporcionou um momento oportuno para esta pesquisa, entre esses eventos destacam-se:

- a) sinais de um mercado em expansão em busca de tecnologia espacial para atender às diversas demandas governamentais, militares e comerciais;
- b) surgimento de novos investidores com diferentes motivações, capazes de identificar e viabilizar potenciais desenvolvimentos tecnológicos e aplicações na sociedade, bem como aceitar os desafios e riscos envolvidos;
- c) aumento da tensão política gerada com a tendência de crescimento do número de novos entrantes, de países capazes de lançar independentemente seu próprio satélite, denominados *Spacefaring Nations*, e;
- d) aumento do número de patentes relacionadas à atividade espacial pode ser o início para a formação de um cenário positivo para o surgimento de tecnologias espaciais incrementais ou de ruptura.

Para a orientação do levantamento foi desenvolvido um mapa conceitual, apresentado na Figura 4, que destaca os principais campos a serem explorados e algumas sugestões de tópicos considerados relevantes pela incerteza e impacto.



**Figura 4** - Mapa conceitual para estruturação do problema de prospecção tecnológica.

Fonte: os autores

Os campos apontados ajuda nortear o início da pesquisa de prospecção tecnológica abrangem os âmbitos político, tecnológico, econômico, científico, de defesa e ambiental, considerados em curto, médio e longo prazo. As questões relacionadas ao campo político envolvem o cenário geopolítico, parcerias internacionais e tratados internacionais.

No campo tecnológico destacam-se as patentes, a demanda por serviços de telecomunicações; disponibilidade de banda (frequência); e regimes de controle (ITAR e MTCR). No campo econômico priorizaram-se a competição entre fornecedores de serviços; o lucro obtido com serviços prestados; investimentos (orçamentos) em tecnologia espacial; e crises de âmbito mundial.

Em relação ao campo científico foram abordadas a produção científica; parcerias com o setor industrial; e linhas de pesquisas priorizadas. No campo defesa abordaram-se os cenários de pontos sensíveis e aplicações em desenvolvimento; e no campo ambiental, a consciência ambiental da sociedade, os riscos relacionados com os detritos espaciais em órbitas e as políticas de restrições.



O mapa desenvolvido auxiliou no esclarecimento do cenário atual da área espacial. A pesquisa na etapa seguinte foi norteadada pelos campos apontados no mapa.

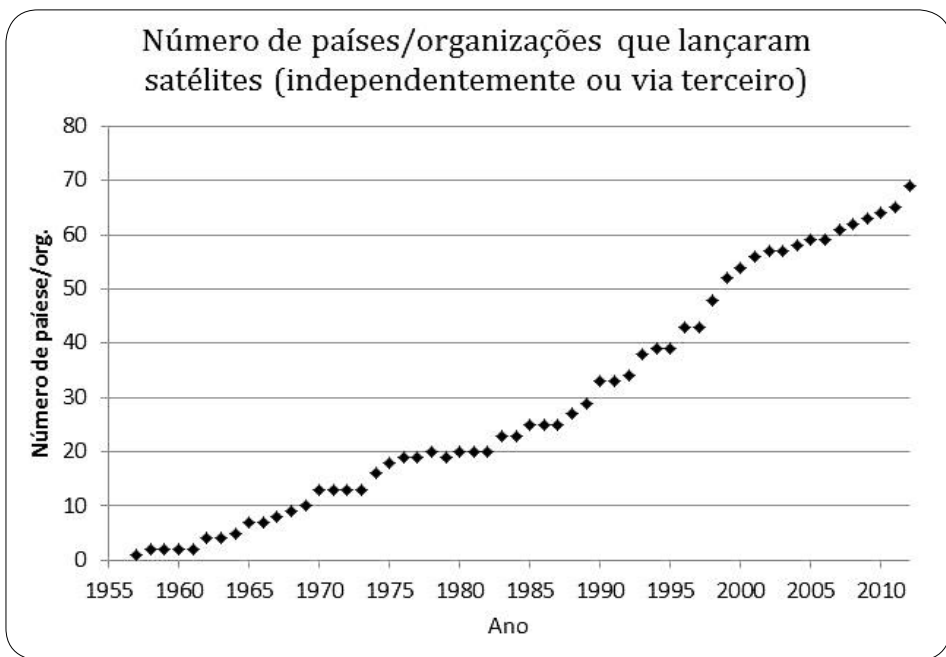
## Etapa 2 - Realização do diagnóstico estratégico do setor espacial

A etapa 2 é composta de duas subetapas: análise do contexto e tendência das tecnologias espaciais, apresentadas a seguir.

Para a realização da análise de contexto aplicou-se a análise do ambiente externo por meio da ferramenta PESTAL, que envolve os fatores político, econômico, social, tecnológico e ambiental.

A seguir estão apresentados alguns resultados do diagnóstico do contexto por meio de figuras, uma representação visual do contexto do problema analisado.

A Figura 5 é uma representação do contexto político no qual mostra o número de países ou organização que já lançaram pelo menos um satélite no espaço somam aproximadamente 70.

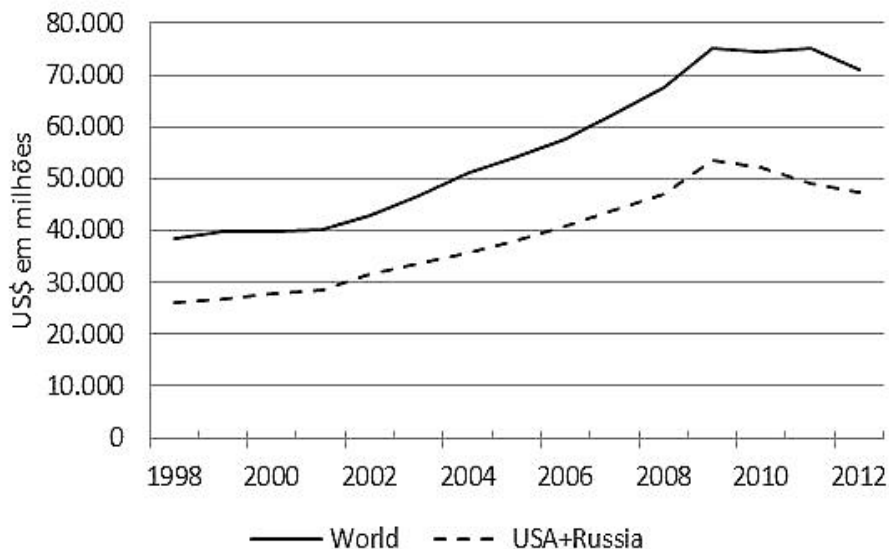


**Figura 5** - Número de países com satélites próprios (lançados de forma independente ou por terceiro) 1957-2012

Fonte: Celestrak (2013).

A Figura 6 é uma representação do contexto econômico, no qual houve um forte crescimento entre 2001 e 2009 e uma estabilização após 2010.

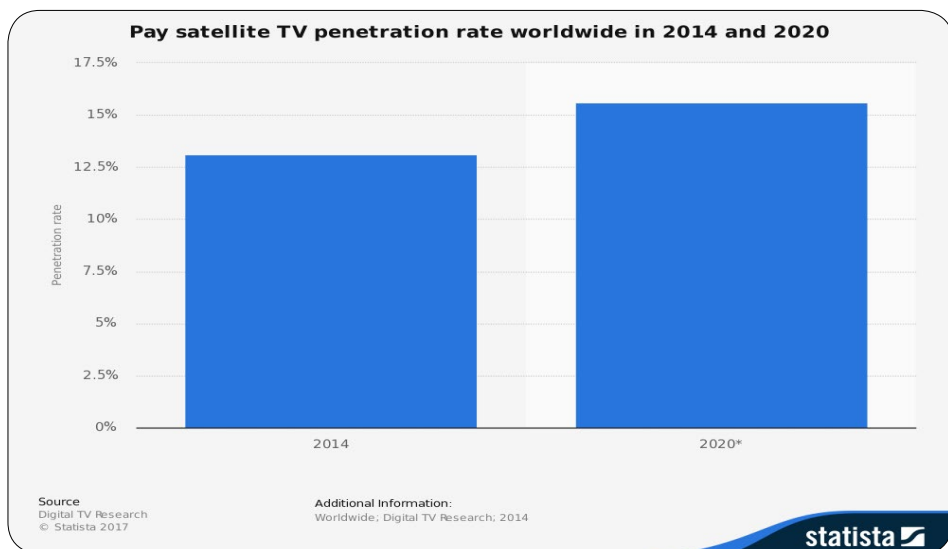
## Orçamento mundial das atividades espaciais



**Figura 6** - Orçamento espacial mundial (civil e militar) considerando para o cálculo 59 países, com base nos dados de Villain (2012).

Fonte: os autores

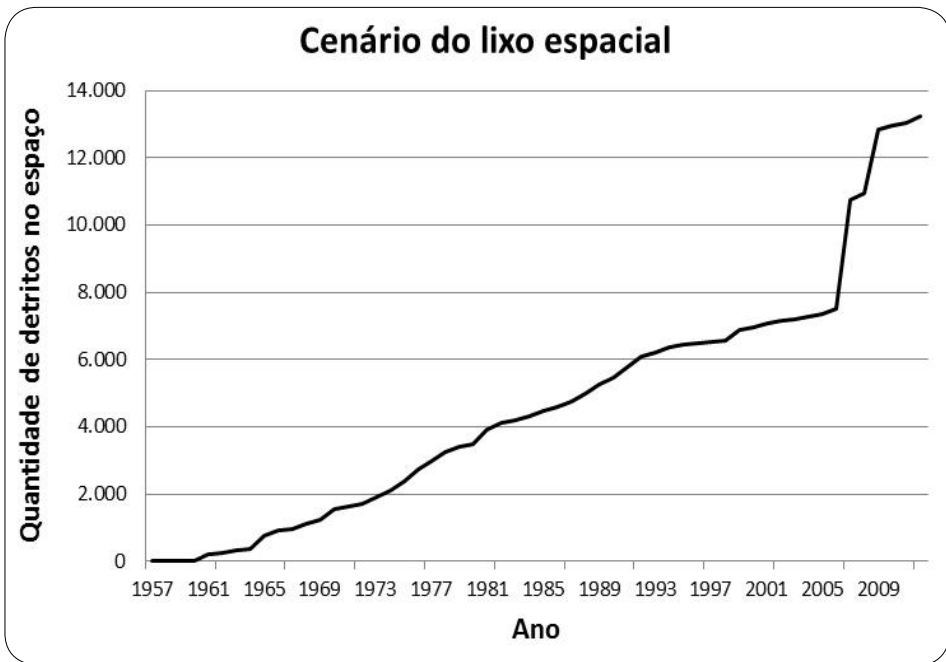
A Figura 7 é uma representação do contexto social no qual revela que aproximadamente 13% da população já utiliza tv por satélite e a previsão para 2020 é deste valor ultrapassar 15%.



**Figura 7** - Penetração da TV por satélite no mundo

Fonte: Digital TV Research (Statista, 2017)

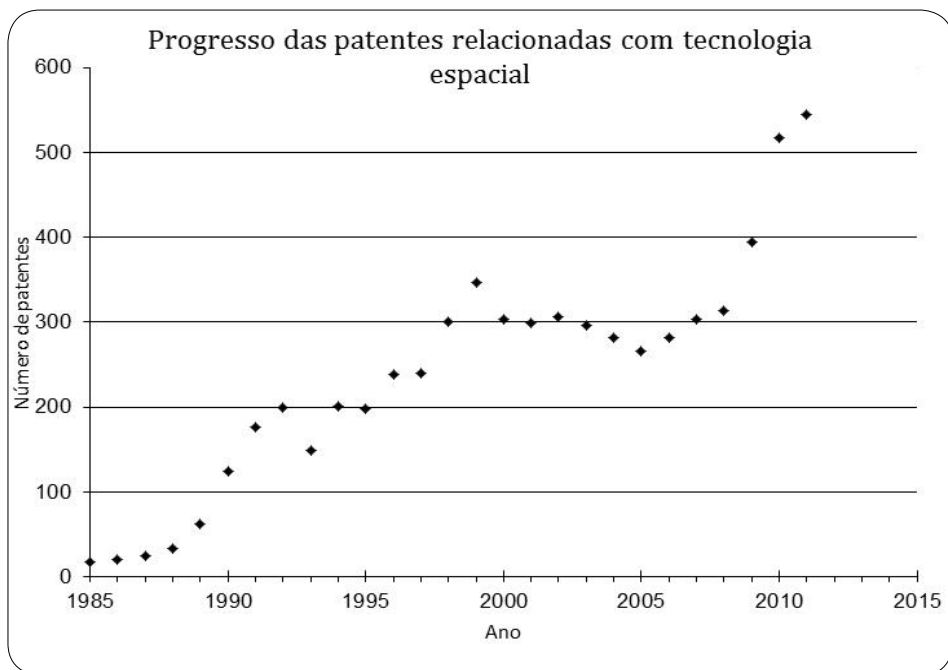
A Figura 8 é uma representação do contexto ambiental, o qual revela o impacto da exploração espacial nas orbitas da terra. A poluição desta área é um ponto crítico que coloca em risco a continuidade da atividade espacial.



**Figura 8** - Quantidade total de lixo espacial de 1961 a 2010

Fonte: Celestrak (2013).

A Figura 9 é uma representação do contexto tecnológico, utilizando para isto, um levantamento da quantidade de patentes relacionadas com a tecnologia espacial. Verifica-se que a partir de 2008 houve um crescimento representativo do número de patentes neste setor, gerando uma gama de potenciais pesquisas tecnológicas para geração de inovações para o setor.



**Figura 9** - Evolução da quantidade de patentes relacionadas à tecnologia espacial entre 1985 e 2010, com base no banco de dados da *Derwent* (2013).

Fonte: os autores

Na Tabela 2 é possível verificar os principais resultados gerados com a análise PESTAL. A análise permitiu o melhor entendimento do cenário atual do setor espacial e os resultados auxiliaram no processo de levantamento dos direcionadores de mudanças definidos nesta pesquisa.

**Tabela 2:** Principais resultados gerados com a análise PESTAL

Fatores	Resultados
Social	Uso de dados fornecidos pelos satélites no cotidiano das pessoas. Influência na formação de uma sociedade bem informada e globalizada através dos sistemas de telecomunicações. Emprego altamente qualificado.
Tecnológico	Incremento da capacidade de veículos lançadores. Aumento da atividade de lançamentos dos satélites artificiais. Incorporação da tecnologia espacial pelas empresas privadas e geração spin-offs. Aumento significativo da quantidade de patentes relacionadas com tecnologia espacial a partir de 2008.
Econômico	Lucratividade das empresas privadas com a entrada dos satélites de telecomunicações. Consolidação de um setor espacial, caracterizado pela produção de tecnologia de ponta, mão de obra altamente qualificada e atualmente responsável por movimentar US\$ 280 bilhões por ano no mundo (AEB, 2012).
Político	Status de compromisso de soberania e autonomia plena. Intensificação da disputa política com o aumento no número de agências espaciais.
Ambiental	Aumento significativo de debris no espaço. Busca por soluções viáveis para minimizar o impacto do lixo espacial e para reduzir o risco de acidentes que levam ao aumento desse lixo.

Fonte: os autores

### **Etapa 3- Levantamento dos direcionadores de mudança**

Os estudos e análises realizados na etapa anterior auxiliaram no processo de definição dos direcionadores. Os principais fatores considerados nesta pesquisa para definição dos direcionadores são:

- 1) análise do status atual e tendência das principais tecnologias espaciais;
- 2) identificação dos atores que irão impulsionar o desenvolvimento tecnológico espacial;
- 3) a otimização dos sistemas de veículos lançadores tripulados e não tripulados;
- 4) evolução pouco significativa do sistema de propulsão química;
- 5) desenvolvimento e uso de smallsats para missões científicas e privadas;
- 6) tendência de aumento da massa dos satélites de comunicações;
- 7) entrada de novos atores no setor espacial, principalmente novas *spacefaring nations* e o surgimento de novas empresas privadas fundadas por um novo time de investidores que vislumbram a exploração de mercados tradicionais e novos mercados no espaço;

- 8) potencial aquecimento das atividades científicas e de exploração espaciais a serem realizadas por diversos atores (programas espaciais e organizações privadas), cujas principais motivações deverão ser as missões de exploração da Lua e de chegada a Marte;
- 9) necessidade de regulamentos internacionais efetivos para controle das atividades espaciais em busca do controle do lixo espacial e garantia da não militarização do espaço; e
- 10) ausência de políticas espaciais favoráveis à exploração privada do espaço.

Nessa etapa foram levantados somente direcionadores relacionados aos fatores políticos, econômicos, sociais e tecnológicos (PEST), e não foi considerado o fator ambiental. O resultado desse levantamento é apresentado na Tabela 3. Foram sugeridos, nessa etapa, 31 direcionadores que serão analisados, validados e selecionados na próxima etapa da pesquisa.

**Tabela 3:** Proposta de 31 direcionadores de mudança a serem validados.

<b>Social</b>	<b>Econômico</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>o Número de usuários dos serviços prestados por satélites, tais como: GPS, comunicações e previsão meteorológica</li> <li>o Empregabilidade do setor espacial, principalmente pelas empresas privadas</li> <li>o Qualidade de vida da população</li> <li>o Sociedade apoiadora ao investimento público no setor espacial</li> <li>o Novas formas de atividades profissionais</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Desenvolvimento de novos mercados como a demanda pelo turismo espacial</li> <li>o GDP das nações que lideram a corrida espacial</li> <li>o Lucratividade do setor espacial</li> <li>o Apoio do mercado financeiro para investimento em atividades espaciais de alto risco</li> <li>o Spin-offs gerados pelo setor espacial</li> <li>o Número de empresas espaciais privadas ou públicas</li> <li>o Participação da indústria em geral no desenvolvimento de tecnologia espacial.</li> <li>o Exportações de componentes espaciais não duais (para fins civis e militares) como os componentes COTS (Commercial Off-The-Shelf).</li> <li>o Custo de desenvolvimento tecnológico devido ao fortalecimento da concorrência das empresas privadas.</li> </ul>
<b>Tecnológico</b>	<b>Político</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>o Veículos espaciais qualificados para realizar turismo espacial em voos suborbitais.</li> <li>o Desenvolvimento de instrumentos robotizados para exploração espacial.</li> <li>o Uso de naves espaciais tripuladas privadas para missões interplanetárias.</li> <li>o Desenvolvimento de equipamentos para o combate ao lixo espacial.</li> <li>o Número de satélites para missões múltiplas.</li> <li>o Experimentos de novos sistemas de propulsão para missões no espaço profundo.</li> <li>o Investimento privado e público para novas aplicações para pequenos satélites.</li> <li>o Massa média dos satélites de comunicações.</li> <li>o Utilização dos microssatélites para missões científicas, de exploração espacial e de observação da Terra.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Pressão da ONU e EU para obter um consenso entre as nações para assinar o tratado international code of conduct for outer space activities.</li> <li>o Redução da participação de governos para alavancar e sustentar as empresas privadas.</li> <li>o Militarização do espaço.</li> <li>o Medidas eficientes para redução do lixo espacial.</li> <li>o Construção de políticas para o uso correto de pesquisas nucleares.</li> <li>o Número de nações envolvidas nas atividades espaciais.</li> <li>o Disputa tecnológica entre nações.</li> <li>o Nível de cooperação internacional.</li> <li>o</li> <li>o</li> </ul>

Fonte: os autores

## Fase 2 – Desenvolvimento

### Etapa 4: Validação dos direcionadores de mudança

A validação dos direcionadores de mudanças foi realizada por meio de consultas individuais a três especialistas, dois pertencentes ao Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE) e um especialista da consultoria americana PSMJ relacionado à área espacial. Os especialistas sugeriram: melhorias na escrita de diversos direcionadores; dois novos direcionadores; e a criação do fator ambiental. A lista final de direcionadores validados se encontra na Tabela 4.

**Tabela 4** - Proposta de direcionadores de mudança para desenvolvimento de cenários

<b>PESTAL</b>	<b>DIRECIONADORES DE MUDANÇAS</b>
<b>POLÍTICO</b>	Tratado internacional code of conduct for outer space activities.
	Participação de governos para alavancar e sustentar empresas privadas.
	Número de nações envolvidas nas atividades espaciais.
	Disputa política entre nações - Militarização do espaço.
	Cooperação no desenvolvimento de tecnologia espacial.
<b>ECONÔMI- CO</b>	Preço do lançamento.
	Novos mercados espaciais.
	GDP mundial.
	Lucratividade do setor espacial.
	Participação de investidores privados nas atividades espaciais.
	Spin-offs gerados pelo setor espacial.
	Número de empresas espaciais privadas ou públicas.
	Participação da indústria no desenvolvimento de tecnologia espacial.
	Uso de componentes COTS (Commercial Off-The-Shelf) nas aplicações espaciais.
	Custo de desenvolvimento tecnológico espacial.
<b>SOCIAL</b>	Número de usuários dos serviços espaciais.
	Empregabilidade do setor espacial.
	Porcentagem da população com graduação em engenharia e ciências.
	Qualidade de vida da população mundial.
	Apoio da sociedade quanto ao investimento público no setor espacial.
	Novas demandas de habilidades profissionais para o setor espacial.



<b>TECNOLÓGICO</b>	Turismo espacial.
	Uso de instrumentos robotizados para exploração comercial do espaço.
	Missões tripuladas para exploração do espaço.
	Número de satélites para única missão.
	Número de satélites para missões múltiplas.
	Novas tecnologias de propulsão espacial.
	Investimento privado e público para novas aplicações para pequenos satélites.
	Quantidade de patentes espaciais.
	Disponibilidade de veículos lançadores.
<b>AMBIENTAL</b>	Medidas eficientes de redução e retirada do lixo espacial.
	Quantidade de debris no espaço.
	Propulsão verde.

Fonte: os autores

A proposta final contempla 33 direcionadores, que serão utilizados para o desenvolvimento de cenários. Uma das atividades dessa etapa é a seleção dos direcionadores mais importantes para o estudo prospectivo do setor espacial.

## **Etapa 5 - Desenvolvimento de cenários para o setor espacial**

A etapa de desenvolvimento e elaboração de cenários é composta por sete subetapas, detalhadas a seguir.

### **Subetapa 1 – Planejamento**

Na subetapa de planejamento algumas questões devem ser definidas:

- a) Seleção dos direcionadores que o estudo prospectivo irá analisar: a partir de um conjunto de direcionadores de mudanças levantados previamente, selecionar aqueles que provavelmente irão impactar e moldar o futuro do setor espacial.
- b) definição dos especialistas que serão envolvidos no estudo prospectivo: um importante fator de sucesso em pesquisa de opiniões é a seleção de especialistas com o conhecimento necessário para realizar os julgamentos de incerteza e importância. A lista de especialistas originou da análise dos seguintes bancos de dados: palestrantes do IAC 2014 – Pequim; papers publicados nos periódicos da área espacial: Space Policy, Acta Astronautica, NewSpace e International Journal of Space Science and Engineering; e Blogs da área espacial. O resultado des-

se levantamento foi um conjunto de 57 especialistas qualificados para participar da pesquisa de opinião. A nacionalidade da maioria dos especialistas (93%) é estrangeira, principalmente dos EUA, França, Alemanha, China e Japão.

- c) determinar o horizonte de tempo do estudo: a determinação de um horizonte de tempo para o estudo de cenários é importante para auxiliar os especialistas nas suas projeções durante a análise prospectiva dos direcionadores definidos. Para esta pesquisa foi estipulado um horizonte de tempo de 20 anos.

## Subetapa 2 - Aplicação da pesquisa de opinião para seleção dos direcionadores de mudanças

A ferramenta escolhida para selecionar os direcionadores de mudança foi a matriz de impactos que auxilia na avaliação do nível de incerteza e de importância de cada direcionador.

Para facilitar a coleta de julgamentos e análise foi utilizada a plataforma gratuita do *Survey Monkey*, um software de questionários online que possibilita a criação de pesquisas, enquetes e questionários.

O questionário foi desenvolvido em inglês e enviado, pela própria plataforma, aos 57 especialistas identificados. Todos foram cadastrados no sistema por meio do e-mail, cujas vantagens são: automatização do envio de e-mails, inclusive o envio de avisos para os não respondentes; monitoramento de respostas; e identificação dos respondentes para envio dos resultados da pesquisa para aqueles que solicitaram.

As classificações estabelecidas avaliam tanto o nível de incerteza quanto o nível de importância, e estão disponíveis na Tabela 5. Para essa subetapa é importante identificar os direcionadores de mudanças que apresentarem alto grau de incerteza e alto grau de importância no futuro do setor espacial.

**Tabela 5** - Classificação para apoio à avaliação do grau de incerteza e importância.

Classificação Incerteza	Certamente irá aumentar	Provavelmente irá aumentar	Provavelmente irá diminuir	Certamente irá diminuir	Muito incerto
Classificação Importância	Muito Importante	Importante	Pouco Importante	Irrelevante	

Fonte: os autores

### Subetapa 3 - Análise dos resultados da pesquisa de opinião e seleção dos direcionadores de mudanças de alta incerteza e importância

A taxa de resposta da pesquisa foi de aproximadamente 21%. Segundo Draugalis (2008), a taxa média de resposta de questionários enviados por e-mail é entre 10 a 20%. Os dados coletados durante as duas semanas que o questionário ficou disponível para os especialistas foram processados e analisados conforme as etapas a seguir:

- a) Estabelecer pesos para cada classificação: os pesos foram atribuídos segundo uma escala aritmética que varia de -3 a 5, conforme mostra a Tabela 6.

**Tabela 6** - Pesos atribuídos para a avaliação do grau de incerteza e importância.

Classificação Incerteza	Certamente aumentará	Provavelmente aumentará	Provavelmente reduzirá	Certamente reduzirá	Muito incerto
Peso Incerteza	-3	-2	2	3	4
Classificação Importância	Muito Importante	Importante	Pouco Importante	Irrelevante	
Peso Importância	5	3	1	-1	

Fonte: os autores

- b) Obter o grau de incerteza e importância por meio do somatório do produto quantidade de resposta por classe e peso: o julgamento realizado apenas para a classificação – ‘provavelmente irá reduzir’ e ‘certamente irá reduzir’ - tem o seu valor final transformado em negativo. Exemplo: se o resultado final for 30, então o valor final será -30. A definição dos pesos (w) foi baseada na proposta de Marcial e Grumbach (2008). Para o cálculo do grau de incerteza foi estabelecido o seguinte procedimento: o maior valor negativo corresponderá a um e a partir desse valor os demais valores são somados. Esse procedimento é necessário para que todos os resultados no final do processo sejam positivos. Nesta pesquisa, o maior valor negativo obtido foi 33, portanto foi somado o valor 34 para todos os demais resultados. A Tabela 7 exemplifica o método de cálculo do score final do direcionador de mudança referente à quantidade de usuários da tecnologia espacial.

**Tabela 7 - Exemplo de cálculo do score do direcionador**

Direcionador	Certamente aumentará	Provavelmente aumentará	Provavelmente reduzirá	Certamente reduzirá	Muito incerto	Score $\sum q_i w_i$
Quantidade de usuários da tecnologia espacial	12	4	0	0	0	$= 12 * (-3) + 4 * (-2) = -44$

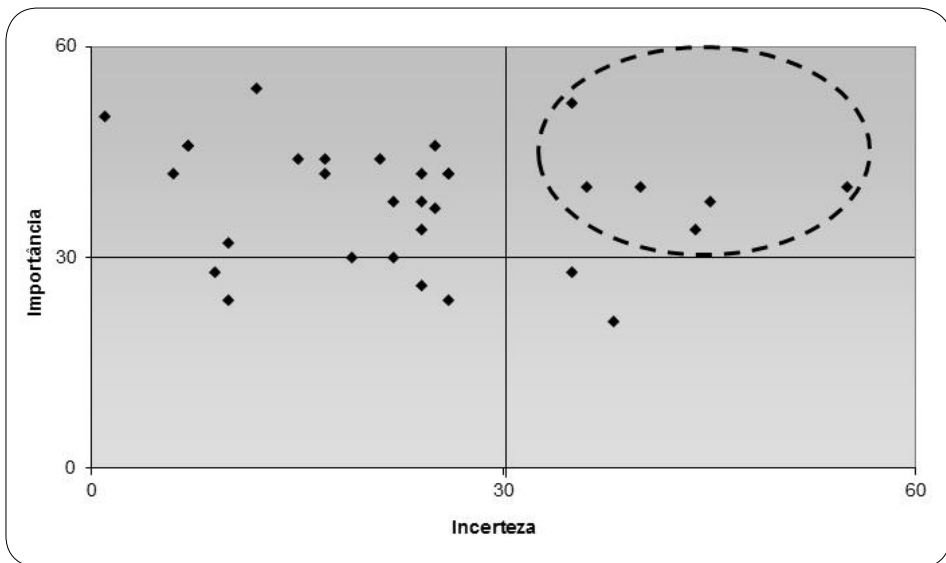
q = quantidade de respondente da classe i (i = 1 a 5);

w = peso da classe i (i = 1 a 5);

Fonte: os autores

- c) Estabelecer nota de corte para os graus de importância e incerteza. Nesta pesquisa foi estipulada a nota de corte de 30 pontos. Os direcionadores de mudanças cujos valores finais, tanto de importância quanto de incerteza, forem igual ou acima de 30 pontos serão considerados relevantes para a construção de cenários.
- d) Gerar matriz de incerteza versus importância. A representação gráfica facilita a visualização dos direcionadores, principalmente para identificar o cluster de direcionadores que estão localizados na parte superior do gráfico, de alta importância e alta incerteza.
- e) Validar os direcionadores selecionados pela análise incerteza versus importância. É possível inserir direcionadores que estão próximos das linhas de corte de importância e incerteza para a composição de cenários.

Com base nos resultados gerou-se a matriz de incerteza versus importância apresentada na Figura 10.



**Figura 10** - Matriz de incerteza versus importância dos direcionadores do setor espacial

Fonte: os autores.

Aplicou-se a nota de corte de 30 pontos na matriz de incerteza versus importância, e a análise mostra que dos 33 potenciais direcionadores de mudanças somente seis apresentaram alta importância e alta incerteza, com pontuação maior que 30.

Mais uma vez recorreu-se à orientação dos três especialistas já mencionados. A autora decidiu adicionar dois direcionadores à lista dos seis direcionadores supramencionados para o desenvolvimento de cenários: nova tecnologia de propulsão e disponibilidade de veículo lançador.

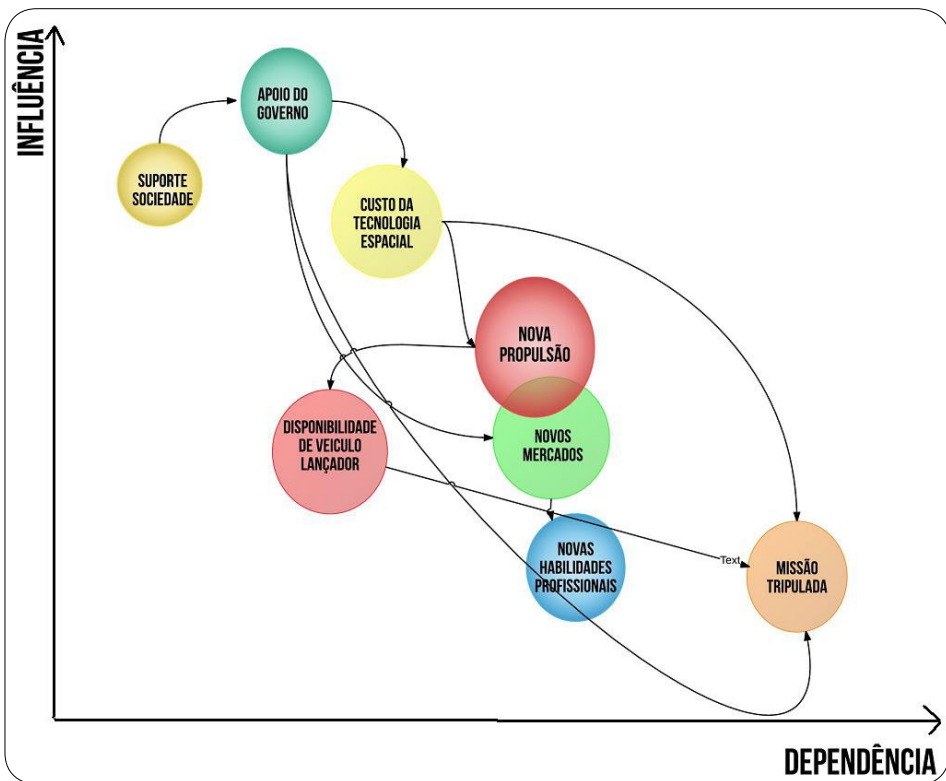
Assim, os direcionadores de mudança selecionados são: novos mercados no setor espacial; apoio da sociedade para os investimentos nas atividades espaciais; custo de desenvolvimento tecnológico espacial; suporte de governos para alavancar e sustentar as empresas privadas; nova procura de competências de profissionais para o setor espacial; missões tripuladas para a exploração do espaço; nova tecnologia de propulsão; e disponibilidade de veículo lançador.

Vale ressaltar que a definição de pesos e notas de cortes é realizada pelos responsáveis do estudo prospectivo e que, para um novo estudo, os pesos e notas de cortes devem ser novamente avaliados e estabelecidos.

## Subetapa 4 - Análise de direcionadores de mudanças selecionados quanto ao grau de motricidade e dependência

Essa etapa consiste em técnicas que ajudem a gerar e selecionar cenários. A criação de cenários envolve a análise de cada um dos direcionadores selecionados segundo os critérios de consistência e plausibilidade. Com o apoio dos três especialistas da área espacial para auxiliar na análise de consistência aplicou-se a matriz de motricidade versus dependência nos direcionadores selecionados.

Essa análise permite identificar os direcionadores que influenciam os demais (motrizes) e os direcionadores que são influenciados (dependentes). A Figura 11 apresenta o resultado da análise.



**Figura 11** - Análise motricidade versus dependência dos direcionadores selecionados.

Fonte: os autores

Os direcionadores que obtiveram alto grau de motricidade e baixo de dependência são denominados direcionadores de explicação. São aqueles responsáveis por influenciar no desempenho, positivamente ou negativamente, dos demais direcionadores. Três direcionadores são considerados de explicação: o apoio da sociedade para os investimentos nas

atividades espaciais; suporte de governos para alavancar e sustentar as empresas privadas; e o custo do desenvolvimento tecnológico espacial.

Aqueles direcionadores que obtiveram grau intermediário de motricidade e intermediário de dependência são denominados direcionadores de ligação. São influenciados diretamente pelos direcionadores de explicação, porém também são responsáveis por influenciar os direcionadores de resultado. Três direcionadores são considerados de ligação: disponibilidade de veículo lançador; nova tecnologia de propulsão; e novos mercados no setor espacial.

Os direcionadores que obtiveram alto grau de dependência e baixo de motricidade são denominados direcionadores resultantes e são dois: nova demanda de habilidades profissionais para atender o setor espacial; e missões tripuladas de exploração espacial.

### **Subetapa 5: Composição de faixa de valores para cada direcionador selecionado**

As faixas de valores atribuídas para cada direcionador foram desenvolvidas pela autora e validadas pelos especialistas conforme o critério de plausibilidade. Foram utilizados os dados do levantamento realizado durante a análise PESTAL para apoio na elaboração das faixas. Estabeleceram-se quatro faixas de valores para cada direcionador.

Foi designada uma sigla (baseada no termo em inglês) para cada direcionador e os números nos finais da sigla representam a variação do direcionador, conforme a tabela 8. Por exemplo NM1, em que NM refere-se ao direcionador 'novos tipos de mercados na área espacial' e 1 refere-se a faixa 'mais de 10 novos tipos de mercados na área espacial'.

Se fossem realizadas todas as combinações possíveis, das 32 faixas criadas para a elaboração de cenários seriam obtido mais de 1 milhão de cenários, o que inviabilizaria o trabalho de planejamento de cenários. A subetapa 6 apresenta a solução proposta para a geração de cenários utilizando a abordagem indutiva botton-up.

**Tabela 8** - Lista de siglas das faixas de valores dos direcionadores selecionados.

Tipo	Sigla	Direcionador	Siglas das faixas de valores
Ligação	NM	Novos mercados na área espacial	NM1 – NM2 – NM3 – NM4
Resultado	ND	Nova demanda de habilidades profissionais para atender o setor espacial	ND1 – ND2 – ND3 - ND4
Resultado	MM	Missões tripuladas de exploração espacial	MM1 – MM2 – MM3 – MM4
Ligação	LVA	Disponibilidade de Veículo Lançador	LVA1 – LVA2 – LVA3 – LVA4
Ligação	NP	Nova tecnologia de propulsão	NP1 - NP1 - NP1 - NP1
Explicação	SS	Suporte da sociedade nos investimentos nas atividades espaciais	SS1 – SS2 – SS3 – SS4
Explicação	CS	Custo de desenvolvimento da tecnologia espacial	CS1 – CS2 – CS3 – CS4
Explicação	CG	Contribuição do Governo para alavancar e sustentar empresas privadas	CG1 – CG2- CG3 – CG4

Fonte: os autores

## Subetapa 6: Geração e seleção de cenários

Essa subetapa é composta por duas atividades importantes: a) geração de possíveis cenários futuros e seleção de cenários a serem analisados. O objetivo é finalizar com poucos cenários coerentes, plausíveis, e diferenciais para os decisores. É importante observar que decisões em nível estratégico dificilmente serão realizadas por máquinas, concentrando todo o poder de decisão num grupo seletivo de pessoas.

Para elaboração e seleção de cenários adaptou-se a ferramenta desenvolvida por Godet (2006), a análise morfológica. A análise proposta inicia o processo de construção de cenários a partir dos fatores de explicação. Nesse caso, iniciou-se o processo de análise morfológica fixando o direcionador de explicação, Suporte da Sociedade (SS) e suas variações, e avaliou-se a partir desse suporte as possíveis probabilidades de ocorrência ou não no direcionador seguinte Contribuição do Governo (CG).

O resultado dessa análise foi a composição de 19 cenários coerentes, conforme mostram as possíveis ligações na Figura 11. O Apêndice 1 apresenta a tabela de elaboração de cada cenário e de sua respectiva probabilidade.

Nesta pesquisa foram eliminados três cenários porque suas probabilidades de ocorrência foram avaliadas como baixas ou muito baixas, portanto dentre os 19 cenários coerentes, 16 foram considerados coe-



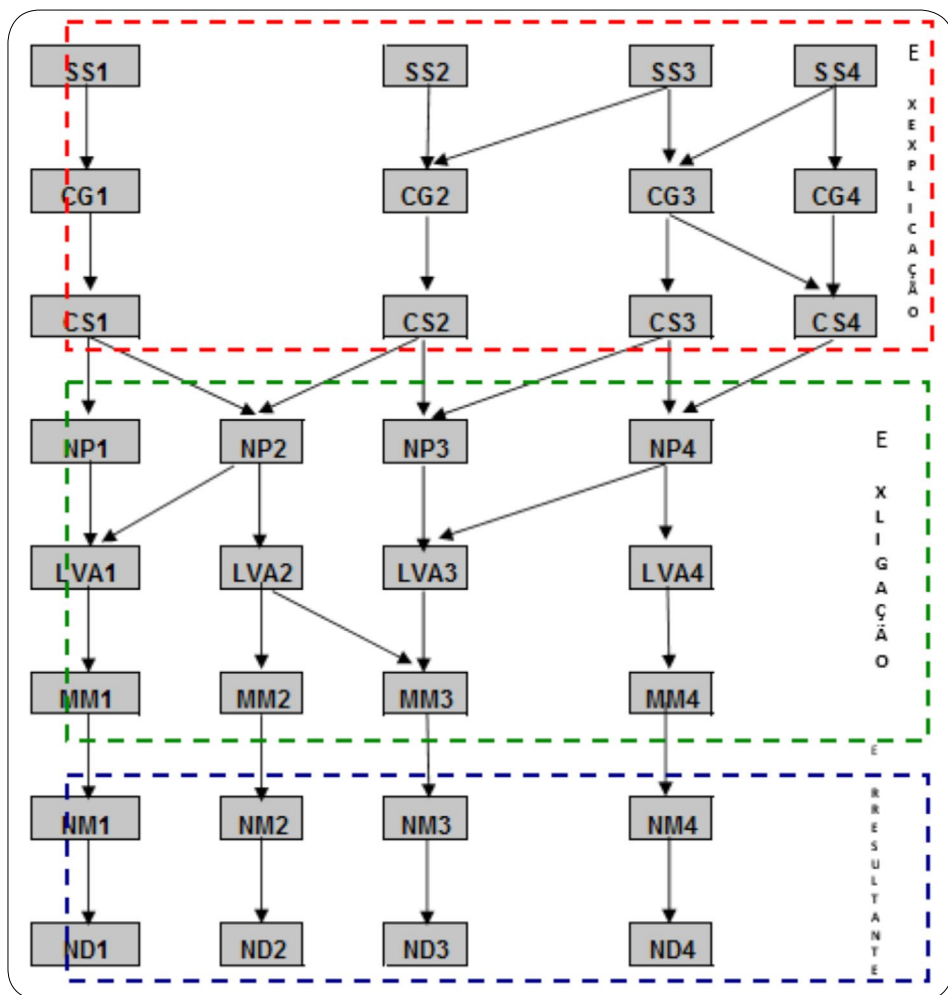
rentes e plausíveis. Com a finalidade de agrupar os 16 cenários pela similaridade, foram elaborados cinco tipos de cenários com o apoio dos três especialistas já mencionados, descritos na Tabela 9.

**Tabela 9** - Lista de tipos de cenários desenvolvidos.

<b>Tipo</b>	<b>Cenários</b>
The boom of space activity -democratização do espaço	1,2
The new space race – rumo ao domínio Marte	3,4 e 5
The incremental space – desenvolvimentos incrementais	6 e 7
The same space – poucas mudanças no setor espacial	8, 9, 12 e 13
The quiet space – pouca evolução	14 a 19

Fonte: os autores

A ferramenta de construção de cenários apresentada auxiliou na verificação da consistência e plausibilidade dos cenários durante o exercício de realizar as ligações entre as faixas dos direcionadores. Os cenários e seu impacto no PEB estão descritos na próxima subetapa.



**Figura 12** - Análise morfológica adaptada para geração de cenários.

Fonte: os autores

### Subetapa 7: Redação e avaliação do impacto dos cenários

A redação dos cenários é consequência de uma análise reflexiva em busca dos principais motivos da concretização de determinado cenário, utilizando como apoio os direcionadores de mudanças selecionados. A principal ferramenta utilizada para redação de cenários é a técnica *story-telling*, que com base nos direcionadores, os especialistas irão fornecer detalhes de como eles vislumbram possíveis acontecimentos para um determinado cenário. Para ilustração, o cenário tipo 1, democratização do espaço (the boom of space activity), foi selecionado para aplicar essa subetapa. Ela contou com a participação do engenheiro João Ribeiro Junior para auxiliar na redação de um cenário. O especialista selecionado

tem o título de mestre, possui 37 anos de experiência na área espacial, incluindo cargos de diretoria em três empresas relacionadas a esse setor. A redação desse cenário se encontra na Tabela 10.

**Tabela 10** - Redação do cenário democratização do espaço

### **Cenário democratização do espaço**

Caracteriza-se pela constante inserção de novos atores espaciais, públicos e privados, e pelo aumento da colaboração entre países e indústrias para o desenvolvimento de tecnologias espaciais, principalmente para atender às missões científicas e de exploração espaciais.

A forte participação e apoio da sociedade das principais spacefaring nations impulsionarão seus governos a investirem em seus programas espaciais e a fortalecerem suas empresas privadas. O resultado é um cenário próspero para o desenvolvimento espacial, em que diversos tipos de tecnologias espaciais vão incrementar a lista de spin-offs e de spin-ins do setor espacial para a sociedade.

A taxa média anual de lançamentos de satélites de grande-porte vai ser mantida, porém haverá um aumento significativo da taxa média anual de lançamentos de satélites de pequeno porte. As cooperações internacionais terão um importante papel a desempenhar, cujos esforços em conjunto para vencer desafios irão resultar em inovações tecnológicas e redução do custo de desenvolvimento da tecnologia espacial, assim como em soluções inovadoras para redução do lixo espacial.

A sinergia entre as nações irá facilitar o progresso da legislação espacial. O setor espacial privado também será impulsionado após o relaxamento das restrições de exportações (ITAR) e das sanções à China impostas pelos EUA.

Fonte: os autores

A avaliação do impacto dos cenários ocorreu sem a redação dos cenários. Numa aplicação real, é muito importante sua redação, pois facilita a avaliação do impacto fornecendo detalhes do cenário aos participantes que irão avaliá-lo.

O exercício de avaliação de impacto foi aplicado ao PNAE, descrito no quinto capítulo, e contou com a participação do engenheiro João Ribeiro Junior e da engenheira, com mais de 30 anos de experiência na área espacial, Maria Cristina Vilela Salgado. O resultado está exposto na Tabela 11.

**Tabela 11 - Tipo de cenário versus impacto no PNAE**

<b>Tipo</b>	<b>Impacto no PNAE</b>
The boom of space activity- democratização do espaço.	Positivo, estratégia de fortalecimento das alianças e parcerias com Alemanha, França e América do Sul.
The new space race – rumo ao domínio cada um por si.	Positivo, sendo um desafio para o país que terá de aumentar significativamente seus investimentos na área espacial.
The incremental space – desenvolvimentos incrementais.	Positivo
The same space – poucas mudanças no setor espacial.	Negativo
The quiet space – pouca evolução	Negativo

Fonte: os autores

Segundo os resultados do relatório da Futron (2014), o programa espacial brasileiro perdeu sua competitividade na última avaliação realizada pela organização em 2013, caindo uma posição no ranking mundial, passando da 10ª posição para 11ª posição. A ferramenta de avaliação aplicada foi o SCI (Space Competitive Index), a qual estabelece métricas para avaliar o desenvolvimento, implementação e execução da atividade espacial. A avaliação é realizada em três áreas: governo, capital humano e indústria. O resultado são três índices, um para cada área. O índice governo verifica a capacidade do mesmo em fornecer a estrutura, a orientação e os recursos financeiros adequados para o desenvolvimento de seu programa espacial. O índice capital humano refere-se à competência do capital humano, pessoas que trabalham no setor espacial público e privado, para desenvolver e aplicar a tecnologia espacial. E o índice indústria trata da capacidade das indústrias espaciais de determinado país em financiar e entregar produtos e serviços espaciais.

O resultado da avaliação do programa espacial brasileiro mostra que o mesmo regrediu nas três áreas (FUTRON, 2014). Esse resultado negativo reforça a necessidade de ações urgentes para fortalecer o programa. Uma ferramenta que auxilia a elaboração de ações é a análise FOFA. Para cada cenário, os agentes decisores do PEB definem as forças e as fraquezas do programa, assim como as oportunidades e as ameaças ao programa.

Para os cenários cujo impacto é negativo, elaboram-se ações que minimizem o impacto no programa. Já para os cenários cujo impacto é positivo, elaboram-se ações que intensifiquem os resultados do programa.

## Fase 3 – Aplicação

### Etapa 6 – Análise de alinhamento estratégico com os cenários obtidos dos programas espaciais

A metodologia aplicada nesta pesquisa finaliza-se com a aplicação da etapa 6. Foram selecionados dois importantes projetos de veículos lançadores do PNAE, VLM-1 (Veículo Lançador de Microsatélite) e Cyclone-4 para exemplificação e demonstração do potencial dessa ferramenta para as organizações privadas e públicas.

O projeto VLM-1 está em fase de desenvolvimento no Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE) em parceria com o Centro Aeroespacial Alemão (DLR). Esse veículo visa atender à faixa de lançamentos de microsatélites. O DLR é um parceiro estratégico desse projeto, e o histórico dessa cooperação internacional soma mais de 40 anos.

O VLM-1 é composto por três estágios sólidos. O primeiro e o segundo estágios baseiam-se no desenvolvimento de um novo motor a propelente sólido, denominado S50, fabricado em fibra de carbono e contendo cerca de 12 toneladas de propelente. O último estágio é composto pelo motor S44 já qualificado em voo nos veículos VS-40 e VLS-1.

Essa configuração tem capacidade para lançar satélites na faixa de 200 kg em órbita baixa. Segundo informações disponíveis no AEB (2012), o custo do projeto está orçado em R\$ 115 milhões e o primeiro lançamento está previsto para 2017.

O projeto Cyclone-4 é uma parceria entre Brasil e Ucrânia, resultado de um tratado assinado por ambos em 2003. Para a execução do tratado foi criada a empresa binacional Alcântara Cyclone Space (ACS). A divisão dos trabalhos e responsabilidades de cada país foi estabelecida da seguinte forma: a) a responsabilidade pelo desenvolvimento do veículo lançador é da Ucrânia; e b) a infraestrutura necessária ao Centro de Lançamento de Alcântara para o lançamento do veículo lançador Cyclone-4, como estradas, porto, aeroródromo, alojamentos, ambulatórios, é de responsabilidade do Brasil. A ACS, com sua sede em Brasília, é formada por brasileiros e ucranianos, e é responsável pela construção e operação do sítio de lançamento que compreende a plataforma de lançamento, prédios de preparação do veículo e satélites, sistema de carregamentos de propelentes, centro de controle avançado (casamata), entre outros.

O Cyclone-4 está projetado para colocar 1.600 kg em órbita de transferência geoestacionária (GTO), 5.300 kg em órbita baixa terrestre (LEO) e 3.800 kg em órbita heliosíncrona (SSO). Os principais objetivos do projeto Cyclone-4 são: a) exploração do potencial da infraestrutura do Centro de Lançamento de Alcântara (CLA); b) exploração comercial do

mercado de lançamentos de satélites; e c) prestação de serviços de lançamento espacial de cargas de grande porte para os governos brasileiro e ucraniano.

A Tabela 12 apresenta uma comparação entre os dois veículos lançadores.

**Tabela 12** - Descrição dos projetos de veículos lançadores VLM-1 e Cyclone -4.

Item	VLM-1	Cyclone- 4
Comprimento (m)	19,6	40
Diâmetro da Coifa (m)	1,45	4
Massa na Decolagem (ton)	28	297,4
Empuxo na Decolagem (ton força)	61	297,4
Carga Útil (kg)	200 LEO	5300 LEO 1600 GTO
Tipo de Propelente	Sólido	Líquido

Fonte: os autores

A atividade de análise de alinhamento estratégico foi realizada em conjunto com especialistas do IAE, que trabalham no projeto VLM-1, e com um especialista que trabalhou na ACS. A finalidade é verificar, dentre a proposta de cada projeto, quão robusto cada um é frente aos cinco tipos de cenários propostos. O resultado encontra-se na Tabela 13.

Verificou-se que o projeto VLM-1 está alinhado com quatro dos cinco tipos de cenários. Dois fortes motivos para o alinhamento em um cenário de pouca evolução tecnológica e de baixo orçamento espacial são a simplicidade e o custo de desenvolvimento. Na concretização do primeiro tipo de cenário a comercialização do VLM-1 poderá ser potencializada, dado o forte crescimento das missões de microssatélites num ambiente promissor ao uso dessa categoria de satélites por governos e empresas privadas para diversos tipos de aplicações.

**Tabela 13** - Resultado da análise de alinhamento estratégico de dois programas do PNAE.

	The boom of space activity -democratização do espaço	The new space race – rumo ao domínio Marte	The incremental space – desenvolvimentos incrementais	The same space – poucas mudanças no setor espacial	The quiet space – pouca evolução
VLM-1	√ √	X	√ √	√ Europa como forte parceiro	√
Cyclone – 4	X Projeto de baixa transferência de tecnologia	X Insumos importados, como a Hidrazina, podem ser cortados.	√√ Potencial mercado de constelações	X Baixa expectativa de mercado	X Baixa expectativa de mercado
Significados: √ √ - Alinhamento perfeito √ - Atende X – Não atende					

Fonte: Os autores

A democratização do espaço também fortalece a realização de cooperações internacionais para o desenvolvimento em conjunto de novas tecnologias espaciais, formando um ambiente com menos impedimentos do uso de veículos lançadores construídos em outros países, como, por exemplo, o lançamento de microssatélites norte-americanos pelo VLM. O projeto Cyclone-4 está desalinhado com este cenário, pois não permite nenhum tipo de transferência tecnológica.

O segundo tipo de cenário, negativo para ambos os projetos do PNAE, caracteriza-se pela alta competitividade política, tecnológica e comercial entre as *spacefaring nations*, com forte tendência para o aumento da militarização do espaço. O ambiente formado é de impedimentos para as cooperações internacionais e de barreiras impostas pelos governos quanto ao uso de veículos lançadores estrangeiros e exportações de insumos.

O projeto Cyclone-4 possui um forte alinhamento estratégico apenas para o cenário 3, no caso de sucesso das melhorias incrementais que estão sendo realizadas nas constelações, tais como, Iridium e Globalstar. Conforme exposto no sexto capítulo, forma-se um potencial mercado para o Cyclone-4. Para o especialista, não se vislumbra um mercado potencial para o Cyclone-4 nos cenários the same space e the quiet space sem um acordo vigente de salvaguardas tecnológicas entre o Brasil e os

Estados Unidos para o lançamento de satélites comerciais. Atualmente, não é permitido que nenhum satélite comercial que contenha componentes espaciais de origem norte-americana seja lançado de uma base brasileira.

A Etapa 7, proposta de melhorias, não foi aplicada nesta pesquisa, pois seria necessário o forte envolvimento dos gestores das organizações responsáveis por ambos os projetos, IAE e ACS, além da participação da Agência Espacial Brasileira (AEB). A finalidade desta pesquisa em construir cenários futuros para o setor espacial por meio da metodologia proposta foi alcançada, porém essa etapa fica como proposta para futuros trabalhos. As considerações desse capítulo foram sumarizadas e estão descritas no sétimo capítulo, referente à conclusão.

## 2.3 Principais Resultados Alcançados

A seguir estão descritos os principais resultados de cada uma das sete etapas da metodologia aplicada. O estudo completo deste levantamento se encontra em Ribeiro (2015).

Na etapa 1 foi apresentado o objeto de estudo, o setor espacial e, por meio da aplicação dos mapas conceituais, a apresentação de questões-chave para dar início às atividades realizadas na etapa 2.

A etapa 2 consistiu na análise de contexto a partir da análise PESTAL e das tendências das tecnologias espaciais. Os resultados oriundos da etapa 2 mostram que o setor espacial está passando por uma série de mudanças sob diversos aspectos socioeconômicos e técnicos, apontando para um possível crescimento da atividade espacial no mundo.

A privatização do espaço é um destaque neste estudo, e inclusive foi um tema apresentado no periódico Stern (2013) com o título “The Low-cost Ticket to Space”.

As principais considerações da análise PESTAL estão listadas a seguir:

- 1- O número crescente de novas nações entrantes no setor espacial, resultando em um cenário de multipolarização do espaço. O objetivo dessas nações é a independência tecnológica e domínio de lançamento, fabricação, controle e utilização de satélites.
- 2- A competição e a cooperação internacional tecnológica continuam a fazer parte do novo ciclo espacial, porém com maior grau de complexidade. Algumas missões de exploração inter-



- planetária estão sendo conduzidas pelas principais agências espaciais de forma independente.
- 3- A exploração da tecnologia espacial para agregar valor aos produtos e serviços comercializados e gerar *spin-offs* é um dos pilares de crescimento econômico das chamadas *space faring nations*. Essas nações estão considerando, seriamente, o possível impacto social da exploração espacial, que como é sabido resulta na melhoria da qualidade de vida da sociedade como um todo.
  - 4- A participação de novas empresas privadas no setor espacial encontra-se em fase de crescimento e está transformando o esse tradicional setor, podendo proporcionar novos mercados, novos produtos espaciais e missões espaciais de forma mais econômica, rápida e com melhor desempenho.  
Sua alavancagem e amplo desenvolvimento dependerá não somente do suporte financeiro e técnico das agências espaciais, principalmente da NASA e da ESA, mas também de uma legislação internacional que dê suporte e segurança à exploração privada do espaço, ou seja, ao estabelecimento de um completo aparato legal para a regularização de propriedades, direitos, deveres, entre outros, ou mesmo de uma Constituição Espacial.
  - 5- Um movimento de terceirização de sistemas completos para empresas privadas teve início nos EUA, de forma que as empresas deixam de ser simples fornecedoras de componentes e subsistemas e a NASA possa concentrar seus esforços no desenvolvimento de novas tecnologias, incrementais e/ou disruptivas, principalmente novos tipos de propulsão *in space* e propulsão *deep space*.
  - 6- Houve uma preocupação das principais agências espaciais e empresas privadas na formação de um contingente maior de engenheiros e cientistas, assim como em atrair jovens profissionais para atuarem em pesquisa e desenvolvimento na área espacial.
  - 7- Ainda é difícil definir qual categoria de satélite será peça-chave nesse novo ciclo espacial, mas existe uma tendência do uso intensivo de pequenos satélites para missões científicas, militares e comerciais. Um grande desafio é viabilizar veículos lançadores dedicados para atender essa categoria de satélites.
  - 8- A análise utilizando a métrica US\$/kg mostra que não houve o desenvolvimento de uma tecnologia disruptiva do sistema de veículos lançadores. Mesmo a Space X, que recentemente qualificou seu veículo lançador a um custo de US\$1.200/kg, ainda

está longe do valor ideal, que segundo especialistas seria da ordem de US\$ 100/kg.

Essa possível evolução estaria atrelada ao desenvolvimento de um novo tipo de propulsor com maior impulso específico e a novos materiais. Para os próximos 20 anos espera-se apenas o desenvolvimento de novos sistemas para *deep space propulsion*, portanto a propulsão química ainda será o meio utilizado pelos veículos lançadores para vencer a gravidade da Terra.

- 9- Qualquer tipo de exploração humana gera um efeito para o meio ambiente. O lixo espacial é resultado da exploração do espaço e a sustentabilidade dessa atividade está em risco frente ao crescimento da quantidade de lixo e a ausência de medidas efetivas para minimizá-lo. A corrida por políticas e soluções tecnológicas para redução do lixo espacial já está emergindo, principalmente nos EUA, Europa e Japão.
- 10- Em contrapartida, a militarização do espaço pode ser um possível cenário onde cada *spacefaring nation* busca garantir a segurança dos seus ativos espaciais, comerciais e militares.
- 11- O planeta Marte apresenta-se como o novo alvo desse novo ciclo, porém agora almejado por diversos atores, inclusive empresas privadas, que utilizam novos conceitos, como o reality show, para o financiamento de seus projetos. A ida do homem a Marte é um grande desafio tecnológico que, comparado com a ida à Lua, poderá gerar um impacto socioeconômico de maior envergadura.

A etapa 3 é uma consequência da pesquisa realizada na etapa anterior, cuja análise permitiu o levantamento de 33 direcionadores de mudança que influenciam o cenário do setor espacial. Esses direcionadores foram validados por um grupo de especialistas da área espacial na etapa 4.

Na etapa 5 foi realizado o desenvolvimento de cenários para o setor espacial, orientado por um conjunto de sete subetapas. Como principais resultados dessa etapa destacam-se:

- a) a aplicação da técnica Delphi utilizando a plataforma Survey Monkey para seleção dos direcionadores de alta incerteza e alta importância, resultando em oito direcionadores de mudanças;
- b) avaliação dos oito direcionadores quanto à motricidade e dependência, resultando numa classificação de três direcionadores de explicação, três de ligação e dois de resultante;

- d) construção de 19 cenários por meio da adaptação do método de análise morfológica, em que se utilizou como ponto de partida os direcionadores de explicação; e
- e) agrupamento dos 19 cenários possíveis em cinco tipos de cenários pela matriz de cenários versus faixas de cada direcionador.

A qualidade no levantamento dos direcionadores de mudança é primordial para a construção de cenários consistentes, dado que as variações dos próprios direcionadores resultam nos cenários. Outro fator chave se encontra na seleção de especialistas para avaliar os direcionadores quanto à incerteza e importância. Esta pesquisa contou com a participação de especialistas brasileiros e estrangeiros.

Selecionou-se os projetos VLM-1 e Cyclone-4 para exemplificar o potencial das etapas 6 e 7 para o alinhamento das estratégias com os cenários projetados.

## 2.4 Considerações Finais

Este estudo contribuiu com o levantamento e seleção de direcionadores de mudanças para o desenvolvimento de cenários futuros para o setor espacial por meio de uma proposta de metodologia de prospectiva estratégica.

A metodologia proposta foi fundamentada num estudo realizado das principais abordagens e metodologias na área da PT e planejamento de cenários, cujo resultado foi a construção de cinco tipos de cenários para o setor espacial. Ressalta-se que as principais contribuições deste trabalho com relação à metodologia proposta são: aplicação do método PESTAL; levantamento de tendências das tecnologias espaciais para análise do setor espacial; adaptação do método de análise morfológica para construção de cenários; e matriz de cenários possíveis *versus* faixas de cada direcionador para agrupamento por tipo de cenário.

Esta metodologia proporcionou a construção de cinco tipos de cenários para o setor espacial por meio de uma proposta de metodologia de prospectiva estratégica, que busca apoiar o processo de desenvolvimento de cenários e alinhamento das estratégias com os cenários consistentes e plausíveis.

A atividade que sucede a aplicação dessa metodologia é o monitoramento constante para verificar o andamento dos direcionadores de mudança, assim como incluir ou retirar direcionadores. Essa atividade

promove a aprendizagem em prospecção e faz parte da melhoria contínua da própria metodologia.

## Referências

- AEB. **Programa Nacional de Atividades Espaciais** : PNAE : 2012 - 2021 / Agência Espacial Brasileira. Brasília : Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, Agência Espacial Brasileira, 2012, p. 36.
- BRADFIELD, R., WRIGHT, G., BURT, G., CAIRNS, G., & VANDERHEIJDEN, K. The origins and evolution of scenario techniques in long range business planning. **Futures**, v.37, n.8, 795-812, 2005
- CELESTRAK. **Online Satellite Catalog**. Dados extraídos do *website* < <http://celestrak.com/pub/satcat.txt>>. Acesso em: janeiro de 2013.
- DERWENT. **Patent database**. Thomson Reuters Scientific, Derwent database acesso em agosto de 2013.
- DEVEZAS, T et al. The struggle for space: Past and future of the space race. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 79, n. 5, p. 963–985, Junho de 2012.
- DRAUGALIS, J.R., COONS, S.J, PLAZA, C.M. Best practices for survey research reports: a synopsis for authors and reviewers. **The American Journal of Pharmaceutical Education**, v.72, n1, 2008.
- DYSON, M. Space and astronomy: decade by decade. New York: **Facts on File**, 2007, p. 272.
- FUTRON. **Electronic Library of Space Activity**. Washington: 2014.
- GODET, M. **Creating Futures**: scenario planning as a strategic management tool. 2ed. Paris: Econômica, 2006, p.348.
- GODET, M. The art of scenarios and strategic planning tools and pitfalls. **Technological Forecasting and Social Change**, v.65, n.1, 2000, p.3-22.
- LYTKIN, V. The life and work of Tsiolkovskiy, Disponível em: <<http://www.astronautix.com/articles/theceage.htm>>. Acesso em: outubro de 2012
- MARCIAL, E. C.; GRUMBACH, R. J. S. Cenários prospectivos: como construir um futuro melhor. 5 ed. Rio de Janeiro: FGV, 2008.
- PROSPECTA. Grupo de prospecção tecnológica do Instituto de Aeronáutica e Espaço. <http://www.iae.cta.br/prospecta.html>. Acesso em: outubro de 2017.
- RIBEIRO, J. R. **CONSTRUÇÃO DE CENÁRIOS FUTUROS PARA O SETOR ESPACIAL**. 2015. 186f. Tese de Doutorado – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.
- SCHWARTZ, P. **The Art of the Long View**: planning for the Future in an uncertain world. New York: Wiley, 1996, p.272.

STATISTA. Pay satellite TV penetration rate worldwide in 2014 and 2020. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/483012/pay-satellite-tv-penetration/> Acessado em: Outubro de 2017.

STERN, A.S. The low-cost ticket to space. **Scientific American**, v.308, n.4, abril de 2013, p. 68-73.

TKATCHOVA, S. **Space-Based Technologies and Commercialized Development: economic implications and benefits**. 1.ed. Hershey: IGI Global, 2011, p.286.

VEEN, E. J. V. Indicators for Disruptive Space Technologies. In: 63rd INTERNATIONAL ASTRONAUTICAL CONGRESS, 2012, Naples. Proceedings International Astronautical Federation, Paris, 2012, p. 1–5.

VILLAIN, R. **Satellites to be Built & Launched by 2020 World Market Survey**. Paris: Euroconsult Research Report, 2012

WACK, P. Scenarios: uncharted waters ahead. **Harvard Business Review**, v.63, n.5, 1985, p. 73–89.

“O conteúdo expresso neste capítulo é de inteira responsabilidade dos autores”

Os autores autorizam a publicação e distribuição gratuita deste e-book por meio da editora ou canais de distribuição por ela indicados.



## Capítulo 3

# ***Geração de inovações na produção de etanol de cana-de-açúcar de segunda geração a partir da rota hidrolítica enzimática: um estudo de prospecção tecnológica***

### ***Denys Eduardo Biaggi***

*Professor do Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza -  
CEETEPS  
denys.biaggi@gmail.com*

### ***Fabrcio José Piacente***

*Professor do Programa de Mestrado do Centro Estadual de Educação  
Tecnológica Paula Souza - CEETEPS e Professor no Centro Universitário Padre  
Anchieta- Unianchieta  
fjpiacente@bol.com.br*

### ***Vanessa de Cillos Silva***

*Professora do Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza -  
CEETEPS  
va.csilva@hotmail.com*

O setor sucroalcooleiro, mais recentemente denominado de sucroenergético, compreende as atividades agrícolas e industriais relacionadas à produção de açúcar, etanol e cogeração de eletricidade, o que no Brasil é realizado, predominantemente a partir do processamento da cana-de-açúcar. Esse setor é importante economicamente, o PIB (Produto Interno Bruto) da cadeia sucroalcooleira no ano de 2016 foi de R\$ 152,37 bilhões (CEPEA, 2016).

O interesse em investir no setor sucroenergético revigorou-se em meados de 2004 quando os carros - *flex fuel* -, também chamados de bicomcombustíveis, foram introduzidos no mercado nacional, aumentando a demanda por etanol combustível. A internacionalização do etanol combustível fabricado a partir da cana-de-açúcar pode ocorrer com a possibilidade desse produto se tornar uma *commodity* mundial. Percebe-se que um dos desafios para o Brasil nos próximos anos será consolidar-se como um grande produtor e fornecedor internacional de etanol, o que requer investimentos em melhorias tecnológicas, que se adequem às exigências

internacionais de produção sustentáveis, tanto em termos ambientais como sociais.

A produção de etanol a partir do processamento da cana-de-açúcar pode ocorrer a partir de duas rotas tecnológicas. A primeira é conhecida e empregada historicamente no Brasil e em outras regiões produtoras do mundo e consiste basicamente na fermentação alcoólica da sacarose obtida da cana-de-açúcar pelo esmagamento mecânico do seu colmo. Trata-se da primeira geração de produção de etanol a partir da cana-de-açúcar.

Ainda que a produção de etanol de primeira geração (processo convencional) no Brasil tenha obtido avanços crescentes na produtividade agrícola e industrial, a atual tecnologia industrial de produção do etanol é datada dos anos 1980 e está próxima de seus limites teóricos. Há reconhecido esgotamento da eficiência da rota tecnológica industrial atualmente empregada no setor sucroenergético processador de cana-de-açúcar no Brasil e o aumento teórico de produtividade desse processo de primeira geração está limitado ao máximo de 4%. Uma alternativa para suprir a demanda de etanol é sua produção por meio de novas rotas de conversão, que apresentam estimativas de ganho de produtividade de, no mínimo, 50% (NOGUEIRA, 2008).

Segundo Hamelinck *et al.* (2011), o etanol celulósico de cana-de-açúcar é produzido a partir dos polissacarídeos da parede celular vegetal e é denominado etanol de segunda geração. Assim, apesar das mais diversificadas rotas para a produção de etanol de cana-de-açúcar de segunda geração, esse trabalho tratará exclusivamente da rota lignocelulósica.

A hidrólise da celulose é a principal rota tecnológica para a produção de etanol de segunda geração, ou bioetanol a partir da cana-de-açúcar. Nela a celulose do bagaço e da palha da cana são hidrolisadas em reatores bioquímicos, onde ocorre a quebra da estrutura molecular dessa celulose em açúcares simples e solúveis, passíveis de se transformarem em etanol pela ação de microrganismos na etapa de fermentação (HAMELINCK *et al.*, 2011).

Entre os benefícios do etanol de segunda geração relacionam-se: o aproveitamento da cana-de-açúcar e seus subprodutos; aumento da fabricação de etanol em até 50% sem ampliar a área de cultivo; produção do biocombustível mesmo durante a entressafra da cana-de-açúcar; e a redução da emissão de carbono durante a produção, gerando um combustível mais limpo.

Os métodos de prospecção tecnológica são usados há várias décadas em diversos países, como uma ferramenta para orientar os esforços



empreendidos para a pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I). Os primeiros registros de utilização sistematizada das informações como ferramenta estratégica são datados da década de 50, cujo objetivo principal era a redução do tempo entre a invenção e a disposição dos produtos novos no mercado e, a essa atividade, deu-se o nome de prospecção tecnológica.

O presente estudo tem por objetivo traçar o cenário atual da tecnologia de produção de etanol de segunda geração de cana-de-açúcar pela rota lignocelulósica ou hidrolítica enzimática a partir da análise de bases de dados de documentos de patentes sobre esse tema depositado nos principais escritórios de proteção industrial. Este levantamento permitirá identificar o desenvolvimento tecnológico na área de estudo ao longo dos anos; os depositantes de patentes mais expressivos sobre o assunto; a nacionalidade e a natureza desses depositantes; e as principais áreas científicas e tecnológicas estudadas por esses depositantes.

## **3.1 Referencial Teórico**

### ***3.1.1 Etanol de Segunda Geração***

Apesar de tratar-se de um setor produtivo que utiliza tecnologias conhecidas historicamente e largamente difundidas, a agroindústria canavieira é uma atividade complexa, pois envolve um conjunto que se compõe de um setor agrícola e de um setor estritamente industrial, muitas vezes dividido em duas partes: fábrica de açúcar e destilaria de etanol. A parte agrícola apresenta aspectos e características ligadas diretamente a essa vertente da economia, ao processo de ocupação territorial e a utilização de recursos naturais como água e solo. A divisão industrial apresenta seus aspectos mais ligados intimamente com os processos de transformações da matéria prima para a fabricação de inúmeros produtos, dentre estes se destacam o açúcar e mais recentemente o etanol, como os principais (PIACENTE, 2005).

De maneira geral, o complexo produtivo sucroalcooleiro do Brasil sempre foi objeto de regulamentações do Estado. Na década de 1930, com o advento do Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA), o produtor açucareiro passou a se submeter a uma série de arranjos institucionais, vinculando os interesses do setor às esferas de decisão do Estado. Essa intervenção foi instaurada sob forte apelo dos próprios produtores do setor, em razão da ameaça de ruína dessa economia devido à superprodução, a queda do preço interno e do volume das exportações (RAMOS, 1999).

A corrida tecnológica mundial pelos biocombustíveis de segunda geração vem sendo direta ou indiretamente analisada em diversos trabalhos e em diferentes perspectivas. Segundo Nyko *et al.* (2010), apesar do etanol celulósico não apresentar, até o momento, viabilidade econômica, existem vantagens que estimulam o desenvolvimento tecnológico dessa alternativa. Destacam-se que as alterações climáticas decorrentes da queima dos combustíveis fósseis e a questão da insegurança energética refletida na dificuldade crescente da produção do petróleo e nos conflitos geopolíticos nas principais áreas produtoras, têm motivado uma corrida sem precedentes pela produção de energia a partir de fontes renováveis.

Para Bastos (2012) a rota tecnológica de segunda geração ainda requer melhoramento das características da matéria-prima, redução de custos por meio de adequados processos de pré-tratamento, melhoramentos da eficácia das enzimas, redução dos custos de produção, melhoria completa e integração de processo. Além disso, os preços do petróleo dão o ponto de equilíbrio para a viabilidade desse tipo de biorrefinarias.

Atualmente o processamento agroindustrial da cana-de-açúcar no Brasil encontra-se, em função das suas especificações técnico produtivas, praticamente autossuficiente energeticamente. O bagaço, um dos principais subprodutos desse processo é consumido integralmente para produção de energia por meio da co-geração. Segundo Santana & Teixeira (1993), o bagaço *in natura* é composto, aproximadamente por: 44,5% de fibras lignocelulósicas; 50% de umidade; 2,5% de sólidos solúveis em água e 3% de teor de cinza. Neste trabalho verificou-se ainda que, morfológicamente, o bagaço possui 50% de fibra, 30% de tecidos parenquimatosos e 20% de vasos e epiderme.

No Brasil, o setor sucroalcooleiro tem como principal desafio a implementação de processos que atualmente encontram-se em desenvolvimento tecnológico. O processamento das biomassas lignocelulósicas, do bagaço e da palha da cana-de-açúcar em escala comercial para a produção de etanol de segunda geração é a grande fronteira tecnológica em questão.

No processo de obtenção de etanol celulósico, o objetivo é “desmontar” a parede celular para utilizar os polissacarídeos como fonte de açúcares fermentáveis. Atualmente, esse processo bioquímico utiliza-se de duas etapas bem definidas: i) pré-tratamento; ii) e a hidrólise. Especificamente a segunda etapa, pode ocorrer de duas maneiras distintas: i) hidrólise ácida; ii) e a hidrólise enzimática.

Na etapa denominada de pré-tratamento, fazem parte um conjunto de procedimentos químicos e biológicos que tem a finalidade de expor a fibra de celulose do bagaço e da palha da cana-de-açúcar para que o pro-

cesso de sacarificação ocorra de maneira mais eficiente.

O processo básico de hidrólise ácida, uma das duas opções para a segunda etapa da produção de etanol de segunda geração, consiste em utilizar um ácido sulfúrico ou ácido clorídrico para atacar as ligações glicosídicas do material celulósico. A hidrólise química (ácida) ocorre em altas temperaturas e em reatores pressurizados, e os ácidos mais comumente utilizados são o sulfúrico e o clorídrico. Esse processo apresenta-se em estágio técnico de desenvolvimento. Até o momento, os resultados obtidos em plantas produtivas de larga escala apontaram dificuldades técnicas e operacionais que resultam em um custo elevado do produto final (KAYLEN *et al.*, 2000).

A hidrólise enzimática desses materiais, foco do presente trabalho, é conduzida por meio do complexo de enzimas da celulase. Este processo ocorre a baixas temperaturas e à pressão atmosférica, além de ser menos poluente quando comparado à hidrólise ácida. Um dos grandes desafios desta tecnologia está relacionado à redução dos custos de produção destes complexos enzimáticos. Esse processo pode ocorrer de duas maneiras distintas: i) SHF - *separate hydrolysis fermentation*; ii) e pela SSF - *simultaneous saccharification and fermentation*.

Segundo Ogeda & Petri (2010), quando a hidrólise ocorre sequencialmente à fermentação a operação é designada de SHF, o gargalo dessa operação está no fato de que a glicose e a celobiose permanecem no mesmo meio que a celulose, inibindo a ação da celulase, reduzindo o rendimento da operação e elevando o custo do processo. Como alternativa adiciona-se micro-organismo fermentativo ao mesmo vasilhame onde estão sendo produzidos os açúcares, acelerando assim a transformação da glicose e da celobiose em etanol. Porém, isso gera resíduos e eleva significativamente o custo do equipamento e da operação.

O segundo tipo de processo de hidrólise enzimática é denominado de sacarificação simultânea e fermentação (SSF) e apresenta-se como uma alternativa melhor que a SHF, além de ser mais aplicada a hidrólise de celulose. A questão central é tornar o processo enzimático economicamente viável, ou seja, imobilizar enzimas sobre substratos sólidos de tal forma que as propriedades catalíticas sejam mantidas, além de possibilitar a sua reutilização várias vezes. O grande desafio é determinar a enzima correta para cada mosto celulósico a ser tratado, em seguida imobilizar essa enzima no reator de maneira que ela mantenha sua estrutura nativa, uma vez que a enzima apresenta um elevado custo de aquisição (SILVA ORTIZ, 2016).

### **3.1.2 Prospecção Tecnológica**

Os métodos de Prospecção Tecnológica são utilizados por diversas empresas no mundo como uma ferramenta para analisar a velocidade no desenvolvimento dos projetos, principalmente aqueles relacionados à tecnologia, e na sua aceitação por parte do mercado. Esse desenvolvimento tecnológico, aliado com as pesquisas científicas, são os instrumentos utilizados pelos Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia para contribuir com o desenvolvimento nacional. O conhecimento precisa ser criado e transferido para a sociedade na forma de inovação, melhorando a vida das pessoas e desenvolvendo as regiões.

Conforme definição da Organização Mundial de Proteção Intelectual (OMPI), uma patente protege uma invenção e garante ao titular os direitos exclusivos para usar sua invenção por um período limitado de tempo em um determinado país. Pode ser concedida através de solicitação por meio de uma repartição governamental e qualquer pessoa física ou jurídica, sendo denominado depositante ou requerente.

Na atual legislação brasileira, a Lei da Propriedade Industrial n 9.279/96, em vigor desde 14 de maio de 1996, possibilita a proteção de duas maneiras: i) patente de invenção (PI); ii) ou modelo de utilidade (UM). A patente de invenção é concedida quando a invenção atende os requisitos de novidade, atividade inventiva e aplicação industrial. O modelo de utilidade é concedido a patentes que visem melhorar o uso ou utilidade dos produtos, proporcionando maior eficiência ou facilidade na utilização, através somente de uma nova configuração, não sendo necessária a obtenção de um novo conceito (SILVEIRA, 1998).

Um fator importante e que mostra a relevância no estudo das patentes é a sua utilização como fonte de informação tecnológica para a geração de mapas de conhecimento. As bases de dados de patentes são padronizadas internacionalmente, e com qualidade da informação contida nesses documentos permite-se estatisticamente volumes de dados com baixo risco de erros, que agrega valor ao conhecimento disponível.

Segundo o Instituto Nacional de Proteção Industrial (INPI), a maioria das informações tecnológicas das patentes, em torno de 70%, não estão disponíveis em nenhuma outra fonte de informação. Trata-se de uma fonte atualizada do estado da arte da tecnologia, uma vez que o número de pedidos de patentes cresce anualmente na ordem de 2,5 milhões de processos em todo o mundo.

A prospecção tecnológica identifica as tecnologias existentes e o seu grau de desenvolvimento, concorrentes, utilização no mercado e possíveis variações que podem tornar-se competitivas. Com o estudo, podem-se identificar os maiores inventores e empresas depositantes,

país de origem e de depósito da patente, e outras informações importantes para a identificação, evolução e mapeamento da tecnologia pesquisada.

Neste contexto, para Kupfer & Tigre (2004), os métodos de prospecção tecnológica podem ser classificados em três grupos: i) monitoramento (*assessment*), que consiste no acompanhamento sistemático e contínuo da evolução dos fatos e na identificação de fatores portadores de mudança; ii) previsão (*forecasting*), que consiste na realização de projeções baseadas em informações históricas e modelagem de tendências; e iii) visão (*foresight*), que consiste na antecipação de possibilidades futuras, com base em interação não estruturada entre especialistas.

A busca de patentes pode ser realizada em bases de dados gratuitas (exemplos: WIPO, INPI, Espacenet, USPTO), assim como bases comerciais que tem um alto custo e exigem um nível de capacitação maior para serem utilizadas (exemplos: *Derwent Innovation Index*, *Questel Orbit*, *Patent Strategies*).

Piacente e Silva (2015) pesquisaram inovações tecnológicas relacionadas ao setor sucroenergético brasileiro entre o período de 1975 e 1985 em base de dados de patentes buscados pelo sistema gratuito organizado pelo projeto LAPITAT (base de patentes organizada e gerenciada pelo Escritório Europeu de Patentes - EPO). Dos 251 documentos listados e analisados, 218 deles foram classificados nos códigos C12 (bioquímica, álcool etc.), A01 (agricultura, entre outros), C07 (química orgânica) e C13 (indústria do açúcar), que envolvem os setores produtivos variados, relacionados com a indústria metal pesada, química e de alimentos.

Piacente *et al.* (2015) utilizaram o *software Questel-Orbit* em pesquisa de Prospecção Tecnológica para termos relacionados a tecnologia de produção de etanol celulósico a partir da cana-de-açúcar, obtendo em sua busca um total de 79 documentos de patentes para o período de 1995 a 2015.

Em geral, não existe uma regra ou fórmula exata para metodologias de prospecção tecnológica. Cada pesquisador pode desenvolver e definir aquela mais adequada a sua necessidade. Essa escolha depende de alguns fatores: área de conhecimento envolvida; aplicação da tecnologia no contexto; abrangência do estudo; tempo e custo disponível.

Além da utilização de palavras-chave é possível utilizar as classificações de patentes (CIP<sup>6</sup>) para obter um melhor resultado na busca. A uti-

---

**6** A Classificação Internacional de Patentes, também chamada de IPC (International Patent Classification), estabelece um sistema hierárquico de símbolos para a classificação de Patentes de Invenção e de Modelo de Utilidade de acordo com as diferentes áreas tecnológicas. Ela é adotada por mais de 100 países e coordenada pela Organização Mundial da Propriedade Intelectual (INPI, 2013)

lização das classificações se justifica pelo fato de não existir um padrão nas palavras que os inventores utilizam, e também devido a possibilidade de um invento possuir mais de uma classificação.

A Classificação Internacional de Patentes (CIP) pode funcionar como um filtro importante na recuperação de documentos de patente da sua área técnica. Conforme material disponível no INPI, a CIP divide o conhecimento tecnológico em oito áreas (Seções), sendo: i) Seção A - Necessidades Humanas; ii) Seção B - Operações de Processamento; Transporte; iii) Seção C - Química e Metalurgia; iv) Seção D - Têxteis e Papel; v) Seção E - Construções Fixas; vi) Seção F - Engenharia Mecânica; Iluminação; Aquecimento; Armas; Explosão; vii) Seção G - Física; viii) e a Seção H - Eletricidade.

Segundo o guia da CIP, cada Seção é subdividida em classes, que são simbolizadas por um número de dois dígitos após o símbolo da seção. Cada classe abrange uma ou mais subclasses, que são o terceiro nível hierárquico da Classificação. Cada subclasse consiste no símbolo da classe seguido por uma letra maiúscula. Por fim, cada subclasse é desdobrada em subdivisões, denominadas “grupos”, que são tanto grupos principais (i.e., o quarto nível hierárquico da Classificação) quanto subgrupos (i.e., níveis hierárquicos mais baixos dependentes do nível do grupo principal da classificação).

## 3.2 Metodologia

O objeto do estudo foram os documentos de patentes de produtos e tecnologias relacionados a produção de etanol de segunda geração a partir da cana-de-açúcar pela rota tecnológica hidrolítica enzimática, com a finalidade de identificar autores, inventores, instituições de pesquisa, empresas relacionadas, setores da economia envolvidos e o estado da técnica (em termos de verificar as patentes antecessoras).

Este estudo centrou-se em fontes de informações tecnológicas disponíveis em bancos de dados de patentes. Os processos da pesquisa ocorreram por meio de levantamento das fontes bibliográficas; buscas de dados e análise de documentos de patentes; e utilização de técnicas de mineração de dados para o tratamento prévio das informações. A abordagem utilizada foi quantitativa e exploratória, utilizando-se os métodos estatísticos usados pelos estudos métricos da informação, especificamente da patentometria<sup>7</sup>.

<sup>7</sup> Sobre o enfoque informétrico, dos estudos métricos da informação, Macias-Chapula (1998) afirma que o método pode ser considerado um segmento da sociologia da ciência, pois subsidia o desenvolvimento de políticas científicas. Nos estudos métricos da

Inicialmente foi feita a seleção da tecnologia existente do etanol de segunda geração de cana-de-açúcar a partir de rota hidrolítica enzimática. Trata-se de uma tecnologia em desenvolvimento, que se relaciona com o padrão tecnológico e produtivo do setor sucroenergético nacional e que já apresenta, mesmo que de maneira inicial, pelo menos duas plantas com escala comercial em funcionamento.

Para a etapa de seleção de banco de dados de patentes, dentre as opções elencadas, optou-se por utilizar o *software Patent Strategie* do fabricante *LexisNexis*, que apresenta foco em informações estratégicas, integra conteúdos de patentes, informações financeiras de empresas, documentos não patentários como literatura científica e normas técnicas com ferramentas analíticas. Ele apresenta a maior cobertura disponível, mais de 100 escritórios de patentes com dados de mais de 8,6 milhões de empresas, inclusive dados financeiros de seis diferentes fontes de dados financeiros - bolsa de valores.

A pesquisa realizada utilizou a seguinte sintaxe: (ethan\* OR energ\*) AND (sugar\* OR cane\* OR bagas\*) AND (lign\* OR cellul\*) AND (hydroly\* OR enzym\*). O símbolo \* foi empregado como *wildcard* com o objetivo de recuperar variantes de radicais da palavra que o precede, como operador foi usado OR para recuperar documentos que apresentassem qualquer uma das palavras entre este operador e o AND que necessariamente associa em um mesmo documento todos os termos determinados. O intervalo de tempo dos documentos recuperados foi de 1974 até 2016.

O objetivo foi fazer uma varredura nos documentos de patentes encontrados e identificar através da Classificação Internacional de Patentes (CIPs) os que efetivamente estão relacionados com áreas de conhecimentos ligadas a produção de etanol de segunda geração (celulósico) a partir da cana-de-açúcar.

A triagem inicial dos dados consistiu na seleção dos documentos recuperados, agrupando-os nas respectivas classificações, nota-se que essa seleção por classe respeita a Classificação Internacional de Patentes (CIPs).

Assim, pode-se obter, entre outras informações: i) número de pa-  
informação, as metodologias mais relevantes ou estudadas que compõem a informetria são a bibliometria, cienciometria, e mais recentemente webometria e patentometria. A patentometria se refere a indicadores patentários com vistas a identificar atividades de inovação e tecnologias nos países, através das informações tecnológicas contidas nos documentos de patentes. Possibilita conhecer atividade tecnológica, refletir as tendências das mudanças técnicas ao longo do tempo e avaliar os resultados dos recursos investidos em atividades de P&D, determinando ainda o grau aproximado da inovação tecnológica de uma determinada região, área ou instituição. Além disso, entre outros estudos métricos de informação, a patentometria é a mais próxima em vincular a academia com empresas, indústrias e demais setores privados (GUZMÁN, 1999).

tentes separando-as por subdomínio tecnológico; ii) número de patentes por país de origem do titular; iii) número de outros depósitos das patentes separando-as pelo país do outro depósito; iv) número de patentes por titular.

### 3.3 Resultados e Discussão

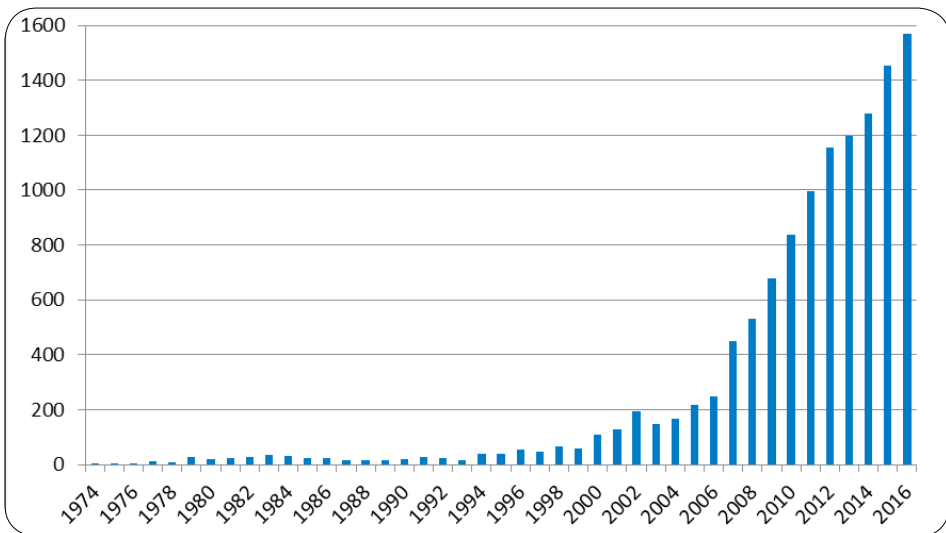
O estudo de patentometria levantou, a partir da sintaxe do termo de busca explicitado, 12.181 documentos de patentes e pedidos de patentes, dos quais 788 eram concessões vencidas; 2.635 foram concessões ativas; 3.110 eram aplicações ativas; e 5.648 foram aplicações vencidas. Este portfólio é composto principalmente por documentos relacionados às tecnologias ligadas a produtos químicos orgânicos industriais, drogas, alimentos e dispositivos de medição e controle.

A Figura 1 traz a distribuição dos resultados encontrados com os termos de busca por ano de depósito. Nota-se, de maneira geral, que apesar dos primeiros documentos de patentes terem sido depositados em meados de 1974, o volume desses depósitos tornaram-se mais expressivos a partir de 2008, ou seja, trata-se de uma tecnologia recente.

Os anos com maior concentração de depósitos para o termo de busca em questão estão entre 2006 e 2016, que corresponde ao período de expansão recente da produção sucroenergética canavieira no país e da busca de alternativas tecnológicas com o objetivo de ampliar a produtividade e suprir a crescente demanda por combustíveis alternativos aos fósseis. A pesquisa científica que trata da tecnologia de extração de etanol a partir da celulose da cana-de-açúcar (segunda geração) para fins de produção de combustível iniciou-se em meados da década de 1990. Assim, os documentos de patentes representados na FIGURA 1, tratam especificamente de etanol de cana-de-açúcar a partir da rota de hidrólise enzimática, que teve seu ápice durante os anos de 2006 a 2016.

No cenário financeiro internacional, os anos entre 2006 a 2016 trataram-se de um período de recuperação mundial pós-crise financeira internacional de 2008, com estímulos em diversos países ao investimento e ao consumo. No cenário energético, os apelos ambientais para a redução no consumo de combustíveis fósseis, conflitos militares no oriente médio e os embargos americanos ao petróleo do Irã colaboraram para um cenário de grande volatilidade nos preços internacionais do petróleo. Argumentos fundamentais para investimentos na busca de alternativas energéticas (etanol de segunda geração), ou melhorias tecnológicas na matriz produtiva vigente (etanol de primeira geração).

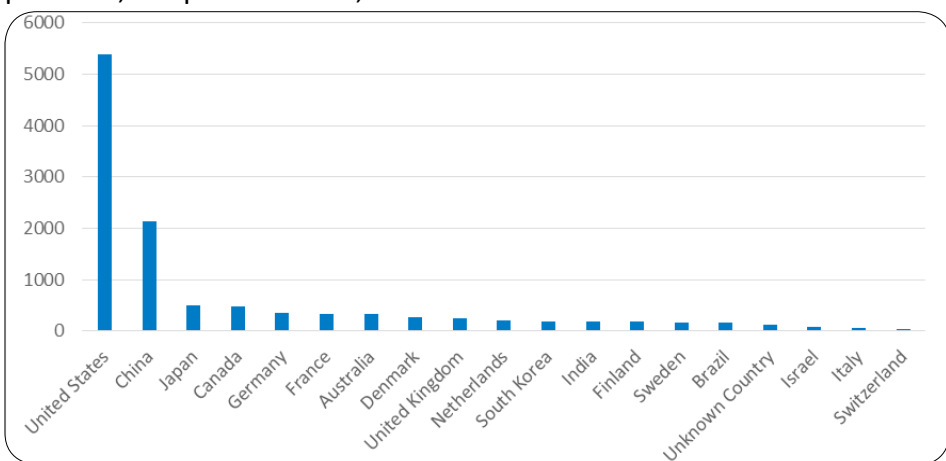




**Figura 1** - Distribuição dos resultados obtidos com os termos de busca por ano (1974-2016)

Fonte: Dados obtidos pelo autor a partir de pesquisa com termos de busca no *Patent Strategist*

A Figura 2 apresenta a distribuição dos documentos de patentes observados durante a pesquisa de acordo com seu país de origem. Observa-se que, aproximadamente 65% dos documentos foram depositados nos Estados Unidos (US) e na China (CN), com 5.385 e 2.131 documentos respectivamente. No Brasil (BR) foram depositados 162 documentos de patentes, o equivalente a 1,4% do total.



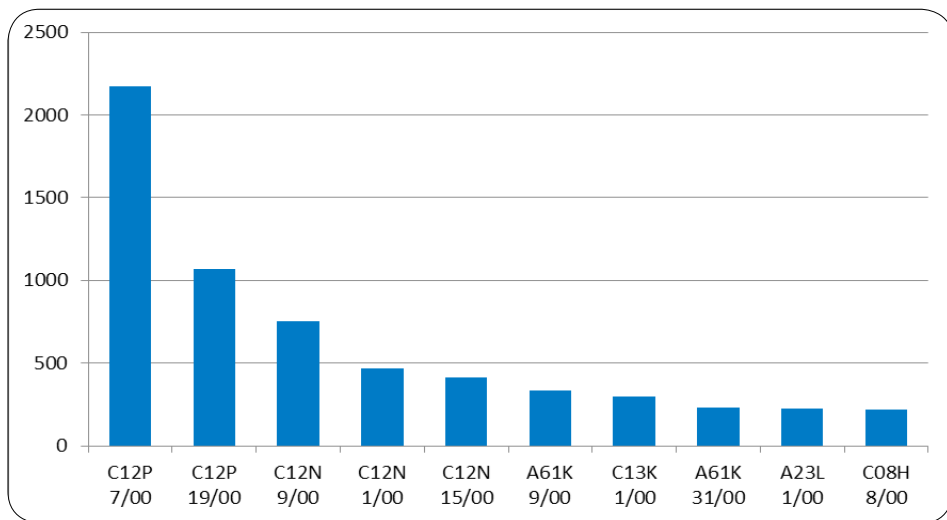
**Figura 2** - Distribuição dos resultados obtidos com o termo de busca para todo o processo por país em que a invenção foi depositada (1974-2016)

Fonte: Dados obtidos pelo autor a partir de pesquisa com termos de busca no *Patent Strategist*

Nota-se nesse caso que, apesar da hegemonia mundial na produção de etanol a partir da cana-de-açúcar do Brasil, o protagonismo tecnológico nessa área concentra-se em países centrais como os EUA, Europa e China. Segundo Biagi (2017), em parte esse fato pode ser explicado uma vez que a base científica para o desenvolvimento tecnológico do etanol de segunda geração a partir da cana-de-açúcar através da rota hidrolítica enzimática está ligada a uma rede de tecnologias relacionadas às áreas de química, química orgânica, materiais biológicos (enzimas), biologia molecular, engenharia genética, entre outros.

Tratam-se de áreas do conhecimento dominadas historicamente por firmas localizadas, criadas e desenvolvidas em países tecnologicamente industrializados. Diferentemente do que ocorre com o etanol de primeira geração, que apresenta um desenvolvimento científico amplamente difundido e consolidado historicamente no Brasil. Nesse caso, a base do conhecimento científico é de domínio público e está relacionado com as áreas de metalurgia pesada e química básica, ou seja, no desenvolvimento de equipamentos metal mecânicos para processamento físico, separação, fermentação, destilação da cana-de-açúcar e de seus subprodutos.

A Figura 3 refere-se às principais classes de pedidos de patentes selecionadas na etapa de busca segundo a Classificação Internacional de Patentes (CIPs). As principais classes enquadradas na pesquisa foram as associadas às seções A e C, necessidades humanas e química/metalurgia, respectivamente.



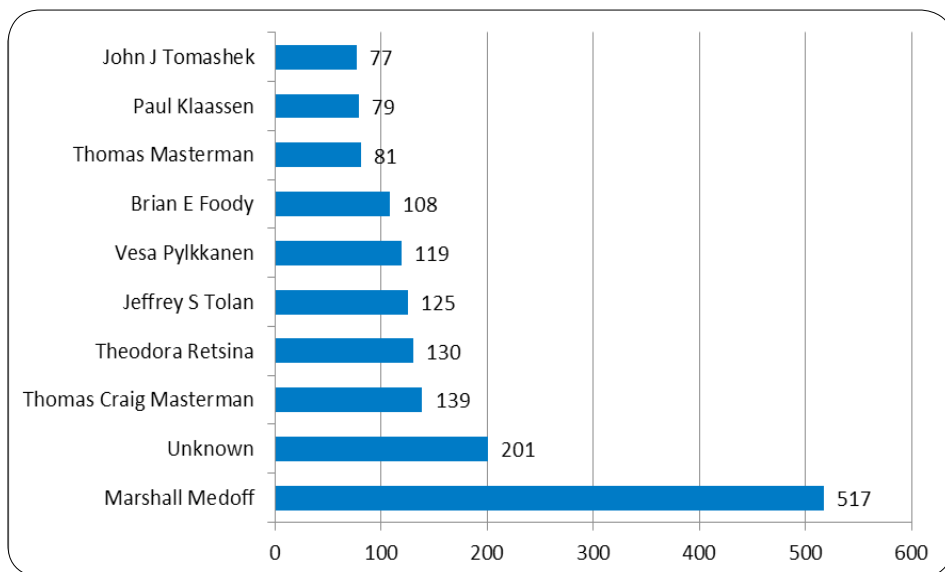
**Figura 3** - Distribuição dos documentos de patentes buscados em relação as principais classificações de patentes (CIP)

Fonte: Dados obtidos pelo autor a partir de pesquisa com termos de busca no *Patent Strategiest*

Na seção C, que apresentou mais de 67,1% dos documentos buscados, a classificação de maior frequência foi a C12 (com 57,7% dos documentos levantados) que trata de bioquímica, cerveja, álcool, vinho, vinagre, microbiologia, enzimologia, engenharia genética ou de mutação. Ainda dentro da classe C12, nota-se que a maioria dos documentos levantados estão subclassificados basicamente em 2 categorias: C12N (16% dos documentos buscados) microorganismos ou enzimas; suas composições; propagação, preservação ou manutenção de microorganismos ou tecido; engenharia genética ou de mutações; meios de cultura; C12P (39% dos documentos pesquisados) processos de fermentação ou processos que utilizem enzimas para sintetizar uma composição ou composto químico desejado ou para separar isômeros óticos de uma mistura racêmica.

Cabe ressaltar que a distribuição das nacionalidades dos depositantes não é capaz de identificar em quais países há maior desenvolvimento de pesquisas com etanol de segunda geração de cana-de-açúcar pela rota hidrolítica enzimática, pois muitas firmas que atuam neste mercado têm centros de pesquisa em diversos países.

A respeito dos principais inventores depositantes dos documentos de pedidos de patentes selecionados para este estudo (Figura 4), destacam-se: Marshall Medoff (inventor ligado ao grupo Xyleco Inc.) com um total de 517 documentos; 201 documentos apresentam titulares desconhecidos; e Thomas Craig Masterman (inventor ligado a Xyleco Inc.), terceiro no *ranking*, com 139 documentos, equivalente a 6,2% do total. A informação tecnológica presente em um documento de patente permite observar, com maior exatidão, os países com desenvolvimento tecnológico mais expressivo em um determinado setor, que é o “país de prioridade” desse documento, o qual representa o local onde foi efetuado o primeiro depósito de patente para a referida tecnologia no mundo.



**Figura 4** - Principais inventores depositantes dos documentos de patentes levantados na busca

Fonte: Dados obtidos pelo autor a partir de pesquisa com termos de busca no *Patent Strategist*

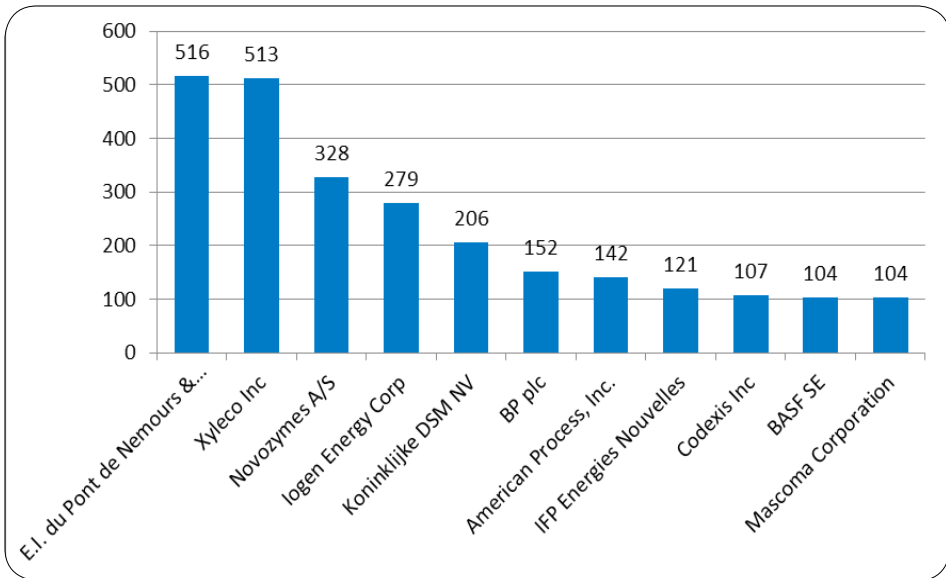
Quanto às firmas inscritas nos escritórios de proteção industrial como detentoras de pedidos de documentos de patentes e que foram levantados nessa pesquisa, destacam-se: E. I. du Pont de Nemours & Company com 516 documentos; Xyleco Inc. com 513; Novozymes A/S com 328 e Iogen Energy Corp com 279 documentos (Figura 5).

E. I. du Pont de Nemours and Company é o nome da *holding* do Grupo Du Pont, uma empresa de capital americano, segundo maior conglomerado químico do mundo em termos de volume de capital, com sede no estado do Delaware nos EUA. A firma tem uma divisão de Biosciências Industriais que desenvolve e fabrica um portfólio de enzimas inovadoras, peptídios, proteínase e materiais baseados em biocombustíveis.

Em relação a Xyleco Inc., empresa listada como proprietária de um número expressivo de documentos de patentes listados nesse trabalho, não foram encontradas informações.

Novozymes é uma multinacional de origem dinamarquesa da área de biotecnologia com sede em Bagsvaerd, que foi criada em 2000 após desmembramento do Grupo Novo Nordisk fundado em 1923. Atualmente é a firma líder mundial no desenvolvimento, fabricação e comercialização de enzimas para diversas aplicações. Apresenta uma participação de 48% no total do mercado de enzimas industriais, oferece bio inovação

para 130 países e possui plantas de pesquisa e produção na América do Norte, América do Sul, Europa e Ásia.

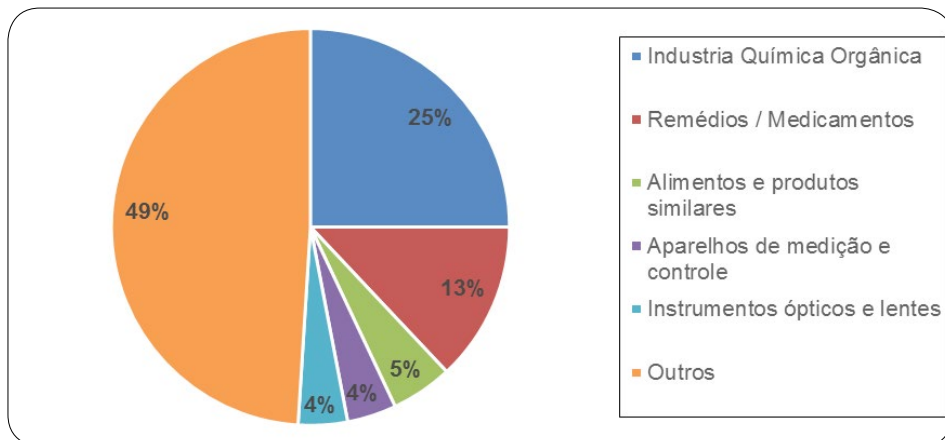


**Figura 5** - Principais empresas depositantes de pedidos de patentes levantados na pesquisa

Fonte: Dados obtidos pelo autor a partir de pesquisa com termos de busca no *Patent Strategist*

logen Energy Corp é uma firma canadense que foi fundada em 1975 com o objetivo de desenvolver tecnologias para biodegradação de materiais celulósicos para produção de biocombustíveis. Seus esforços tecnológicos concentram-se no desenvolvimento e produção de enzimas para as indústrias de celulose e papel; têxtil; de processamento de grãos; e alimentos para animais. A partir de um acordo de cooperação assinado em 2012, definiu-se um projeto de desenvolvimento tecnológico conjunto entre a logen e a Raízen para a produção de etanol celulósico (de segunda geração) no Brasil.

A Figura 6 mostra a evolução dos pedidos de depósito de documentos de patentes enquadrados conforme os diferentes setores produtivos. Observa-se a relevância da Indústria Química Orgânica, com 25% dos documentos citados na busca, seguido pela indústria Produtora de Remédios e Medicamentos com 13% do total de documentos pesquisados.



**Figura 6** - Extratificação dos documentos de patentes levantados na busca pelos principais setores industriais desenvolvedores de tecnologia  
 Fonte: Dados obtidos pelo autor a partir de pesquisa com termos de busca no *Patent Strategist*

### 3.4 Considerações Finais

A pesquisa desenvolvida nesse trabalho permitiu verificar, a partir da busca dos termos selecionados com o *software Patent Strategie*, a relevância da pesquisa envolvendo etanol de segunda geração de cana-de-açúcar via hidrólise enzimática nas principais bases de proteção industrial do mundo. Estudos deste tipo configuram uma importante ferramenta para o diagnóstico do estado da arte de determinadas tecnologias, para visualização dos principais detentores das técnicas e inovações vanguardistas e configuram um importante meio para ajudar na determinação de políticas de ciência e tecnologia em várias esferas de governo.

O levantamento dos documentos de patente estudados permitiu apontar, mesmo que de maneira incipiente, aspectos importantes sobre as iniciativas de pesquisa e desenvolvimento na área em questão. Que a tecnologia inerente à produção de etanol celulósico a partir de cana-de-açúcar é recente em todo o mundo, tendo seu desenvolvimento se tornado mais expressivo nos últimos 10 anos, em especial entre os anos de 2006 e 2016. Esta tecnologia permeia diversos campos científicos e tecnológicos, e neles interfere, tais como a química e bioquímica, em função da alta complexidade tecnológica envolvida.

Os documentos de patentes ligados ao processo produtivo para fabricação de etanol de primeira geração são voltados, dentro da classificação internacional de patentes (CIP), às áreas de conhecimento da metalurgia e da química. Por outro lado, os de segunda geração concen-

tram-se na bioquímica, química orgânica e fabricação de medicamentos, com uma atenção especial ao desenvolvimento de microrganismos enzimáticos. As especificidades técnicas do processo enzimático (segunda geração) para produção de etanol de cana-de-açúcar, quando comparado com o processo tradicional (primeira geração) pode indicar uma mudança na rota tecnológica da produção desse combustível, porém para que isso possa ser efetivamente comprovado, mais estudos devem ser realizados na área de prospecção tecnológica.

Apesar do processo de P&D de etanol de segunda geração tratar-se de uma trajetória tecnológica emergente, é possível observar a presença de grandes empresas de biotecnologia atuando como *players* importantes no mercado, isso pode ser constatado na análise prospecção de documentos de patentes realizada. Dentre essas firmas, destacaram as de capital originado no Norte da Europa e nos EUA.

De maneira geral, as firmas do Norte da Europa que se destacaram na busca de documentos de patentes como importantes desenvolvedoras de tecnologia para a produção de etanol de segunda geração a partir da cana-de-açúcar, podem ser caracterizadas como centros de pesquisa ligados a mais de um conglomerado produtivo. Essas firmas iniciaram originalmente seus estudos e conquistaram conhecimento científico de ponta para a produção de etanol a partir de biomassa resultante da indústria madeireira, e migraram mais recentemente suas pesquisas para biomassa de gramíneas e cana-de-açúcar. Suas pesquisas, na atualidade, focam substancialmente área de bioquímica e genética, concentrando recursos no desenvolvimento e na capacidade de reprodução de diferentes cepas de enzimas capazes de realizar hidrólise (digerirem celulose) de origem e com características estruturais diferenciadas, em ambientes com condições adversas.

As firmas dos EUA identificadas na pesquisa como desenvolvedoras de tecnologias na área em questão podem ser classificadas em dois grandes grupos: i) indústria de petróleo, gás e energia; ii) e os conglomerados industriais multi-setoriais. O segundo grupo, tratam-se de firmas que originalmente atuavam exclusivamente na produção, transporte e comercialização de *commodities*, basicamente grãos, depois se tornaram grande processadores de alimentos e proteínas, e na sequência, desenvolvedores de tecnologia, principalmente insumos de alto valor agregado, para a indústria de alimentos, cosméticos, química, etc. Dentre esses insumos, destacam-se produtos desenvolvidos nas na área de compostos funcionais para a indústria de alimentos; concentradores proteicos e aditivos para a produção de ração animal; e enzimas para as mais diversificadas aplicações, inclusive hidrólise de biomassa de milho e cana-de-açúcar para produção de etanol combustível.

## Referências

- BASTOS, V. D. Biorrefinarias, biocombustíveis e química renovável: revolução tecnológica e financiamento. **Revista do BNDES**, n. 38, p. 85-138. BNDES, Rio de Janeiro, dez. 2012.
- BIAGI, D. E. **Inovações e tendências tecnológicas na produção de etanol de segunda geração a partir da cana-de-açúcar pela rota hidrolítica enzimática: um estudo de prospecção tecnológica**. São Paulo: CPS, 2017.
- CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. **PIB Cadeias do Agronegócio - Dezembro de 2016**. Piracicaba: Esalq/USP, 2016.
- GUZMAN S. M.V. **Patentometria: herramienta para el análisis de oportunidades tecnológicas**. 130f. Tesis (Doutorado em Gerência de Información Tecnológica) - Facultad de Economía, Universidad de La Habana, Cuba, 1999.
- HAMELINCK, C. N.; HOOIJDONK, G. V.; FAALJ, A. P. C. Ethanol from lignocellulosic biomass: techno-economic performance in short-, middle- and long-term. **Biomass and Bioenergy**, n. 28 p. 384-410, 2011.
- INPI - INSTITUTO NACIONAL DE PROPRIEDADE INDUSTRIAL. (2009). **O que é patente?** Disponível em: <[http://www.inpi.gov.br/menuesquerdo/patente/pasta\\_oquee](http://www.inpi.gov.br/menuesquerdo/patente/pasta_oquee)>. Acesso em: 04 maio. 2013.
- KAYLEN, M. VAN DYNE, D.L., CHOI, M., BLASÉ, M. Economic feasibility of producing ethanol from lignocellulosic feedstocks. **Bioresource Technology** 14: 19-32, 2000.
- KUPFER, D.; TIGRE, P.B. Modelo SENAI de Prospecção: Documento Metodológico. Capítulo 2: Prospecção Tecnológica. In: **Organizacion Internacional Del Trabajo CINTERFOR** Papeles de La Oficina Técnica no. 14, Montevideo, 2004.
- MACIAS-CHAPULA, C. A. O papel da informetria e da cienciometria e sua perspectiva nacional e internacional. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 134-140, maio/ago. 1998.
- NOGUEIRA, L. A. H. Bioetanol de cana-de-açúcar. **Energia para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: BNDES e CGEE (orgs.), 2008.
- NYKO, D. *et al.* A corrida tecnológica pelos biocombustíveis de segunda geração: uma perspectiva comparada. **BNDES Setorial**, n. 32, p. 5-48. BNDES, Rio de Janeiro, set. 2010.
- OGEDA, T. L.; PETRI, D. F. S. Hidrólise enzimática de biomassa. **Química Nova**, Vol. 33, No. 7, 1549-1558, 2010.
- PIACENTE, F. J. **Agroindústria canavieira e o sistema de gestão ambiental; O caso das usinas localizadas nas bacias hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí**. Campinas: IE/Unicamp. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Econômico Espaço e Meio Ambiente da Universidade Estadual de Campinas, 2005.



PIACENTE, F.J.; SILVA, V.C. Setor sucroenergético brasileiro: um estudo de prospecção tecnológica e inovação entre 1975 e 1985. **Revista Espacios (Caracas)**, vol. 36, n. 23, p. 12, 2015.

PIACENTE, F.J.; SILVA, V.C.; BIAGGI, D.E. Produção de etanol de segunda geração a partir da cana-de-açúcar: um estudo de prospecção de patentes. **Revista Espacios (Caracas)**, vol. 36, n. 23, p. 16, 2015.

RAMOS, P. **Agroindústria canavieira e propriedade fundiária no Brasil**. São Paulo: Hucitec, 1999.

SANTANA, M. A. E.; TEIXEIRA, D. E. Uso do bagaço de cana-de-açúcar na confecção de chapas de aglomerados. In: **CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7.**; CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1993, Curitiba. Anais...São Paulo: SBS/SBEF, 1993. p. 667-672.

SILVA ORTIZ, P. A. **Hierarquização exergética e ambiental de rotas de produção de bioetanol**. Tese de Doutorado - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo: USP, 2016.

SILVEIRA, N. **A propriedade Intelectual e as novas leis autorais**. São Paulo: Saraiva, 1998.

“O conteúdo expresso neste capítulo é de inteira responsabilidade dos autores”

Os autores autorizam a publicação e distribuição gratuita deste e-book por meio da editora ou canais de distribuição por ela indicados.



## **Capítulo 4**

# ***Estudo prospectivo do patenteamento em nanotecnologia no Brasil: uma análise da cadeia de valor***

***Daniel Giacometti Amaral***

*NanoBusiness Informação e Inovação Ltda.  
daniel.giacometti@nanobusiness.com.br*

***Adelaide Maria de Souza Antunes***

*Instituto Nacional da Propriedade Industrial. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química  
aantunes@inpi.gov.br*

***Maria Simone de Menezes Alencar***

*Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Programa de Pós-graduação em Biblioteconomia  
simone.alencar@unirio.br*

A nanotecnologia tem recebido especial atenção 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.

Estimativas indicam que 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

---

**8** Os resultados descritos neste capítulo são fruto da dissertação de mestrado do primeiro autor orientado pelas demais autoras e defendido em 2013 no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI).

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.

Frente as potenciais oportunidades advindas do avanço da nanotecnologia, o governo brasileiro buscou desenvolver desde o início dos anos 2000 diversas iniciativas voltadas para promover o desenvolvimento científico, tecnológico e a inovação na área de nanotecnologia no país. Tais iniciativas foram incorporadas não apenas no âmbito das políticas de C,T&I, mas também receberam importante relevância nas políticas industriais com vistas a impulsionar o desenvolvimento competitivo do Brasil.

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.

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, o desenvolvimento de competências internas na área poderia 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).

O lançamento da Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia em 2013 retratou a percepção do MCTI no que se refere a importância do tema para o Brasil no longo prazo. No entanto, a estruturação de políticas públicas efetivas para promover esse campo tecnológico emergente mostra-se complexa, sendo necessárias amplas discussões e estudos específicos que possam contribuir com a elaboração de estratégias voltadas para o contexto e particularidades do país.

Tendo em vista a crescente importância desse campo tecnológico, este capítulo visa 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 pesquisa envolve o desenvolvimento de um estudo prospectivo da nanotecnologia no Brasil tendo como objetivo identificar o posicionamento dos depósitos de patente realizados no país, a partir de uma estrutura de análise de cadeia de valor da nanotecnologia. A proposta de 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.

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 em nanotecnologia depositados no Brasil no período de 2004 a 2013.

## 4.1 Apresentação do Caso

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 Estratégicos<sup>9</sup> (CGEE) e da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial<sup>10</sup> (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 nanotecnologia no país, fornecendo subsídios importantes para seu avanço.

Esforços direcionados a análise do patenteamento em nanotecnologia podem elucidar importantes aspectos do contexto brasileiro, contribuindo para o melhor entendimento de suas características e parti-

<sup>9</sup> O CGEE é uma associação privada sem fins lucrativos, fundada em setembro de 2001 e ligada ao MCTI.

<sup>10</sup> 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, estando ligada ao Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC).

cularidades. 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, o presente capítulo 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: nanoinsumos, 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 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, este trabalho parte da proposta de cadeia de valor da nanotecnologia para analisar os depósitos de patente no Brasil para avaliar a distribuição dos depósitos de patente entre os diferentes elos da cadeia produtiva de valor da nanotecnologia.

#### **4.1.1 A Nanotecnologia no Brasil: Perspectivas para Discussão**

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 par-

tir 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 ao 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.

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), 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 acesso à comunidade científica do país.

De modo geral, o lançamento da IBN representou 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 nos últimos anos 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 nano-

tecnologia no Brasil.

Ainda que as ações retratadas acima tenham sido relevantes para o 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.

## **4.2 Descrição da Aplicação das Ferramentas de Prospecção Tecnológica**

Dada a clara necessidade de se avaliar o avanço da nanotecnologia frente as iniciativas de diversos países 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 tem como foco a análise dos depósitos de patente no Brasil, não englobando em seu escopo a análise das publicações científicas.

As patentes são um elemento fundamental para exploração dos resultados oriundos das atividades de pesquisa e, conseqüentemente, 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.

### 4.3 Busca e Recuperação de Informação de Patentes 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 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.

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 espe-

cial, 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<sup>11</sup>.

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.

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). 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.

Tendo em vista o acima exposto, este estudo baseia-se na análise de indicadores bibliométricos visando contribuir para um melhor entendimento das características e especificidades do desenvolvimento da na-

<sup>11</sup> Mais informações disponíveis em <http://www.epo.org/news-issues/issues/classification/nanotechnology>.

notecnologia no Brasil. Além do levantamento dos depósitos de patente realizados no país, os documentos identificados são 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 a seguir.

## 4.4 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.

### 4.4.1 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*.

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 desen-

volvida 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. 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<sup>12</sup> que enquadram a área: A61K 9/51, H01F 41/30 e G01Q 70/12.

#### **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. O quadro a seguir apresenta os códigos identificados e utilizados na estratégia de busca desta pesquisa.

---

<sup>12</sup> A descrição detalhada das classificações da CIP pode ser encontrada na página da *World Intellectual Property Organization* (<http://www.wipo.int/classifications/ipc/en/>).



Quadro 2 - Lista dos códigos manuais da *Derwent* utilizados na estratégia de busca<sup>13</sup>

A08-M09A1	E27-B03A	S03-H02B	V06-M06G9
A08-M09C1	E31-U*	U11-A14	V06-N22A
A12-W14	E31-V	U11-C13	V06-N40H1
B05-U*	J04-F02*	U12-B03F2*	V06-V01K2
B11-C12	L02-A14	U21-B01T	X12-D01D
B12-M10A7	L02-H04B	U21-C01T	X12-D02C2D
B12-M11Q	L03-A01A6	V02-A10*	X12-D07E2A
C05-U*	L03-A01C4	V02-B04	X12-E01D
C11-C12	L03-A02G	V02-H02G	X12-E02D
C12-M10A7	L03-A03N	V03-C10A	X12-E03D
C12-M11Q	L03-B02N	V03-D10A	X16-C15C3A
E05-U*	L04-A05	V04-X01B1	X16-E01H1
E24-U	M26-C02	V05-B05A5C	X16-E06A1A
E27-B01A	M27-D03	V05-E01C7A	X16-J01E
E27-B02A	N06-C09	V06-M06G8A	

O Quadro 3 apresenta a esquematização da estratégia modular empregada nesta pesquisa. 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\*.

<sup>13</sup> A descrição detalhada dos códigos manuais da *Derwent* pode ser encontrada na página da *Clarivate Analytics* (<http://ips.clarivate.com/mcl/>).

### Quadro 3 - 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 ( <b>TERMOS DE CONTINGÊNCIA 1</b> ))
#4	TS=((“molecul* motor*” OR “molecul* ruler*” OR “molecul* wir*” OR “molecul* devic*” OR “molecul* engineering” OR “molecul* 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 ( <b>TERMOS DE CONTINGÊNCIA 2</b> ) NOT nano*)
#6	TS=(((NEMS OR Quasicrystal* OR “quasi-crystal*” OR “quantum size effect” OR “quantum device”) AND ( <b>TERMOS DE CONTINGÊNCIA 1</b> )) 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 “molecul* simul*” OR “molecul* machin*” OR “molecul* imprinting” OR “quantum effect*” OR “surface energy” OR “molecul* sieve*” OR “mesoporous material*” OR “mesoporous silica” OR “porous silicon” OR “zeta potential” OR “epitax*”) AND ( <b>TERMOS DE CONTINGÊNCIA 2</b> )) NOT nano*)
#8	IP=(B82* OR A61K 9/51 OR H01F 41/30 OR G01Q 70/12)
#9	MAN=( <b>CÓDIGOS MANUAIS DERWENT</b> <sup>1</sup> )
#10	#9 OR #8 OR #7 OR #6 OR #5 OR #4 OR #3 OR #2 OR #1
#11	#10 AND PN=BR*
<b>Termos de contingência</b>	
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)

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  $\text{NaNO}_3$  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<sup>14</sup>.

#### **4.4.2 Segunda Etapa: Tratamento dos Dados**

Após busca e recuperação, a **segunda etapa** envolve a importação dos registros bibliográficos para o software *VantagePoint* versão 9.0<sup>15</sup>. Esta ferramenta auxilia no processo de mineração de textos (*text mining*) e manipulação de dados em registros bibliométricos, tornando o processo de limpeza e processamento das informações mais preciso e robusto.

A utilização do *VantagePoint* 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.

#### **4.4.3 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. Para classificação, o método adotado envolve procedimentos de mineração de dados para automatização, bem como a leitura dos campos de título e resumo dos documentos recuperados. A combinação das estratégias traz maior acurácia para o processo proposto, além de fornecer as bases para o desenvolvimento de um método totalmente automatizado no futuro.

**14** A lista completa dos termos de exclusão utilizados no processo pode ser encontrada em Arora et al. (2012).

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

Ao abordar o tema, Alencar et al. (2007) propuseram uma estratégia baseada na interseção entre subclasses 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, esta pesquisa envolveu ainda uma etapa adicional de refinamento com a leitura dos campos de título e resumo de cada documento visando sua classificação manual. Desse modo, além de contribuir para a análise dos documentos recuperados nesta pesquisa, a abordagem permitirá ainda 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 baseia-se em quatro categorias, sendo estas:

- a) **Nanoinsumos:** estruturas na escala nanométrica em sua forma não processada (nanopartículas de metal e cerâmica, nanotubos de carbono, fulerenos, pontos quânticos, dendrímeros, nanofios, entre outros)
- b) **Nanointermediários:** produtos intermediários com características associadas à escala nanométrica (revestimentos, compósitos, células solares, sensores, *drug delivery*, terapêutica, entre outros)
- c) **Nanoprodutos:** produtos finais com nanotecnologia incorporada (produtos farmacêuticos, protetores solares, baterias, vestuário, eletrônicos, entre outros)
- d) **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.

#### **4.4.4 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.

### **4.5 Aplicação da Metodologia Proposta**

#### **4.5.1 Busca e Recuperação dos Documentos de Patente**

Como ressaltado anteriormente, a expressão de busca utilizada neste estudo 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 anteriormente para recuperação das patentes depositadas entre 2004 e 2013, resultando em um conjunto inicial de 2780 registros brutos de documentos de patente depositados no Brasil.

Tendo sido finalizada essa etapa, foi realizada então a coleta dos documentos 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.

#### **4.5.2 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 sugeridos por Arora et al. (2012), 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.

#### **4.5.3 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: nanoinsumos, 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 1 apresenta alguns termos característicos de cada elo da cadeia de valor.

Tabela 1 - 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
Nanoprodutos	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)

## 4.6 Principais Resultados Alcançados

Esta seção apresenta os resultados iniciais e os indicadores tecnológicos do patenteamento em nanotecnologia no Brasil no período de 2004 a 2013 a partir da análise dos 2184 depósitos de patente identificados.

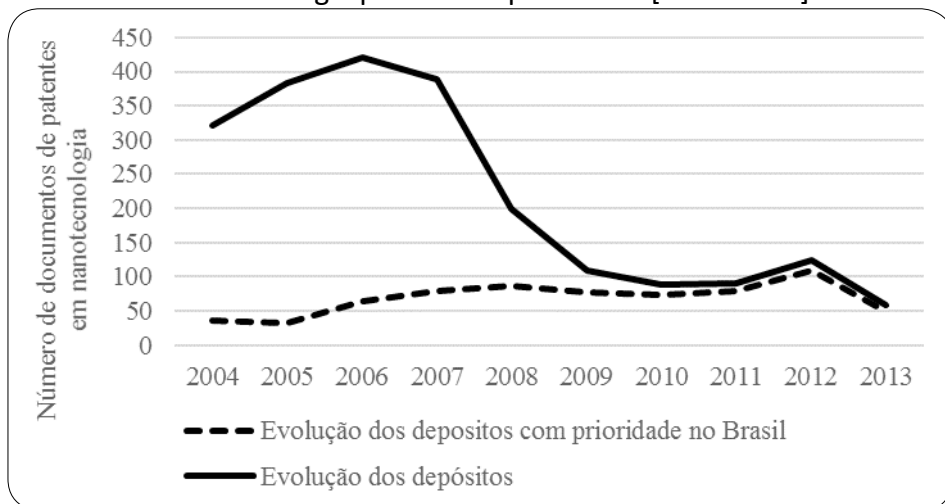
### 4.6.1 Evolução temporal do patenteamento em nanotecnologia no Brasil

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 número 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.

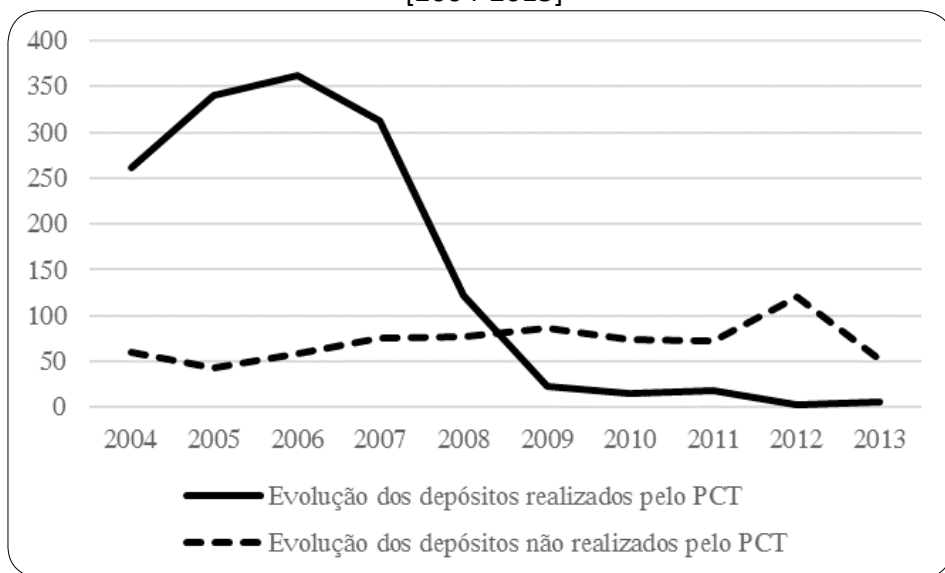
Uma avaliação mais detalhada do conjunto de documentos indi-



cou 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.

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 depósitos 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]

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.

O pedido de patente PI 0814841, por exemplo, 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.

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.

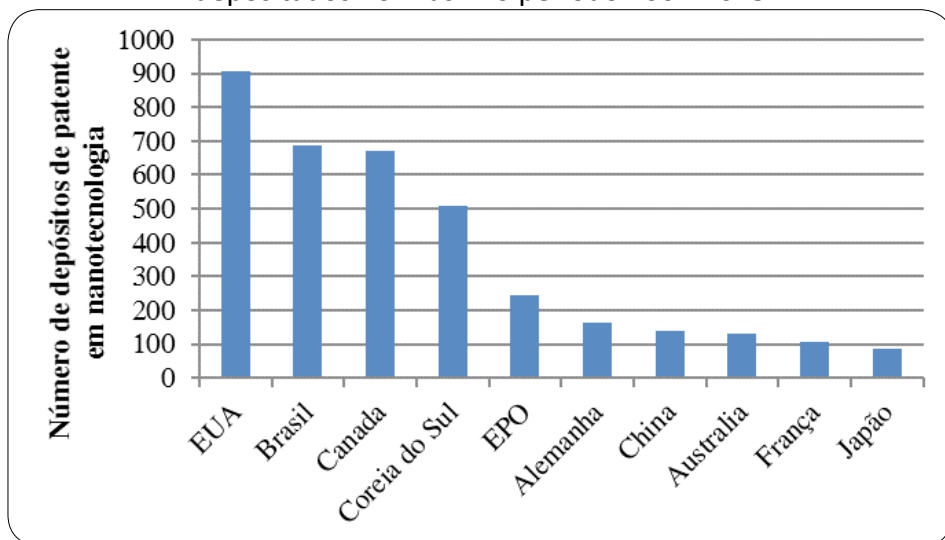
#### ***4.6.2 Análise geográfica e principais depositantes de patentes em nanotecnologia no Brasil***

Nesta subseção são apresentados os indicadores referentes aos de-

positantes 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 Coreia 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

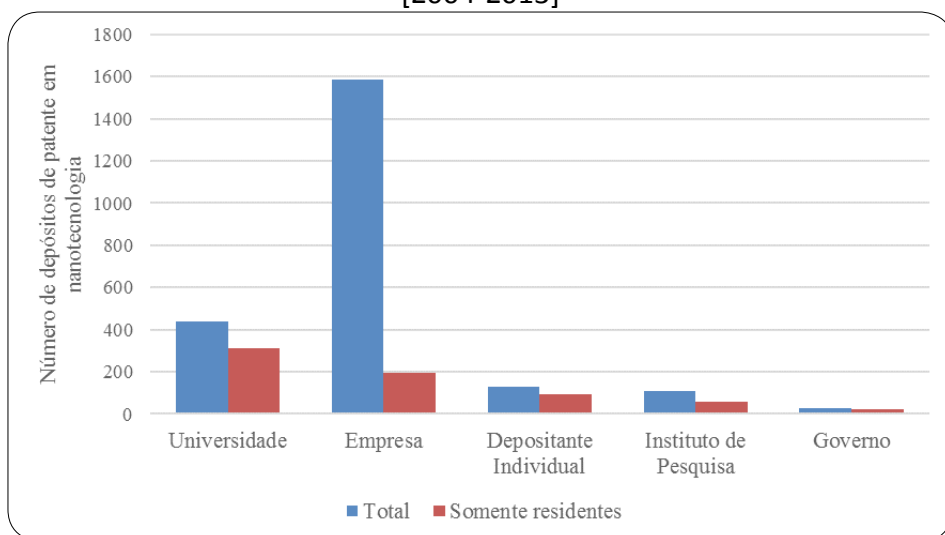


Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na base Derwent Innovation Index [2004-2013]

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 res-

ponsáveis 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 2 apresenta os requerentes 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 2 - Requerentes com mais de 10 patentes em nanotecnologia no Brasil [2004-2013]

Requerente	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 AS	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 AS	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.

#### 4.6.3 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 3.

Tabela 3 - 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 4 apresenta a relação das subclasses mais frequentes no conjunto estudado.

Tabela 4 - 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. Catálise, 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.

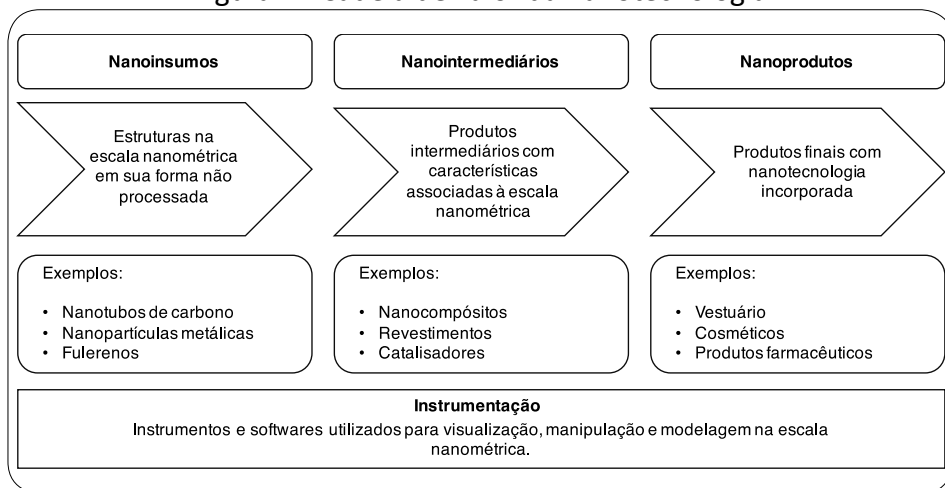
Outro elemento que pode ser observado na Tabela 4 é a pouca ocorrência das classificações da CIP relacionadas à nanotecnologia, sendo estas a B82B e a B82Y. Como discutido anteriormente, a harmonização da classificação de patentes em nanotecnologia na CIP é relativamente recente, o que explicaria o fato observado acima frente a totalidade dos depósitos.



#### 4.6.4 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: nanoingredientes, nanointermediários, nanoproductos e instrumentação.

Figura 1 - Cadeia de valor da nanotecnologia



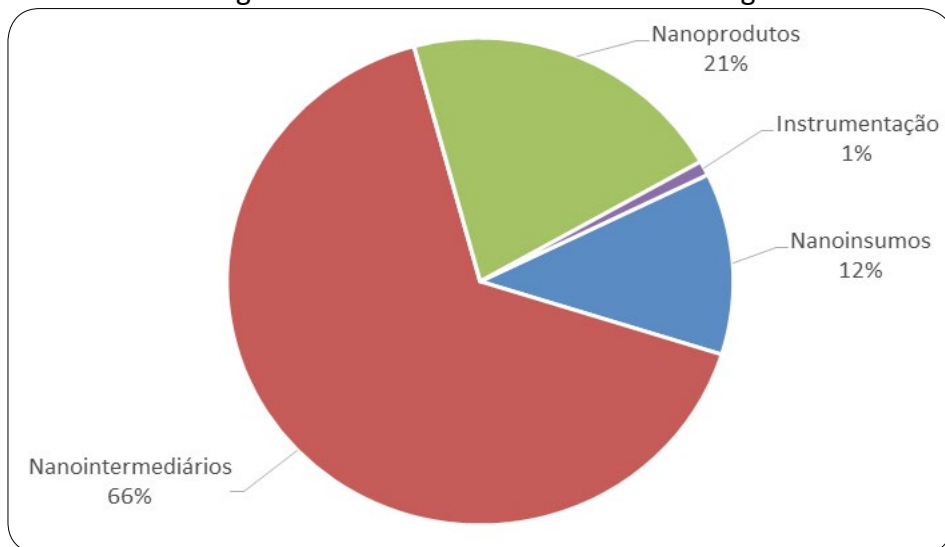
Fonte: Elaboração própria adaptada de Lux Research

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: nanoingredientes, nanointermediários, nanoproductos 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 nanoproductos (21%), nanoinsumos (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]

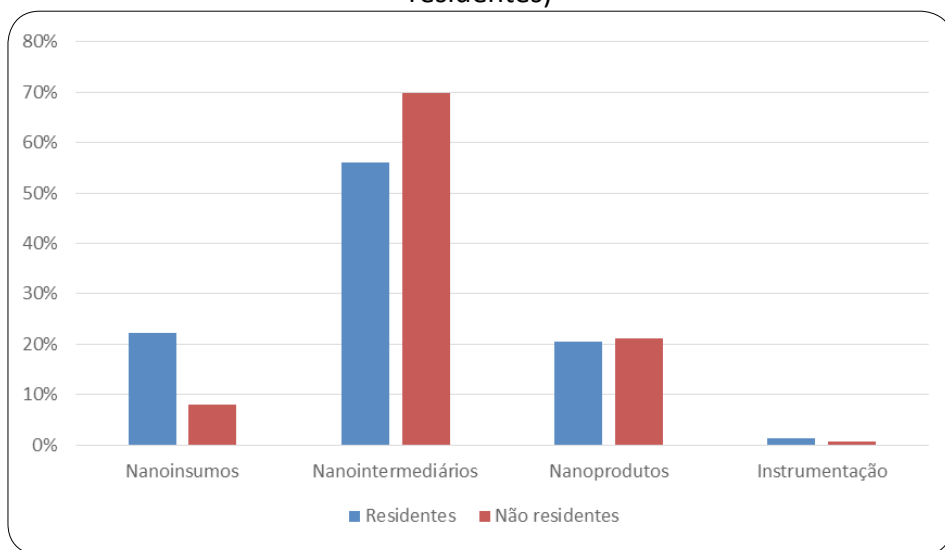
O expressivo número de patentes classificadas no estágio dos nanointermediários corrobora o fato de que o mercado para comercialização de nanoproductos ainda é incipiente a nível mundial, embora possua um maior valor. Além disso, deve-se ressaltar o caráter transversal da nanotecnologia, de modo que 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 nanoproductos possuam um mercado potencial de maior valor, as margens operacionais dos nanointermediários tendem a ser muito superiores oferecendo um maior potencial de retorno para empresas da área.

#### **4.6.5 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 nanoínsumos representam 22% do conjunto total. A participação é bem superior aquela observada no caso dos não residentes para os quais os nanoínsumos 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 nanoínsumos (22%) e os nanoprodutos (20%) possuem participações semelhantes no conjunto referente a este grupo.

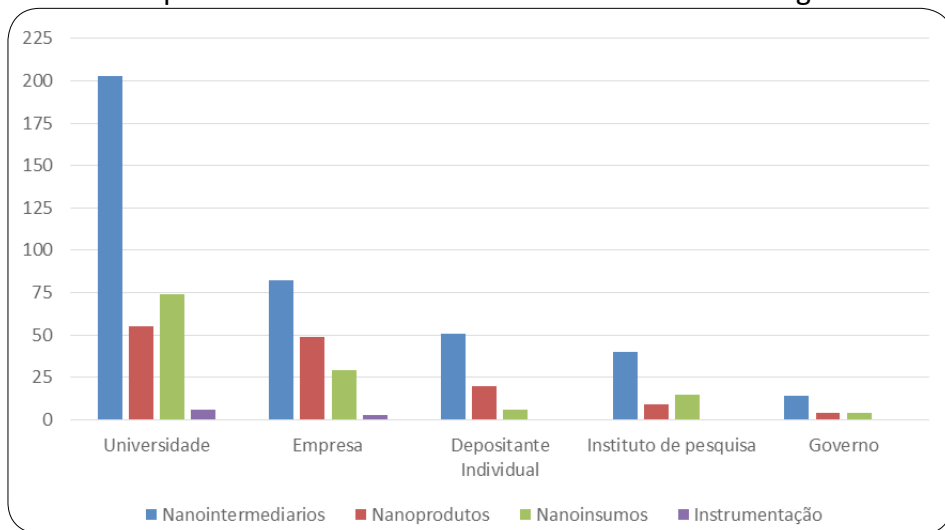
Ao considerarmos os valores absolutos de documentos de patente, aproximadamente 68% de todos os depósitos identificados no Brasil são atribuídos a não residentes nos elos de nanointermediários e nanoprodutos. De modo geral, este indicador demonstra que o país apresenta uma relativa fragilidade frente ao domínio tecnológico exógeno em na-

notecnologia. 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.

#### 4.6.6 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 nanoinsumos e nanoprodutos 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 nanoprodutos, observa-se uma participação expressiva de documentos relacionados a área da saúde. Dentre as 55 patentes de nanoprodutos identificadas para esse grupo de requerentes, mais de 70% estão indexadas sob a classificação A61K (preparações para finalidades médicas, odontológi-

cas 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 nanoinsumos, 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 5 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 5 - Empresas brasileiras requerentes de patentes em nanoproductos

Requerentes	Nº de patentes
BIOLAB SANUS FARM LTDA	4
ACHE LAB FARM AS	3
BOTICA COMERCIAL FARM	3
CLINICA ANDROLOGIA&UROLOGIA VERA CRUZ	2
NANOVETORES AS	2
OXITENO IND & COMERCIO SA	2
SONOLIN CONFECCAO LTDA EPP	2
ST FLORIAN NANOBIO TECHNOLOGY 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 AS	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 NANOTECHNOLOGIA LTDA-EPP	1
NATURA COSMETICOS SA	1
NOXON DO BRASIL QUIMICA E FARM LTDA	1
SANTISTA TEXTIL BRASIL SA	1
ST FLORIAN NANOBIO TECHNOLOGY	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 nanoproductos 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 nanocápsulas de uso mais amplo, até composições para tratamento da pele e cabelos.

Tabela 6 - 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 -> <b>Micro-cápsulas -&gt; Nanocápsulas</b>	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 -> <b>Ésteres de ácidos carboxílicos</b>	6
A61P 17/00	Atividade terapêutica específica de compostos químicos ou preparações medicinais -> <b>Fármacos para o tratamento de problemas dermatológicos</b>	6
A61P 31/00	Atividade terapêutica específica de compostos químicos ou preparações medicinais -> <b>Antiinfecciosos, i.e. antibióticos, antissépticos, quimioterapêuticos</b>	6
A61P 35/00	Atividade terapêutica específica de compostos químicos ou preparações medicinais -> <b>Agentes antineoplásicos</b>	6
A61Q 19/00	Uso específico de cosméticos ou preparações similares para higiene pessoal -> <b>Preparações para tratamento da pele</b>	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 -> <b>Emulsão</b>	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 -> <b>de origem vegetal, p. ex. extratos de plantas</b>	5
A61P 29/00	Atividade terapêutica específica de compostos químicos ou preparações medicinais -> <b>Agentes analgésicos não-centrais, anti-piréticos ou anti-inflamatórios, p. ex. agentes antireumáticos; Fármacos antiinflamatórias não-esteroidais (NSAIDs)</b>	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) -> <b>Magnoliopsida (dicotiledóneas)</b>	4

A61K 8/11	Preparações para finalidades médicas, odontológicas ou higiênicas -> Cosméticos ou preparações similares para higiene pessoal -> caracterizado pela forma física especial -> <b>Composições encapsuladas</b>	4
A61K 8/92	Preparações para finalidades médicas, odontológicas ou higiênicas -> Cosméticos ou preparações similares para higiene pessoal -> caracterizado pela composição -> <b>Óleos, gorduras ou graxas; seus derivados, p. ex. produtos hidrogenados</b>	4
A61K 9/00	Preparações para finalidades médicas, odontológicas ou higiênicas -> <b>Preparações medicinais caracterizadas por formas físicas especiais</b>	4
A61K 9/127	Preparações para finalidades médicas, odontológicas ou higiênicas -> Preparações medicinais caracterizadas por formas físicas especiais -> Dispersões; Emulsões -> <b>Lipossomas</b>	4
A61K 9/14	Preparações para finalidades médicas, odontológicas ou higiênicas -> Preparações medicinais caracterizadas por formas físicas especiais -> <b>Em forma de partículas, p. ex. pós</b>	4
A61K 9/48	Preparações para finalidades médicas, odontológicas ou higiênicas -> Preparações medicinais caracterizadas por formas físicas especiais -> <b>Preparações em cápsulas, p. ex. de gelatina, de chocolate</b>	4
A61Q 19/08	Uso específico de cosméticos ou preparações similares para higiene pessoal -> Preparações para tratamento da pele -> <b>preparações antienvelhecimento</b>	4
A61Q 5/00	Uso específico de cosméticos ou preparações similares para higiene pessoal -> <b>Preparações para tratamento dos cabelos</b>	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 nanoescala, restando agora desenvolver métodos que permitam a manipulação de nanoestruturas para realizar funções semelhan-



tes, 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 nanoprodutos 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.

## **4.7 Considerações Finais**

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: nanoinsumos, nanointermediários, nanoprodutos e instrumentação.

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 pôde 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%), nanoinsumos (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 nanoinsumos representam 22% do conjunto total. A participação é bem superior aquela observada no caso dos não residentes para os quais os nanoinsumos 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 nanoinsumos (22%) e os nanoprodutos (20%) possuem participações semelhantes no conjunto referente a este grupo.

O bom desempenho das universidades brasileiras nos elos de nanoinsumos, 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.

## Referências

- 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>.
- ALENCAR, M. S. M.; ANTUNES, A. M. S.; PORTER, A. Nanopatenting patterns in relation to product life cycle. **Technological Forecasting & Social Change**, v. 74, p. 1661-1680. 2007.
- ARORA, S.; PORTER, A.; YOUTIE, J.; SHAPIRA, P. 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.
- BCC RESEARCH. Nanotechnology: A Realistic Market Assessment. Disponível em: <http://www.bccresearch.com/market-research/nanotechnology/nanotechnology-market-assessment-report-nan031f.html>.
- CLUNAN, A.; RODINE-HARDY, K.. Nanotechnology in a Globalized World: Strategic Assessments of an Emerging Technology. **Center on Contemporary Conflict**. 2014. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10945/43101>.
- HUANG, C.; NOTTEN, A.; RASTERS, N.. 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.
- KAY, L.; SHAPIRA, P.. Developing nanotechnology in Latin America. **Journal of Nanoparticle Research**, v. 11, p. 259-278, 2009.
- ORGANIZAÇÃO PARA COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO - OCDE, Nanotechnology: An overview based on indicators and statistics, Paris: **Organisation for Economic Co-operation and Development**. 2009.
- PLENTZ, F.; FAZZIO, A.. Considerações sobre o Programa Brasileiro de Nanotecnologia. **Ciência e Cultura**, v. 65, n. 3, 2013.
- PORTER, A. et al. Refining search terms for nanotechnology. **Journal of Nanoparticle Research**, v. 10, n. 5, p.715-728, 2008.
- SANT'ANNA, et al. Nanomaterials patenting in Brazil: some considerations for the national regulatory framework. **Scientometrics**, v. 100, n. 3, p. 675-686, 2014.
- WANG, G.; GUAN, J. Value chain of nanotechnology: a comparative study of some major players. **Journal of Nanoparticle Research**, v. 14, n. 2, p. 1-14, 2012.

“O conteúdo expresso neste capítulo é de inteira responsabilidade dos autores”

Os autores autorizam a publicação e distribuição gratuita deste e-book por meio da editora ou canais de distribuição por ela indicados.

## **Capítulo 5**

# **Aplicação de Mapas Tecnológicos no setor de Autopeças**

**Luiz Antonio Bloem da Silveira Junior**

*Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da USP*  
*luizbloem@usp.br*

**Eduardo Pinheiro Gondim de Vasconcellos**

*Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da USP*  
*epgdvasc@gmail.com*

A dinâmica do mundo moderno em que a competitividade é a palavra de ordem tem forçado as organizações a se estruturarem no sentido de elaborar Planos Estratégicos de Tecnologia que contemplem a criação de projetos de pesquisa e inovação voltados para curto, médio e longo prazos. Nesse contexto, cabe ao Gestor de Tecnologia administrar e alocar os recursos financeiros limitados da organização em iniciativas que proporcionem oportunidades de introduzir no mercado inovações que agreguem valor seja em termos financeiros, seja para a sustentabilidade e imagem da empresa. No passado, os Planos Estratégicos de Tecnologia baseados na experiência e na intuição dos Gestores de Tecnologia e da Alta Administração das empresas produziram bons resultados, porém em mercados dinâmicos e interconectados globalmente não há margem para erros, sob pena de comprometer a continuidade do negócio.

Faz-se necessário utilizar metodologias que permitam ao Gestor de Tecnologia mapear tendências para melhor ponderar os riscos e as possibilidades de sucesso na implementação de programas de Inovação Tecnológica. Este capítulo foi baseado em uma pesquisa sobre elaboração de mapas tecnológicos com base na metodologia denominada Pesquisa Ação. Este estudo teve os seguintes objetivos: a) Identificar e aplicar uma metodologia de análise e prospecção tecnológica utilizando um conjunto de ferramentas tais como Análise Morfológica, Método Delphi, Matrizes de Decisão e 'Technological Roadmapping' que permitissem elaboração de um Mapa Tecnológico (roadmap) aplicado a um escopo tecnológico específico e que também servissem como um roteiro de trabalho para outros ramos da tecnologia; b) Apresentar ao leitor as lições aprendidas (acertos e erros) no delineamento de um mapa tecnológico bem como

recomendações para o uso dessas técnicas. Escolheu-se para o estudo o método da pesquisa ação, uma vez que o autor do trabalho exerceu durante muitos anos a função de Gestor de Inovação na subsidiária brasileira da multinacional do setor de autopeças Magneti Marelli Cofap e a pesquisa ação tem como característica a atuação direta do pesquisador na resolução de um problema ou situação específicos (THIOLLENT, 2005).

Este modelo de pesquisa prevê a realização de três fases: exploratória, pesquisa aprofundada e finalmente a fase de avaliação (MARTINS; THEÓPHILO, 2009). Para a fase exploratória foi constituído no ambiente interno da empresa um grupo de trabalho multidisciplinar, escolhido um produto específico como objeto de estudo (família de amortecedores estruturais) e utilizando o método de análise morfológica estabeleceu-se as principais funções dos componentes constituintes do produto escolhido com posterior definição das variáveis envolvidas no problema (ZWICKY, 1966). Concluída esta etapa, elaborou-se e submeteu-se no ambiente interno da empresa um questionário para a realização da pesquisa Delphi (realizada em dois ciclos), após a qual foi realizada a fase de pesquisa aprofundada. Os resultados da pesquisa Delphi foram analisados e divulgados aos painelistas. O grupo de trabalho realizou então uma análise de frequências dos resultados da pesquisa Delphi e elaboração de uma proposta de priorização de materiais alternativos para cada componente do amortecedor estrutural.

Posteriormente o grupo de trabalho reuniu-se e elaborou uma matriz de decisão com base em variáveis estratégicas para o negócio. Esta matriz gerou outra proposta de alternativas tecnológicas de material complementar àquela gerada na pesquisa Delphi. Com base na análise das duas matrizes elaborou-se, então, um questionário a ser submetido às interfaces externas à empresa. Selecionou-se quatro clientes montadoras de veículos automotores, três fornecedores estratégicos de materiais alternativos e dois professores universitários e consultores especialistas em materiais. A análise deste questionário permitiu elaborar uma terceira alternativa tecnológica, a ser comparada com as duas primeiras.

Nas fases de ação e avaliação o grupo de trabalho, constituído de gestores e especialistas nas áreas de engenharia e materiais, reuniu-se para compilar os resultados das pesquisas realizadas nas fases anteriores. O produto final deste trabalho foi uma proposta de Mapa Tecnológico - Technology Roadmap (TRM) visando atingir os objetivos do estudo, bem como a identificação de limitações, lições aprendidas e oportunidades de melhoria para estudos futuros.



## 5.1 Apresentação do Caso

A indústria automotiva mundial passa por um período de profundas transformações sem precedentes em sua história. A sociedade tem pressionado as empresas produtoras de veículos pela adoção de soluções sustentáveis em termos de redução de emissões de poluentes e os países tem introduzido severas legislações de controle neste sentido. O governo brasileiro introduziu o programa INOVAR AUTO, cuja meta mais ousada é o atingimento do índice de eficiência energética dos veículos nacionais em 1,82 MJ/km (megajoule por quilômetro) até 2017, sob pena de incidir multa de 10% do crédito presumido concedido do Imposto sobre Produto Industrializado (IPI) aplicada sobre o valor do crédito referente ao mês anterior ao da verificação da infração.

Esta exigência mobilizou as estruturas de engenharia das montadoras estabelecidas no Brasil no sentido de exigir de seus fornecedores programas de melhoria de produto visando reduzir o peso dos componentes fabricados para atingir as metas de eficiência energética estipuladas.

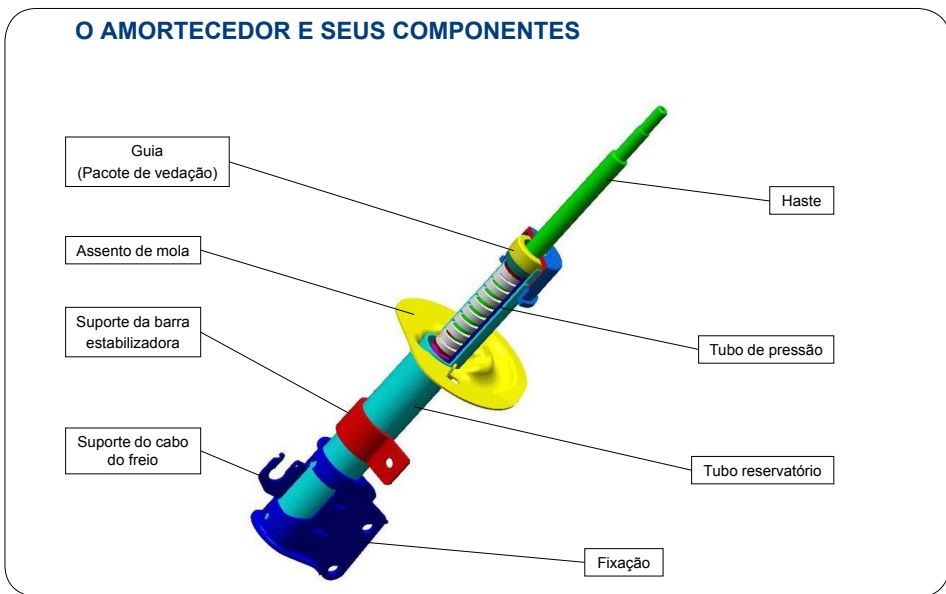
É neste cenário extremamente desafiador que se encontra a Magneti Marelli Cofap, empresa objeto deste estudo, que pertence ao Grupo Magneti Marelli, cujo controle acionário é detido pela holding do Grupo FIAT SpA. A Magneti Marelli Cofap foi criada no ano de 1997, a partir da aquisição da Divisão de Amortecedores da então Companhia Fabricadora de Peças, a COFAP, empresa brasileira transnacional que já atuava neste segmento. A empresa é líder no mercado nacional de produção de amortecedores veiculares, com aproximadamente 70% do mercado para equipamento original, sendo o sexto fabricante mundial deste tipo de produto, com unidades fabris nas Américas do Sul e do Norte, Europa e Ásia e centros de desenvolvimento no Brasil e na matriz italiana.

À época da realização deste estudo (período entre os anos de 2011 e 2013) o autor exercia a função de Gerente de Engenharia de Inovação, sendo responsável pelo desenvolvimento de novas tecnologias não disponíveis na empresa e a principal motivação que produziu este trabalho foi o desenvolvimento de uma metodologia de prospecção tecnológica que permitisse a identificação e avaliação das tendências futuras no mercado mundial de amortecedores. Escolheu-se então como tema para o desenvolvimento da metodologia a redução de peso em amortecedores em uma família específica dentre os diversos tipos produzidos na empresa, os chamados amortecedores estruturais, que por sua característica construtiva são aqueles que têm maior potencial para redução de peso.

Os amortecedores veiculares têm a função principal de ajudar a reduzir o impacto das imperfeições das ruas e estradas sobre os ocupantes do veículo. Esses componentes realizam o controle das ações e reações

das molas, mediante utilização da pressão hidráulica em fluidos contidos num cilindro, dissipando a energia acumulada em forma de calor. Os amortecedores bi tubulares consistem em dois tubos concêntricos, um tubo externo (denominado tubo reservatório) e um tubo interno (denominado tubo de pressão), sendo que o espaço livre entre eles forma um reservatório de óleo. Um pistão solidário a uma haste move-se nos sentidos de extensão ou tração (abertura da suspensão do veículo, por exemplo, quando a roda “cai” em um buraco ou depressão) e compressão (fechamento da suspensão do veículo, por exemplo, quando a roda ultrapassa um obstáculo, como uma lombada). Uma válvula na extremidade inferior do tubo interno permite ao óleo (correspondente ao volume deslocado pela haste) fluir entre os tubos. O controle das forças de amortecimento é realizado seja pela válvula localizada na extremidade da haste do amortecedor (esta válvula controla as forças de amortecimento na extensão), seja pela válvula de base anteriormente mencionada, que controla as forças de amortecimento na compressão.

Os amortecedores estruturais possuem esta denominação por terem a função de elementos de sustentação da carroceria do veículo e são utilizados amplamente nos eixos dianteiros dos veículos, podendo também ser utilizados em suspensões traseiras de veículos de tração dianteira. A Figura 1, abaixo mostra um amortecedor estrutural do tipo Mc Pherson.



**Figura 1** - O amortecedor estrutural e seus componentes

Fonte: Magneti Marelli Cofap, 2011, s/p.

## 5.2 A Elaboração do Mapa Tecnológico (roadmap)

### 5.2.1 Análise Morfológica

A técnica de análise morfológica foi estudada por Zwicky e requer a especificação das principais funções, elementos ou parâmetros básicos de uma questão. Esses parâmetros são analisados em um sistema matricial em que as diversas alternativas para eles são propostas e cruzadas. Da análise das configurações resulta uma ou mais alternativas otimizadas. Objetivando analisar os potenciais percentuais de redução de peso dos componentes e subconjuntos de um amortecedor estrutural, escolheu-se uma família específica deste tipo de amortecedor e calculou-se a distribuição percentual em peso dos componentes em relação ao peso total do componente. Com base nesta distribuição, pôde-se analisar quais os itens mais críticos para priorização das ações de redução de peso. O grupo de trabalho constituído do autor principal da pesquisa, bem como de especialistas nas áreas de produto e materiais da engenharia de amortecedores da Magneti Marelli Cofap realizou algumas sessões de brainstorming com duração de duas horas, nas quais foram discutidos os materiais alternativos possíveis visando à redução de peso para cada componente/subconjunto. Dado que o amortecedor estrutural é constituído de cerca de 40 componentes, procurou-se agrupá-los em subconjuntos, a saber: tubo reservatório, assento da mola, conjunto da fixação inferior, carcaça, haste, tubo de pressão.

O resultado deste trabalho foi uma matriz morfológica onde a primeira linha da matriz explicita a função de cada um dos componentes e nas demais linhas são apresentadas as alternativas vislumbradas pelo grupo elaborador do questionário quanto a materiais e processos alternativos. A análise das alternativas tecnológicas permitiu a identificação de diversas variáveis de estudo ( importância do tema para a empresa e para o mercado; benefícios técnicos/econômicos da redução de peso; desafios técnicos da implantação de cada alternativa; potencial de redução de peso - percentual, em ordem de importância por componente/subconjunto; incremento de preço máximo admissível para a montadora; incremento de preço para o cliente final; visão dos painelistas quanto à competitividade das soluções tecnológicas alternativas objetivando redução de peso em relação às atualmente utilizadas para os amortecedores em produção; lead time para implantação das soluções alternativas; potencial para redução de peso por tipo de componente; materiais que apresentam os maiores potenciais para redução de peso por componente/subconjunto), variáveis estas que foram utilizados como base para a elaboração do questionário a ser utilizado na próxima fase do delineamento do Roadmap: Pesquisa Delphi.

### 5.2.2 Método Delphi

Inicialmente desenvolvido para aprimorar o uso da opinião de especialistas na previsão tecnológica, o Método Delphi está sendo muito utilizado atualmente na previsão e discussão de políticas públicas. Este método é aplicável como ferramenta estratégica em indústrias de novas tecnologias e recomenda-se a sua utilização associada a outras técnicas de prospecção. Essa associação de metodologias justifica-se em casos onde há alta complexidade técnica dos assuntos estudados (MITCHELL, 1992).

O método Delphi tem potencial de utilização nas áreas de energia, transporte, informática e telecomunicações. As principais vantagens da aplicação desta metodologia são: (i) Realização de previsões em situações de carência de dados históricos; (ii) Consulta a especialistas traz à análise do problema pelo menos o nível de informação do membro melhor informado; (iii) Uso de questionários e respostas escritas conduz a maior reflexão e cuidado nas respostas, e facilita seu registro; (iv) Anonimato nas respostas elimina a influência de fatores de “status” e outros de influência; (v) Inexistência de custos de deslocamento de pessoal e restrições de agenda dos respondentes; (vi) O efetivo engajamento no processo de um grande número de participantes é uma importante vantagem que induz à criatividade e confere credibilidade ao estudo (WRIGHT; GIOVINAZZO, 2000).

As principais desvantagens da aplicação da metodologia Delphi são: (i) Seleção de “amostra” de respondentes e tratamento dos resultados, geralmente, estatisticamente não aceitáveis devido à dimensão da amostra; (ii) Excessiva dependência dos resultados em relação à escolha dos especialistas, com a possibilidade de introdução de viés pela escolha dos respondentes; (iii) Possibilidade de se forçar o consenso indevidamente; (iv) Dificuldade de se redigir um questionário sem ambiguidades e não viesado sobre tendências futuras; (v) Demora excessiva para a realização do processo completo, especialmente no caso de envio de questionário via correio; (vi) Custos de elaboração elevados (WRIGHT; GIOVINAZZO, 2000).

A execução da pesquisa utilizou análise de documentos internos da empresa foco e do conhecimento explícito e tácito dos colaboradores envolvidos no grupo de trabalho para a coleta de dados na fase exploratória. O produto resultado daquela fase do trabalho gerou o questionário utilizado na pesquisa Delphi. Recomenda-se, para cada questão, solicitar aos painelistas justificarem a resposta e colocarem comentários adicionais (WRIGHT; GIOVINAZZO, 2000).

A primeira fase da pesquisa Delphi foi realizada com um universo amostral de 58 painelistas, utilizando um questionário pré testado com

20 perguntas (WRIGHT; GIOVINAZZO, 2000). A vantagem de se realizar a pesquisa no ambiente interno multidisciplinar da empresa foi o nível de conhecimento dos respondentes quanto às características do produto e do seu processo de manufatura, o que permitiu a obtenção de um rico acervo de comentários e ideias dos painelistas.

Uma estratégia adotada pelo coordenador deste estudo foi de sensibilizar a alta administração da empresa, solicitando aos diretores dos diversos departamentos incentivar os colaboradores a responder à pesquisa Delphi. Realizaram-se dois follow ups em um período de 15 dias e após este período, a primeira fase da pesquisa Delphi foi dada por encerrada. A frequência de respostas foi de 67%, considerada muito satisfatória em comparação a dados da literatura, que situam a abstenção entre 30% a 50% dos respondentes na primeira rodada (WRIGHT; GIOVINAZZO, 2000). Uma vez concluída a primeira rodada do Delphi, procedeu-se à revisão do questionário para a segunda rodada. As questões em que não houve uma unanimidade nas respostas da parte dos painelistas foram revistas e submetidas somente àqueles profissionais que haviam respondido a primeira fase. Para a submissão das questões foi utilizado o software SurveyMonkey, objetivando agilizar e facilitar aos painelistas responderem o questionário. Realizaram-se dois follow ups em um período de três semanas, após o qual a pesquisa foi dada por encerrada. Obteve-se na segunda rodada 64% de retorno, considerado satisfatório segundo os critérios que situam uma faixa aceitável de abstenção de 20% a 30% na segunda fase da pesquisa (WRIGHT; GIOVINAZZO, 2000).

Para simplificação das análises, considerou-se o mesmo peso para as respostas de todos os painelistas, independente do seu grau de conhecimento sobre o assunto objeto da pesquisa. Este é um fator facilitador e ao mesmo tempo limitante, dado que uma resposta com melhor conteúdo técnico tem o mesmo peso de uma resposta mais simplificada. O relatório final foi divulgado a todos os painelistas e à alta administração da companhia um mês depois do segundo ciclo da pesquisa Delphi, mesmo para aqueles respondentes que não haviam retornado as respostas da primeira fase.

Os materiais alternativos para cada componente do amortecedor estrutural (a saber tubo reservatório, assento da mola, fixação inferior, haste e tubo de pressão) foram apresentados aos painelistas, a quem foi solicitado escolher o material mais apropriado para cada componente. A Figura 2 abaixo mostra a matriz morfológica sobre a qual foi plotada a frequência das respostas obtidas. A linha vermelha tracejada representa, para cada componente, os materiais que obtiveram as maiores frequências de resposta na pesquisa. A linha verde tracejada representa os materiais com a segunda maior frequência e a linha azul a terceira maior frequência. Apenas para exemplificar o procedimento, considerando os

materiais alternativos para a redução do peso na haste, 72% dos painelistas escolheram uma haste tubular como a solução mais viável, seguida pela haste fabricada de alumínio usinado (18%) e usinada com aço de alta liga (5%). Os resultados representados na Figura 2 foram úteis para definir as alternativas de materiais mais viáveis para reduzir o peso de cada conjunto definido na matriz morfológica.

Inúmeras análises estatísticas e combinações de alternativas poderiam ter sido realizadas, mas esta iniciativa iria requerer recursos computacionais e matemáticos que não pertencem ao escopo deste estudo.

PESQUISA DELPHI - TODOS OS RESPONDENTES						
Componente/Conjunto	Tubo Reservatório	Assento da Mola	Conjunto de Fixação Inferior	Haste	Tubo de Pressão	
Função no amortecedor	Reservatório para compensar o volume da haste no momento de compressão do amortecedor	Suporta a mola helicoidal	Une o amortecedor ao conjunto da roda	Fixa o amortecedor ao chassi do carro permitindo o movimento longitudinal do mesmo.	Permite o fluxo de óleo interno ao amortecedor no sentido de tração e compressão gerando assim a força de amortecimento	
	Tubo de aço com espessura variável	Assento da mola em alumínio estampado	Fixação em aço estampado (peça única)	Haste de aço tubular	Tubo plástico injetado.	
	Tubo plástico injetado.	Assento da Mola plástico injetado.	Fixação em plástico injetado	Haste em alumínio usinado	Tubo extrudado em Alumínio.	
	Tubo injetado em Alumínio extrudado.	Assento da Mola em Alumínio injetado	Fixação em alumínio extrudado	Haste em aço alta liga usinado	Tubo em aço alta liga treijado	
ALTERNATIVA 03	Tubo em aço alta liga com posterior redução de espessura.	Assento da Mola em aço alta liga.	Fixação em alumínio injetado	Haste em titânio		
ALTERNATIVA 01	Tubo em material composto.	Assento de mola em magnésio injetado	Fixação em magnésio injetado	Haste em plástico injetado		
			Fixação estampada em aço com espessura variável			
Soluções Tecnológicas para Redução de Peso						

Figura 2 - Matriz morfológica mostrando as alternativas tecnológicas de materiais resultantes da pesquisa Delphi

Fonte: Bloem da Silveira Junior (2014)

### 5.2.3 Matrizes de Decisão

O uso do método Delphi associado a outras ferramentas de análise de decisão é recomendável quando se trata de problemas complexos (MITCHELL,1992). As Matrizes de Decisão (elaboradas para cada componente da Matriz de Análise Morfológica) formam uma técnica poderosa e conveniente para lidar com este tipo de desafio (MC NAMEE; CELONA, 2008).

O pesquisador liderou um grupo de especialistas, formado por engenheiros de produto e de materiais com habilidades em gestão da inovação. O grupo levantou dez dimensões para analisar temas importantes relacionados ao mercado e ao negócio que não haviam sido abordados na pesquisa Delphi, tais como o estado da arte das tecnologias analisadas (que considera as alternativas estudadas sob as perspectivas de factibilidade técnica e econômica), bem como as interfaces com o mercado, os clientes e outros *stakeholders* da companhia. Estas dimensões foram: (i) número de anos para que a alternativa tecnológica em estudo esteja disponível no mercado; (ii) tempo para implementação da alternativa tecnológica no processo produtivo; (iii) aumento nos custos da matéria prima com relação aos custos atuais; (iv) custos de desenvolvimento para a tecnologia; (v) custos de ferramentais definitivos de produção; (vi) custos de equipamentos de manufatura; (vii) confiabilidade do produto; (viii) porcentagem de redução de peso no produto; (ix) reciclabilidade e (x) impacto positivo na imagem da companhia. Estas dimensões foram utilizadas para a elaboração do mapa tecnológico.

O time atribuiu um peso para cada dimensão de acordo com sua importância para o negócio e todas as dimensões foram analisadas para cada material e componentes específicos e a elas foram atribuídas notas. Multiplicando-se o valor da nota pelo peso foi obtida uma nota ponderada. A Tabela 01 mostra a Matriz de Decisão desenvolvida para os materiais alternativos listados na matriz morfológica objetivando a redução de peso do tubo reservatório.

**Tabela 1 – Matriz de Decisão para o tubo reservatório, envolvendo os cinco materiais possíveis para este componente**

Materiais alternativos para o tubo reservatório	Aço de alta liga com redução de espessura		Alumínio extrudado		Plástico injetado		Espessura variável		Compósito	
	Peso	Nota ponderada	Peso	Nota ponderada	Note	Nota ponderada	Note	Nota ponderada	Note	Nota ponderada
Número de anos para a tecnologia estar disponível (nota 1 = até 2 anos; nota 2 = de 2 a 5 anos; nota 3 = de 5 a 7 yrs; nota 4 = de 8 a 10 anos; nota 5= mais que 10 anos)	4	20	3	12	2	8	4	16	1	4
Tempo para implementação da tecnologia em produção (após a tecnologia estar disponível) - esta dimensão não está no questionário Delphi: 1 a 5 anos	1	5	5	5	3	3	5	5	1	1
Aumento de custo de matéria prima com relação aos custos atuais de produção (não está no questionário). Varia de 1 (alto aumento de custo) a 5 (baixo aumento de custo)	2	8	2	4	2	4	3	6	1	2
Custos de desenvolvimento para a tecnologia (não está no questionário) varia de 1 (alto aumento de custo) a 5 (baixo aumento de custo)	1	5	3	3	2	2	4	4	1	1
Custos de construção dos ferramentais de produto (não está no questionário) varia de 1 (alto aumento de custo) a 5 (baixo aumento de custo)	3	15	3	9	2	6	4	12	1	3
Custos de equipamentos de produção (não está no questionário) varia de 1 (alto aumento de custo) a 5 (baixo aumento de custo)	3	12	2	6	2	6	3	9	1	3
Confiabilidade do produto (1=baixo até 5 = alta) - não está no questionário	5	25	4	20	3	15	5	25	3	15
% de redução de peso (potencial) 1 = até 10%; 2= entre 10% e 20%; 3= entre 20% e 30%; 4= mais que 30%	4	8	4	16	4	16	2	8	5	20
Reciclabilidade (não está no questionário) 1= baixa reciclabilidade a 5= alta reciclabilidade	2	8	3	6	2	4	4	8	2	4
impacto positivo na imagem da companhia como inovadora (não está no questionário). 5= alto impacto a 1= alto impacto	3	6	4	12	4	12	3	9	5	15
<b>Notas ponderadas totais</b>		<b>112</b>		<b>93</b>		<b>76</b>		<b>102</b>		<b>68</b>

Fonte: Bloem da Silveira Junior et al (2017)



A ferramenta Matriz de Decisão também foi aplicada para os demais subconjuntos do amortecedor estrutural, realizando-se análises de maneira análoga ao exemplo acima, obtendo-se notas ponderadas para cada uma das alternativas tecnológicas elencadas na matriz morfológica. Unindo-se as notas de maiores valores obteve-se a curva vermelha contínua e de modo análogo obteve-se as curvas verde, azul e lilás representadas na Figura 3.

Com o objetivo de realizar uma análise comparativa entre os resultados obtidos na análise Delphi contra aqueles da matriz de decisão foram superpostas na mesma Figura 3 as curvas tracejadas obtidas na Figura 2 sobre as alternativas tecnológicas pontuadas através da Matriz de Decisão.

A análise comparativa dos resultados da pesquisa Delphi e da Matriz de Decisão mostra que existe divergência entre as visões de priorização. Por exemplo, no caso da haste do amortecedor, tanto a análise da pesquisa Delphi como a da Matriz de Decisão apontaram como opção mais viável a substituição da haste sólida pela haste de aço tubular. Em segundo lugar, existe divergência entre a haste em alumínio (Delphi) e em aço alta liga usinado (Matriz de Decisão). Em terceiro lugar também há divergência entre aço alta liga usinado (Delphi) e titânio (matriz de decisão). Como o estudo de análise de frequências na pesquisa Delphi somente apontou três alternativas, a análise de matriz de decisão aponta o alumínio em quarto lugar.

**Matriz de Decisão comparando os resultados da técnica Delfi com os resultados obtidos junto aos especialistas**

Componente/Conjunto	Tubo Reservatório	Asseio da Mola	Conjunto de Fixação Inferior	Haste	Tubo de Pressão
Função no amortecedor	Reservatório para compensar o volume da haste no movimento de compressão do amortecedor	Suporta a mola helicoidal	Une o amortecedor ao conjunto da roda	Fixa o amortecedor ao chassi do carro permitindo o movimento longitudinal do mesmo.	Permite o fluxo de óleo interno ao amortecedor no sentido de tração e compressão gerando assim a força de amortecimento
	Tubo de aço com espessura variável. 102	Assento da mola em alumínio estampado. 103	Fixação em aço estampado (peça única) 94	Haste de aço tubular 111	Tubo plástico injetado. 76
Soluções Tecnológicas para Redução de Peso	Tubo plástico injetado. 76	Assento da Mola plástico injetado. 84	Fixação em plástico injetado 73	Haste em alumínio 96	Tubo extrudado em alumínio. 95
	Tubo injetado em Alumínio. 93	Assento da Mola em Alumínio injetado. 84	Fixação em alumínio extrudado. 90	Haste em aço alta liga usinada. 105	Tubo em aço alta liga trefilado. 104
	Tubo em aço alta liga com posterior redução de espessura. 112	Assento da Mola em aço com posterior redução de espessura. 111	Fixação em alumínio injetado 78	Haste em titânio 89	
	Tubo em material composto. 68	Assento de mola em magnésio injetado 60	Fixação em magnésio injetado 57	Haste em plástico injetado 76	
			Fixação estampada em aço com espessura variável 84		

**Figura 3 - Análise comparativa das alternativas tecnológicas utilizando o método Delphi (traço descontínuo) e matriz de decisão com especialistas.**

Fonte: Bloem da Silveira Junior (2014)

A fase subsequente da pesquisa foi a realização de entrevistas visando analisar as visões das interfaces externas à empresa e refinar os resultados da análise comparativa entre a pesquisa Delphi e Matrizes de

Decisão. Selecionou-se quatro clientes montadoras de veículos estabelecidas no Brasil, três fabricantes de matérias primas da base de fornecedores da empresa (alumínio, aço e polímeros) e também foram convidados a participar das entrevistas dois professores universitários com larga experiência em materiais.

#### **5.2.4 Technology Roadmap**

Para que qualquer iniciativa de inovação tenha sucesso faz-se necessária a efetiva comunicação entre as diversas interfaces técnicas e não técnicas da empresa, que são multivariadas e multidisciplinares, desta forma foi criado um método prático para possibilitar essa interação, que é denominado *Technology Roadmapping*.

O *roadmap* apresenta uma visão holística do negócio, convidando as diversas áreas da empresa ou organização a refletir sobre a estratégia a ser adotada ao longo do tempo e procurando responder as seguintes questões (PHAAL; PROBERT, 2007):

- Onde desejamos chegar? Onde estamos agora? Como podemos chegar lá?
- Por que necessitamos agir? O que deveríamos fazer? Como deveríamos fazer? Quando?

O primeiro *roadmap* foi desenvolvido pela Motorola na década de 1980 e desde então essa técnica difundiu-se amplamente na indústria, na área de serviços e mesmo nas políticas públicas de alguns países. Identificou-se mais de 900 exemplos de utilização de *roadmaps* em diversos setores como energia, transportes, materiais, aeroespacial, eletrônica, ICT, manufatura, saúde, construção, defesa e ciência pura [7]. Existem diversos tipos de *TRM (Technology Roadmaps)* mas para fins deste estudo consideraremos apenas o *roadmap* de planejamento de produto, que é o mais comum deles, relacionado à inserção de tecnologia em produtos manufaturados, ilustrado na Figura 4 (PHAAL, FARRUCK e PROBERT, 2004).

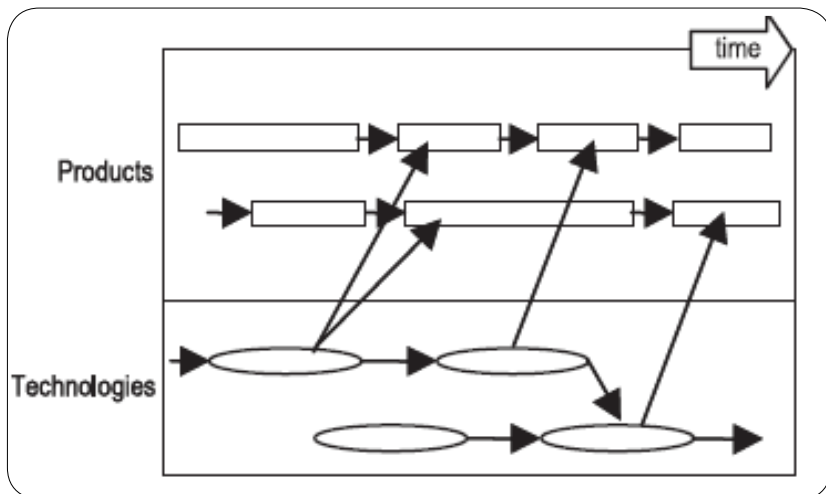


Figura 4 - *Technology Roadmap* aplicado a produto  
 Fonte: Phaal, Farrukh e Probert, 2004, p.12

Uma interessante argumentação é que o processo do *Roadmap* é tão importante quanto seu resultado. Em se tratando de um documento vivo, o *Roadmap* deve ser atualizado e divulgado para as diversas interfaces da organização (PHAAL; PROBERT, 2007).

A elaboração do Mapa Tecnológico (*roadmap*) foi realizada utilizando-se a triangulação final dos resultados das entrevistas contra aqueles obtidos na pesquisa Delphi e nas Matrizes de Decisão. Os resultados da triangulação para um componente específico do amortecedor estrutural (tubo reservatório) são mostrados na Figura 5. O Roadmap completo foi elaborado para todos os componentes. Deve ser ressaltado que alguns aspectos do conteúdo foram ajustados para evitar divulgar informações confidenciais.

Componente	PRIORIZAÇÃO DA TECNOLOGIA	1ª PRIORIDADE
Tubo Reservatório	DELPHI	Aço de alta liga com redução de espessura
	Matriz de Decisão /ranking	Aço de alta liga com redução de espessura (112)
	Entrevistas	Aço de alta liga com redução de espessura Aço com espessura variável
	<b>ROADMAP</b>	<b>Aço de alta liga com redução de espessura</b>
	<b>PRIORIZAÇÃO DA TECNOLOGIA</b>	<b>2ª PRIORIDADE</b>
	DELPHI	Aço com espessura variável
	Matriz de Decisão /ranking	Aço com espessura variável (102)
	Entrevistas	Aço de alta liga com redução de espessura Aço com espessura variável
	<b>ROADMAP</b>	<b>Aço com espessura variável</b>
	<b>PRIORIZAÇÃO DA TECNOLOGIA</b>	<b>3ª PRIORIDADE</b>
	DELPHI	Alumínio extrudado
	Matriz de Decisão /ranking	Alumínio extrudado (93)
	Entrevistas	Alumínio extrudado
	<b>ROADMAP</b>	<b>Alumínio extrudado</b>
	<b>PRIORIZAÇÃO DA TECNOLOGIA</b>	<b>4ª PRIORIDADE</b>
	DELPHI	Não aplicável
	Matriz de Decisão /ranking	Plástico injetado (76)
	Entrevistas	Plástico injetado
	<b>ROADMAP</b>	<b>Plástico injetado</b>
	<b>PRIORIZAÇÃO DA TECNOLOGIA</b>	<b>5ª PRIORIDADE</b>
DELPHI	N/A	
Matriz de Decisão /ranking	Compósito (68)	
Entrevistas	Compósito	
<b>ROADMAP</b>	<b>Compósito</b>	

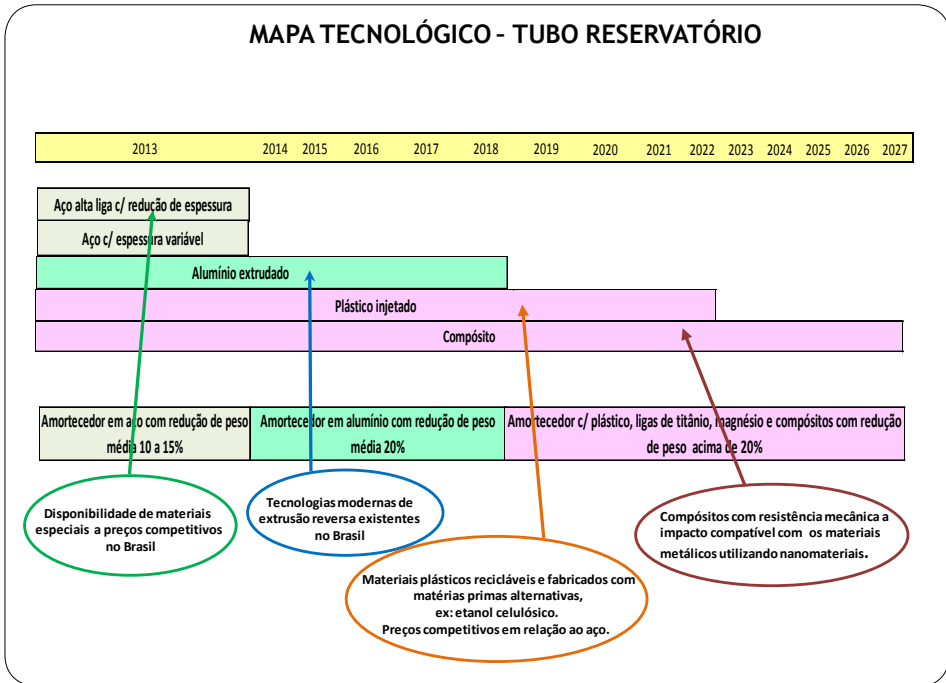
**Figura 5** - Priorização das tecnologias (materiais alternativos) para a elaboração do TRM

Fonte: Bloem da Silveira Junior (2014)

A Figura 5 mostra que, para definir a primeira prioridade, tanto os resultados da análise Delphi quanto os da Matriz de Decisão mostraram que o uso de aço de alta liga com redução de espessura é a alternativa mais viável em termos de implementação no curto prazo, uma vez que este produto já está disponível no mercado. Na análise das entrevistas com clientes, fornecedores e professores, tanto a alternativa de aço de alta liga com redução de espessura quanto a de aço de alta liga com espessura variável tiveram o mesmo grau de prioridade. A decisão de priorizar o aço de alta liga com redução de espessura foi tomada devida à pontuação obtida na análise da Matriz de Decisão (112 pontos) comparada com aquela obtida na análise do aço com espessura variável (102 pontos). Na elaboração do Mapa Tecnológico, ambas as soluções foram classificadas como as mais adequadas para implementação no curto prazo. Esta metodologia foi utilizada para a classificação das outras prioridades (BLOEM DA SILVEIRA JR et al., 2017).

O modelo de Mapa Tecnológico aplicado a planejamento do pro-

duto ilustrado na Figura 4 foi utilizado para a construção do roadmap. A Figura 6 ilustra o TRM para o tubo reservatório, mostrando a linha do tempo estimada para que cada material esteja disponível para implementação. Para cada tecnologia proposta, são elencadas barreiras e/ou recursos tecnológicos necessários para a produção industrial de cada material alternativo (balões) (BLOEM DA SILVEIRA JUNIOR, 2014).



**Figura 6** - Mapa Tecnológico para o Tubo Reservatório

Fonte: Bloem da Silveira Junior (2014)

Este método foi replicado para os outros componentes do amortecedor: assento da mola, fixação inferior, haste e tubo de pressão. Então um mapa tecnológico completo foi desenhado para todos os componentes do amortecedor. A última linha do TRM para o tubo reservatório mostra a redução potencial no peso do amortecedor como um todo, agregando-se o TRM dos demais componentes.

### 5.3 Principais Resultados Alcançados

Apresentaremos nesta seção os resultados mais significativos desta investigação no que concerne ao atendimento dos objetivos propostos inicialmente e às contribuições principais da pesquisa. Serão apresentados os resultados referentes ao uso de cada uma das ferramentas utiliza-

das para a construção do Mapa Tecnológico (*roadmap*).

O processo de análise morfológica mostrou-se eficaz no sentido de fornecer ao pesquisador elementos para decompor um sistema complexo (amortecedor estrutural) em subsistemas agrupados (subconjuntos) que foram analisados em uma matriz na qual as diversas alternativas de materiais leves para substituir os atualmente utilizados foram propostas e cruzadas (ZWICKY,1966). Importante foi também explicitar, para cada componente/subconjunto, a função esperada, bem como a identificação e análise de todos os parâmetros que poderiam ser de importância para a solução do problema em questão. Neste quesito, a formação de um grupo para os trabalhos de brainstorming constituído de pessoas de alta capacidade técnica e experiência no produto foi determinante para o sucesso da iniciativa.

No que concerne à aplicação da pesquisa Delphi, guardadas as diferenças e complexidades entre as empresas e as tecnologias estudadas, encontrou-se similaridade entre o ambiente técnico analisado no estudo sobre prospecção em águas profundas da PETROBRÁS e aquele da Magneti Marelli Cofap, em que grandes equipes estão dedicadas a projetos específicos, com conseqüente perda da visão geral e da sinergia entre as partes (WRIGHT et al., 1987). A prospecção realizada foi uma experiência pioneira e serviu como um balizamento para a obtenção de uma tendência comum do meio técnico da empresa no que concerne ao assunto estudado.

O questionário foi elaborado por um grupo de trabalho constituído de engenheiros especialistas em materiais e produto. As variáveis de estudo que foram a base para a elaboração das questões focaram essencialmente aspectos técnicos de material e processos de fabricação. As taxas de resposta da primeira e segunda fases foram consideradas satisfatórias e foi recolhido um material muito rico em comentários e sugestões. A análise de frequências aplicada para identificar as alternativas de materiais e a plotagem dos dados na matriz morfológica permitiram ao pesquisador identificar possíveis combinações de materiais alternativos por componente que facilitaram a triangulação dos resultados contra aqueles obtidos da Matriz de Decisão e das entrevistas com clientes, fornecedores e especialistas, corroborando as assertivas que recomendam a utilização do Método Delphi associado a outras técnicas de prospecção, principalmente em casos onde existe uma alta complexidade técnica dos assuntos estudado (MITCHELL, 1992).

Os relatórios da primeira e segunda fase da pesquisa foram divulgados para os painelistas, mesmo àqueles que não responderam à pesquisa. O tempo total de realização da pesquisa foi de 04 (quatro) meses, incluindo a emissão do relatório final. Este prazo está de acordo com as

recomendações que mencionam o prazo usual para uma aplicação completa de quatro meses a um ano (WRIGHT; GIOVINAZZO, 2000).

O principal fator que motivou a construção das Matrizes de Decisão foi constatar, após a realização e análise dos resultados da pesquisa Delphi, que o escopo desta, apesar de muito completa e rico em detalhes, estava essencialmente técnico. Formou-se um grupo de trabalho que a partir de várias sessões de brainstorming elegeu dez (10) variáveis estratégicas que objetivavam abarcar aspectos importantes para o mercado e para o negócio (PHAAL e PROBERT, 2007), tais como estado da arte da tecnologia (considera a factibilidade técnica e econômica da alternativa estudada), bem como variáveis de interface com o mercado, o cliente e os demais stakeholders da empresa. A atribuição de pesos e notas dadas a cada variável e alternativa tecnológica permitiu classificar as mesmas em termos de potencial de factibilidade para a análise de triangulação contra os resultados obtidos na Pesquisa Delphi e Entrevistas.

Para a fase de entrevistas selecionou-se quatro (04) clientes, três (03) fornecedores chave da base da MM Cofap, cada um especialista e líder de mercado na fabricação de um tipo específico de matéria prima (aço, alumínio e plástico) e dois professores universitários especialistas em materiais. As entrevistas com os clientes foram realizadas, em sua maioria, por conferência telefônica, com duração média de uma (01) hora, uma vez que dada a dinâmica do mundo automotivo, é bastante difícil conseguir agenda para a realização de trabalhos deste tipo. Notou-se, contudo, um grande interesse dos entrevistados e até certa surpresa em verificar este tipo de iniciativa de um fornecedor de autopeças. Os resultados das entrevistas permitiram a inferência de dados importantes, principalmente nos aspectos de tendências tecnológicas, horizontes potenciais de disponibilidade dos materiais alternativos a preços competitivos com os atualmente utilizados na produção de amortecedores estruturais, barreiras técnicas para tal implementação e, por fim, uma visão mercadológica sobre a propensão do cliente e usuário final em pagar mais para receber este tipo de tecnologia.

Utilizou-se como referência para a elaboração do Mapa Tecnológico (roadmap) deste estudo aquele proposto para relacionar produto e tecnologia (PHAAL e PROBERT, 2007) onde a triangulação dos resultados obtidos nas fases de pesquisa Delphi, matrizes de decisão e entrevistas permitiram ao pesquisador compor cenários tecnológicos para elaborar o roadmap. O uso de métodos gráficos de análise, tais como a plotagem dos resultados da análise de frequências empregada na Pesquisa Delphi contra a pontuação das alternativas das Matrizes de Decisão com especialistas permitiu ao pesquisador vislumbrar pontos de vista concorrentes e discordantes quanto às soluções tecnológicas a serem adotadas



para redução de peso em amortecedores estruturais. A apresentação gráfica do Mapa Tecnológico (roadmap) mostra, em um horizonte temporal de 15 anos, as tendências tecnológicas de diversos tipos de material a serem utilizados para cada subconjunto de componentes do amortecedor, conforme foi definido na Análise Morfológica. Um ponto de interesse foi a classificação das barreiras técnicas para implementação de um determinado tipo de material alternativo em termos de factibilidade e custos competitivos em relação aos materiais atualmente utilizados (baixa, média e alta).

Com base neste cenário traçado no roadmap, dependendo do tipo de tecnologia e do prazo para implementação, podem ser adotadas pelo Gestor de Tecnologia ações como um rápido desenvolvimento com um fornecedor parceiro, produção de protótipos até o nível de pré-série, pesquisas aplicadas em parceria com Institutos de Ciência e Tecnologia (ICT's) e Universidades, pesquisas básicas no interno da Empresa ou com os órgãos citados anteriormente ou mesmo um monitoramento tecnológico para acompanhar o estado da arte da tecnologia e sua utilização por concorrentes e clientes.

## 5.4 Considerações Finais

Os objetivos deste trabalho foram:

- a) Identificar e aplicar uma metodologia de análise e prospecção tecnológica utilizando um conjunto de ferramentas tais como Análise Morfológica, Método Delphi, Matrizes de Decisão e Technological Roadmapping que permitam a elaboração de um Mapa Tecnológico (roadmap) aplicado a um escopo tecnológico específico e que também sirvam como um roteiro de trabalho para outros ramos da tecnologia.
- b) Apresentar ao leitor as lições aprendidas (acertos e erros) no processo de pesquisa, bem como recomendações para o uso dessas técnicas e sugestões para estudos futuros.

Examinando-se os resultados deste estudo, podemos depreender que os objetivos foram alcançados. No que se refere ao primeiro objetivo, foram identificadas e aplicadas as seguintes técnicas de previsão tecnológica: Análise Morfológica, Método Delphi, Matriz de Decisão utilizando especialistas internos da Empresa e entrevistas com clientes, fornecedores e especialistas externos em materiais. Os resultados das análises comparativas entre as técnicas permitiram elaborar um Mapa Tecnológico elencando as possíveis soluções para redução de peso dos

componentes que constituem um amortecedor estrutural.

No que se refere ao segundo objetivo desta pesquisa, a Tabela 2 abaixo apresenta as principais lições aprendidas na aplicação dos métodos de prospecção utilizados no trabalho, classificando-as em acertos e erros.

O estudo confirmou a premissa para a integração entre as visões de produto e processo na elaboração do roadmap. A elaboração de uma Matriz de Decisão permitiu que as variáveis estratégicas do negócio fossem consideradas na análise morfológica e na pesquisa Delphi. Uma oportunidade de melhoria seria agregar ao time de trabalho pessoas de outros departamentos da empresa, como por exemplo da área comercial, além de membros da Alta Administração (BLOEM DA SILVEIRA JUNIOR et al, 2017).

**Tabela 2 - Acertos e erros da pesquisa**

<b>Métodos (TRM)</b>	<b>Acertos</b>	<b>Erros</b>
Análise Morfológica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Seleção de um time com altas qualificações técnicas na produção e projeto do amortecedor;</li> <li>• Uso de análise de Pareto para identificar componentes críticos para redução de peso;</li> <li>• Uso de sessões de brainstorming para construir a matriz morfológica;</li> <li>• Método claro para explicar o amortecedor;</li> <li>• Definição de variáveis para a pesquisa Delphi;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de membros do departamento comercial no time de trabalho;</li> <li>• Falta de membros especializados em materiais leves alternativos (fornecedores e professores de universidade) no time de trabalho;</li> <li>• Viés técnico de um time formado somente por engenheiros da MM Cofap;</li> <li>• Variáveis estratégicas do negócio não foram consideradas na análise;</li> </ul>
Análise Delphi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apoio da Alta Administração da Empresa para a pesquisa;</li> <li>• <b>Critério para seleção de respondentes</b> (especialistas internos e externos)</li> <li>• Follow up individual para controlar as respostas (planilha de controle)</li> <li>• <b>Questionário incluindo pedido para justificar as respostas e incluir comentários adicionais;</b></li> <li>• Revisão no questionário após o primeiro ciclo com base em análises estatísticas;</li> <li>• Uso de um software (Survey monkey) para o segundo ciclo;</li> <li>• Tabela resumo facilitou as análises conduzidas nos estágios seguintes do TRM;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso de variáveis essencialmente técnicas;</li> <li>• Longo tempo entre o segundo e o terceiro ciclos, devido a outras prioridades (duração 3 meses);</li> <li>• Uso de uma planilha em Excel para submeter e preencher o questionário do primeiro ciclo;</li> <li>• Resultados do primeiro e segundo ciclos apresentados aos painelistas por e-mail (ao invés de reunião);</li> <li>• Time de trabalho somente com membros da engenharia de produto;</li> <li>• O mesmo peso foi utilizado para as respostas de todos os painelistas, independente do conhecimento do assunto em questão;</li> <li>• Falta de uso de métodos estatísticos para ampliar a opção de tecnologias alternativas;</li> </ul>

<b>Métodos (TRM)</b>	<b>Acertos</b>	<b>Erros</b>
Matriz de Decisão	<ul style="list-style-type: none"> <li>Definição de variáveis econômicas e estratégicas para o sucesso relevante do produto;</li> <li>O peso atribuído para as variáveis permitiu uma alta precisão;</li> <li>Tabela resumo permitiu a comparação com os resultados do Delphi e das entrevistas;</li> <li>Execução rápida;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alta Administração poderia ter sido envolvida contribuindo com uma visão holística do negócio;</li> <li>Falta de membros do departamento comercial no time de trabalho;</li> <li>Falta de membros especializados em materiais leves alternativos (fornecedores e professores de universidade) no time de trabalho;</li> </ul>
Entrevistas com especialistas externos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Seleção de um fornecedor líder para cada material alternativo (plástico, material ferroso e não ferroso);</li> <li>Protocolo de entrevistas pré-testado com um professor universitário;</li> <li>Entrevistas via conferência telefônica reduziu custos e tempo;</li> <li>Interesse no assunto dos clientes, fornecedores e especialistas devido ao programa INOVAR AUTO;</li> <li>Tabela resumo facilitou a <b>triangulação dos dados</b>;</li> <li>Contribuiu com uma visão externa a respeito do estado da arte dos materiais alternativos;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Número limitado de entrevistas (8) devido a limitações de agenda e logística;</li> <li>Uso de conferência telefônica pode limitar os níveis de detalhe das entrevistas;</li> <li>O nível de qualidade das respostas foi diverso devido ao conhecimento dos respondentes;</li> <li>Existe um viés da montadora no entendimento das tendências dos usuários finais de amortecedores;</li> </ul>
Análise de Priorização de Tecnologias e TRM	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dados de triangulação obtidos a partir de Delphi, Matrizes de Decisão e Entrevistas;</li> <li>O uso de análises gráficas para comparar os resultados facilitou a <b>priorização de alternativos</b>;</li> <li>Desenvolvimento de uma tabela de priorização resumindo os resultados de análise;</li> <li>Uso do modelo de roadmap 'Produto' and 'Tecnologia' (Phaal et al., 2004) auxiliou o foco na pesquisa;</li> <li>Adoção de uma arquitetura específica (amortecedor montado) para o projeto do roadmap simplificou o trabalho;</li> <li>Classificação de barreiras técnicas considerando o uso de materiais alternativos em termos de factibilidade e custo competitivo (comparado a materiais em uso);</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Roadmap projetado somente por engenheiros de produto devido à falta de tempo e envolvimento de outros departamentos;</li> <li>Falta de senso de urgência devido à rotina de trabalho da empresa;</li> <li>Falta de critério para avaliar o nível de incertezas das alternativas tecnológicas;</li> </ul>

Fonte: Bloem da Silveira Junior et. al, 2017

A maior contribuição deste trabalho foi a apresentação de uma

metodologia integrando diversas ferramentas de prospecção tecnológica tais como análise morfológica, método Delphi, matrizes de decisão e entrevistas visando a elaboração de mapas tecnológicos, em um processo de pesquisa ação com duração de oito meses em que cada etapa foi planejada, cuidadosamente executada e os resultados foram registrados detalhadamente, o que contribuiu para a qualidade do trabalho final e criou uma competência interna na empresa quanto à utilização das ferramentas mencionadas. Este projeto foi extremamente desafiador e sua conclusão foi muito gratificante para o time de trabalho, uma vez que uma iniciativa deste tipo nunca tinha sido realizada na empresa e tanto o processo de trabalho como seus resultados contribuíram grandemente para o processo de gestão da inovação da empresa. Do ponto de vista da academia, raramente em trabalhos acadêmicos o pesquisador tem a oportunidade de conduzir um estudo envolvendo a monta de recursos humanos e a rede de contatos externos da empresa (clientes, fornecedores e especialistas) que foram utilizados, o que contribuiu para a geração de apresentações em congressos acadêmicos e publicação em periódicos de renome na área de prospecção tecnológica (BLOEM DA SILVEIRA JUNIOR et al., 2017).

## Referências

BLOEM DA SILVEIRA JUNIOR, L. A. **Aplicação de Técnicas de Previsão Tecnológica visando reduzir o Peso de Amortecedores**. 2014. 212p. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo.

BLOEM DA SILVEIRA JUNIOR, L. A.; VASCONCELLOS, E.; VASCONCELLOS GUEDES, L.; GUEDES, L. F. A.; COSTA, R. M. Technology Roadmapping: A methodological proposition to refine Delphi results. *Technological Forecasting and Social Change* (2017). <http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2017.08.011>

MARTINS, G.; THEÓPHILO, C. **Metodologia da Investigação Científica para Ciências Sociais Aplicadas**. São Paulo: Atlas. 2009. p. 72-74.

MC NAMEE, P.; CELONA, J. **Decision Analysis for the Professional**. Electronic Edition. Smart-Org. Inc. Oct. 2008. p. 145 a 147.

MITCHELL, V. W. Using Delphi to Forecast in New Technology Industries. *Marketing Intelligence and Planning*. Vol. 10, n. 2, **MCB University Press**, p. 4-9, 1992.

PHAAL, R.; PROBERT, D. Technology Roadmapping: facilitating collaborative research strategy. **University of Cambridge**, 2007, p. 1-6.

PHAAL, R.; FARRUKH, C. J. P.; PROBERT, D. Technology Roadmapping – A planning framework for evolution and revolution. **Technological Forecasting and Social Change** 71, 2004, p. 5-26.

THIOLENT, M. **Metodologia da Pesquisa-Ação**. São Paulo: Cortez, 2005. p.16.

WRIGHT, J. T. C.; JOHNSON, B. B.; GUIMARÃES, P. P. D. Prognósticos Tecnológicos como Atividade Complementar do Planejamento: A Experiência do CENPES em Águas Profundas. In: **XII Simpósio Nacional de Pesquisa em Administração e Tecnologia**, 19-21 out. 1987. São Paulo. Anais. São Paulo: PACTo/IA/FEA/USP, 850 p., p. 70-76.

WRIGHT, J. T. C.; GIOVINAZZO, R. G. Delphi – uma ferramenta de apoio ao planejamento prospectivo. **Caderno de Pesquisas em Administração**, São Paulo, Vol. 01, n.12, p. 54-65, 2000.

ZWICKY, F. **Discovery, Invention, Research through the morphological approach**. The Macmillan Company. Ontario, Canada. 1966. p. 107 e 108.

“O conteúdo expresso neste capítulo é de inteira responsabilidade dos autores”

Os autores autorizam a publicação e distribuição gratuita deste e-book por meio da editora ou canais de distribuição por ela indicados.



## Capítulo 6

### *Prospecção Tecnológica em Patentes Verdes*

**M.<sup>a</sup> Sara Maria Peres de Moraes**

*Instituto Federal do Ceará*

*sara.peres@gmail.com*

**Prof. Dra. Joana Coeli Ribeiro Garcia**

*Universidade Federal da Paraíba*

*nacoeli@gmail.com*

A preocupação com o desenvolvimento sustentável e tecnologias limpas, em época de rápidas transformações, torna-se cada vez mais frequente e é tema presente em discussões de âmbito nacional e internacional. As relações que envolvem economias e meio ambiente estreitam-se, sendo foco de pesquisas e questões políticas nos países desenvolvidos e em desenvolvimento.

Atualmente não há como mencionar uma tecnologia ou produção de energia, sem relacioná-las ao meio ambiente. Macedo (2003) afirma que com a velocidade dos avanços tecnológicos e mudanças no cenário global, é possível verificar que existe tendência forte em priorizar pesquisa e desenvolvimento (P&D) na direção de tecnologias que contribuem para conferir maior recurso natural, qualidade de energia e segurança de fornecimento. A produção e difusão de tecnologias limpas e renováveis para uso eficiente colocam as questões ambientais como importante motor para direcionar o desenvolvimento tecnológico.

No Brasil, o Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação - MCTI defende políticas e programas de P&D em prol do desenvolvimento de tecnologias com vistas à utilização de energias renováveis, revelando o interesse governamental. Um exemplo dessas políticas é a ação tomada em prol do Programa Patentes Verdes do Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI)<sup>16</sup> que antecipa para cerca de dois anos o exame e concessão das patentes relacionadas aos benefícios ambientais.

Lançado em abril de 2012, o Programa Patentes Verdes viabiliza que novas tecnologias sejam utilizadas rapidamente pela sociedade,

<sup>16</sup> O INPI é responsável pela proteção dos direitos relativos à propriedade industrial no Brasil, vinculado ao Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, para executar as normas que regulam a propriedade industrial, tendo em vista as suas funções social, econômica, jurídica e técnica. (INPI, 201

incentivando seu licenciamento e impulsionando a inovação no país. O programa vem sendo bem aceito e atualmente esta na sua terceira fase de acordo com a Resolução nº 175, de 05 de novembro de 2016.

Dada a necessidade, cada vez maior, de investir no desenvolvimento de produtos tecnológicos que não agridam a natureza, a criação de projetos que agilizem inovações ambientais, como o Programa Patentes Verdes, entre outras medidas, admite que pesquisas relacionadas ao meio ambiente sejam de suma importância para a sociedade, pois abrangem todas as classes sociais e regiões territoriais.

Os indicadores de patentes podem ser utilizados como instrumentos para planejamento e monitoramento de políticas científicas, no sentido de ampliar benefícios, reduzindo impactos econômicos e sociais negativos. As patentes são ricas fontes de informação tecnológica que indica atividade inovativa e o desenvolvimento de novas tecnologias que poderão ser inseridas no mercado para estudos prospectivos. Podem ser usadas para desenvolver o mapeamento de tecnologias benéficas ao meio ambiente, através de estudos de prospecção tecnológica realizados com as análises de patentes verdes. A pesquisa tem como objetivo analisar as informações tecnológicas relacionadas às patentes verdes, através de prospecção tecnológica, visando à informação do estado da técnica nacional sobre inovação verde.

## **6.1 Inovação e Prospecção tecnológica**

Na era do conhecimento, as informações relativas a patentes surgem como vantagem competitiva para empresas e instituições de pesquisa, por serem indicadores da capacidade de inovação tecnológica, pois fornecem informações estratégicas detalhadas sobre as atividades tecnológicas dos países. Um dos principais registros que permitem uma aproximação razoável dos resultados da atividade inovativa de um país, o número de patentes é considerado internacionalmente como um indicador para avaliar a capacidade de uma região ou país transformar o conhecimento científico em produto ou resultado tecnológico (KUPFER; TIGRE, 2004). Em outras palavras, medem o estágio de desenvolvimento.

As inovações tecnológicas provocam mudanças em organizações empresariais e instituições de pesquisas científicas e tecnológicas, envolvendo vários setores da sociedade e diversas áreas de conhecimento. Reafirma-se que os indicadores tecnológicos comumente referem-se a investimentos em P&D e em propriedade intelectual (PI), privilegiando neste último, o registro de patentes.

Nesse contexto as patentes verdes podem ser consideradas rele-



vantes indicadores de desenvolvimento limpo e inovações tecnológicas que constituem o cenário de pesquisa em prol do meio ambiente e sustentabilidade do país. Por outro lado, as informações verdes que as compõem servem de subsídio, de fonte de informações para novas e futuras pesquisas.

Os estudos de informação verde contidos em patentes contribuem na visualização dos rumos de pesquisas e tecnologias limpas, além de proporcionar agilidade no processo de desenvolvimento em pesquisas benéficas à natureza. Tal estudo pode ser realizado através da prospecção tecnológica que objetiva preparar os atores, identificar oportunidades ou ameaças futuras e desencadear um processo de construção de um futuro limpo desejável (MAYEROFF, 2008).

Pesquisas de prospecção realizados através de patentes - depositadas ou concedidas - possibilitam identificar se uma determinada tecnologia está patenteada, o estado da técnica, a possibilidade de melhoria, quais empresas ou países estão interessados em determinadas tecnologias, e quem são os concorrentes (QUINTELLA et al., 2011), dentre outros aspectos.

Advindo de um intenso ritmo de mudanças, o progresso tecnológico parece romper com o paradigma que o futuro é uma continuação do passado. No entanto, para Mayeroff (2008) o mundo está em constante mutação e, numa visão prospectiva, o futuro pode ser resultado da interação entre tendências históricas e da ocorrência de diversificados eventos, resultantes de fatores, como economia, desastres naturais, altos investimentos em tecnologias e educação. Tais estudos de prospecção em patentes têm como aporte os conceitos advindos da propriedade intelectual, mais especificamente da propriedade industrial.

O objetivo da concessão de patentes é promover novas tecnologias e inovações que sejam disponibilizadas com segurança, evitando que as mesmas permaneçam em segredo. A propriedade industrial concede o monopólio das inovações que protegem e que são descritas dentro do documento de patentes, assegurando pela Lei nº 9.279/96 - direitos e obrigações relativas à propriedade industrial (INPI, 2009).

A referida lei também fundamenta o Programa Patentes Verdes, resultado de fins do conjunto jurídico de proteção ambiental, inovação e demais aspectos legais. Proporciona segurança ao inventor divulgar suas pesquisas, com garantias legais, mesmo que por um tempo determinado, permitindo a rápida utilização da sociedade em inovações tecnológicas benéficas ao meio ambiente e à sustentabilidade.

Para Maricato, Noronha e Fujno (2008, p. 2), as patentes constituem uma das mais antigas formas de proteção da propriedade intelectual, “com função de incentivar o desenvolvimento econômico e tecnoló-

gico, recompensando a criatividade, além de ser um importante instrumento na valorização dos ativos intangíveis”.

Justificam-se assim, a produção de estudos e pesquisas, bem como a comunicação científica e os indicadores sobre patentes que inferem o ranking internacional dos países desenvolvidos e os em vias de sê-lo.

## 6.2 A Patentometria verde

O estudo centra-se em fontes de informação tecnológica disponíveis em bancos de dados de patentes. Os processos da pesquisa ocorreram por meio de levantamento das fontes bibliográficas, buscas de dados e análise de documentos de patentes.

Utilizou de métodos da área da Ciência da Informação - CI para realização da pesquisa, pois alguns estudos prospectivos e de inteligência competitiva utilizam técnicas bibliométricas para a produção de indicadores de C&T.

Nos estudos métricos da informação, as metodologias mais relevantes ou estudadas que compõem a informetria são a bibliometria, cienciometria, e mais recentemente webometria e patentometria.

O método utilizado para a presente pesquisa foi a patentometria, pois se refere a indicadores patentários com vistas a identificar atividades de inovação e tecnologias nos países, através das informações tecnológicas contidas nos documentos de patentes. Possibilita conhecer atividade tecnológica, refletir as tendências das mudanças técnicas ao longo do tempo e avaliar os resultados dos recursos investidos em atividades de P&D, determinando ainda o grau aproximado da inovação tecnológica de uma determinada região, área ou instituição. Além disso, entre outros estudos métricos de informação, a patentometria é a mais próxima em vincular a academia com empresas, indústrias e demais setores privados (GUZMÁN, 1999; PEREIRA, 2008).

A aplicação da pesquisa se deu através da busca e verificação dos metadados do documento de patentes, que são padronizados de acordo com as recomendações da *World Intellectual Property Organization* - WIPO, para uniformizar os documentos em qualquer país signatário dos acordos internacionais.

No desenvolvimento desta pesquisa foram analisados os metadados contidos na folha de rosto do documento de patente, que contém informações bibliográficas e técnicas altamente estruturadas e internacionalmente padronizadas, dispendo até mesmo de um sistema de classificação especialmente criado para gerenciar e agrupar as invenções,

tornando-as mais facilmente recuperáveis e analisáveis, além dos códigos de identificação. (MARICATO; NORONHA; FUJINO, 2008, p. 4).

Foi possível identificar dados bibliográficos contidos na folha de rosto por meio dos códigos internacionais de identificação - *Internationally agreed Numbers for the Identification of Data* - INID, o mesmo é disponibilizado pela WIPO, no *standard* ST.9 e passou por atualizações em fevereiro de 2008, de forma a possibilitar diversidade de buscas para as mais distintas finalidades, independente da língua utilizada.

Os códigos INID facilitam identificar as informações que constam da folha de rosto do documento de patente. Estão organizados em oito grupos, classificados pelas dezenas de 10 a 80, contendo subdivisões e devem ser sempre precedidos de dois dígitos, envolvidos por parênteses. Seguem, no Quadro 1, alguns exemplos de códigos requeridos à publicação de um documento pela WIPO (2008).

Quadro 1 - Códigos INID

<b>Código</b>	<b>Descrição</b>
<b>(10)</b>	<b>Identificação do documento</b>
<b>(11)</b>	Número do documento
<b>(12)</b>	Designação do tipo de documento (patente de invenção, modelo de utilidade ou outro)
<b>(19)</b>	Nome do país ou organização regional ou internacional que publicou o documento de patente
<b>(20)</b>	<b>Dados de pedidos nacionais</b>
<b>(21)</b>	Números designados ao documento quando de seu depósito
<b>(22)</b>	Data de depósito do pedido
<b>(30)</b>	<b>Dados de prioridade</b> (prioridade unionista)
<b>(31)</b>	Número designado ao primeiro depósito
<b>(32)</b>	Data de depósito da primeira solicitação
<b>(33)</b>	Identificação de autoridade (país ou países do primeiro documento)
<b>(40)</b>	<b>Datas de acesso ao público</b>
<b>(41) a</b>	Referem-se a documentos de patentes publicados, examinados ou não, mas que ainda não têm a decisão final (concessão ou não da patente)
<b>(47)</b>	
<b>(50)</b>	<b>Informação técnica</b>
<b>(51)</b>	Números da Classificação Internacional de Patente
<b>(54)</b>	Título da invenção
<b>(56)</b>	Relação de documentos anteriores citados pelo depositante (pode auxiliar no exame) ou encontrados pelo examinador de patentes durante a busca para exame
<b>(57)</b>	Resumo do conteúdo do documento
<b>(58)</b>	Campo de busca
<b>(60)</b>	<b>Referências a outros documentos de patentes nacionais</b>
<b>(61)</b>	Número e data de depósito de pedidos anteriores
<b>(70)</b>	<b>Identificação das partes relacionadas com o documento de patente</b>
<b>(71)</b>	Nome do depositante
<b>(72)</b>	Nome do inventor
<b>(73)</b>	Nome do titular, beneficiário, cessionário ou proprietários
<b>(74)</b>	Nome do procurador ou agente
<b>(75)</b>	Nome do inventor, quando também for o depositante
<b>(80)</b>	<b>Identificação de dados relacionados a convenções internacionais.</b>

Fonte: WIPO, 2008.

O campo (51) do código INID se refere à Classificação Internacional de Patentes - CIP, que além de ser importante como estratégia de busca possibilita localizar e identificar documentos, assim como os campos: (54) título, (71) depositante, (72) inventor e (57) resumo; todos são campos obrigatórios no documento de patentes e fontes de informações bibliográficas.

Tal ferramenta de busca é um sistema de classificação documental hierarquicamente estruturada com campos definidos. Divide todo conhecimento humano em oito grandes áreas técnicas principais (OMPI, 2009), a saber: Seção A - Necessidades humanas; Seção B - Operações de processamento; transporte; Seção C - Química e metalurgia; Seção D - Têxtil e papel; Seção E - Construções fixas; Seção F - Eng. mecânica; iluminação; aquecimento; armas; explosão; Seção G - Física; Seção H - Eletricidade.

A classificação documental especializada compõe-se de letras, números e símbolos, conforme as subdivisões das seções por classes, subclasse, grupos, subgrupos. A exemplo das classificações usadas na Ciência da Informação para localização e recuperação da informação, é possível localizar um documento de patentes através da sua classificação especializada em quaisquer países que a utilizem, porém é preciso observar similaridades linguísticas e semânticas. Para melhor recuperação de informação é necessário definir descritores e estratégias de buscas.

A recuperação da informação por bancos de dados de patentes pode ser realizada através de palavras-chave, utilizando ainda os operadores booleanos: *and*, *not*, *or*; de proximidade: aspas; e de truncagem: asterisco. Assim cabe ao pesquisador utilizar desse sistema de classificação especializado, obtendo os melhores resultados.

Na pesquisa foi utilizado o modelo de prospecção tecnológica com quatro fases distintas que se pretende seguir: 1 - **fase preparatória**, na qual ocorre a definição de objetivos, escopo, abordagem e metodologia; 2 - **fase pré-prospectiva**, na qual é realizado o detalhamento da metodologia e o levantamento da fonte de dados; 3 - **fase prospectiva**, que se refere à coleta, ao tratamento e à análise dos dados; 4 - **fase pós-prospectiva**, que inclui a comunicação dos resultados, a implementação das ações e o monitoramento. (MAYERHOFF, 2008).

O acesso às informações verdes foi realizado por meio de publicações do Instituto Nacional da Propriedade Industrial - INPI do programa de patentes verdes, do banco de dados gratuito do INPI, juntamente com consultas a outros bancos de dados, para fins de complementação da pesquisa, como o *European Patent Office* - ESPACENET, a *World Intellectual Property Organization* - WIPO.

### 6.3 Principais Resultados Alcançados

O estudo possibilitou traçar um panorama geral do que está sendo pesquisado em tecnologias verdes no cenário nacional, categorizar as instituições de pesquisa, empresas, inventores e que países têm interesse no mercado brasileiro.

Para a realização das análises foram utilizadas publicações disponibilizadas pelo INPI, referente ao acompanhamento das patentes verdes solicitadas a participar do projeto nas fases I e II, juntamente com a busca das patentes na Base de Dados do INPI, para identificar os indicadores, atendendo aos objetivos traçados inicialmente.

Foram analisadas as solicitações de patentes no programa incluindo os pedidos deferidos, indeferidos, não aptos e pedidos em processo de solicitação.

De acordo com o acompanhamento das publicações do INPI, sobre o status das solicitações de patentes verdes, identificou-se 126 solicitações de patentes no programa. A análise das solicitações permitiu classificar os depositantes em residentes (Brasil) com 106 solicitações e em não residentes (outros países) com 20 solicitações.

A identificação de solicitações de patentes advindas de países estrangeiros, no escritório de propriedade industrial do Brasil, mostra a atração no mercado nacional, pois o país é detentor de pesquisas em biomassa e aproveitamento de energias renováveis. O investimento do governo em meio ambiente, os programas e políticas públicas alinhadas à vasta dimensão territorial, clima e vegetação do país geraram e geram interesse estratégico e competitivo por parte de países estrangeiros, pois o Brasil comporta o emprego de diversas tecnologias verdes. (MACEDO, 2003; RASSENFOSSE; DERNIS; GUELLEC, 2013).

A economia do verde ou o *green business* está cada vez mais presente em empresas e instituições de pesquisa. De acordo com Chen (2008), a denominação *green* ou “capital intelectual verde”, também conhecido como “capital intelectual de gestão ambiental” ou “inovação verde”, contribuiu para aumentar a vantagem competitiva das empresas por meio da gestão ambiental ou inovação verde, que o autor caracterizou como uma área em ascensão nos negócios entre países, devido especialmente às tendências das regulamentações internacionais ambientais e da consciência ambiental dos consumidores. A inovação verde agrega vantagens competitivas empresarias e pode ser fator crítico de sucesso para estratégias de negócios nacionais e internacionais.

### 6.3.1 Tendência das Patentes Verdes

A análise dos autores, classificação das áreas e crescimento permitiram traçar as tendências ou trajetórias tecnológicas de pesquisas em desenvolvimento, contribuindo com o mapeamento de tecnologias limpas no país, como fatores determinantes benéficos ao meio ambiente.

A identificação das áreas foi realizada a partir da análise e comparação de duas classificações: a Classificação Internacional de Patentes - CIP e a Listagem das tecnologias verdes, baseada no inventário da OMPI. A análise da CIP revelou as solicitações de patentes em Química, juntamente com Agricultura, Operações de processamento e Engenharia.

O Quadro 2 apresenta as classificações de maior frequência de acordo com os pedidos de patentes verdes.

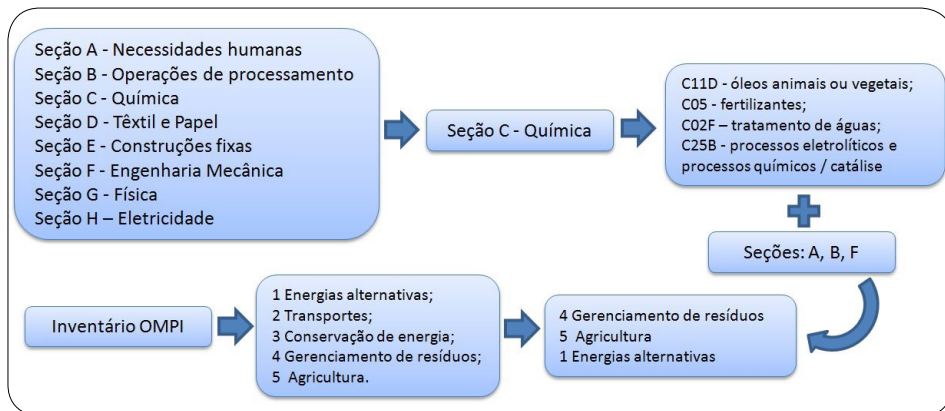
**Quadro 2** - Códigos da CIP que apresentam maior frequência de pedidos

CIP	Definição
A01C	Agricultura - plantio; semeadura; fertilização.
A01G	Agricultura - horticultura; cultivo de vegetais, flores, arroz, frutas, vinhas, lúpulos ou algas; silvicultura; irrigação.
A01N	Agricultura - conservação de corpos de seres humanos ou animais ou plantas ou partes dos mesmos; biocidas, como desinfetantes, pesticidas ou como herbicidas; repelentes ou atrativos de pestes; reguladores do crescimento de plantas.
B01J	Processos ou aparelhos físicos ou químicos em geral.
C02F	Tratamento de água, de águas residuais, de esgotos ou de lamas e lodos.
C05F	Fertilizantes orgânicos resultantes do tratamento de lixo ou refugos.
C07C	Preparação de hidrocarboneto a partir de um ou mais compostos, nenhum deles sendo hidrocarbonetos.
C11D	Óleos animais ou vegetais, gorduras, substâncias graxas ou ceras.
C12P	Bioquímica - Processos de fermentação ou processos que utilizem enzimas para sintetizar uma composição ou composto químico desejado.
C25B	Processos eletrolíticos ou eletroforéticos para a produção de compostos ou de não metais.
F03D	Motores movidos a vento.

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

As classificações identificadas foram comparadas com a listagem das tecnologias verdes, baseada no inventário da OMPI que comporta cinco grandes áreas classificadas como tecnologias verdes: 1 Energias alternativas; 2 Transportes; 3 Conservação de energia; 4 Gerenciamento de resíduos; 5 Agricultura.

A comparação de duas classificações permitiu identificar as principais áreas de pesquisas de acordo com o proposto pela OMPI. A Figura 1 ilustra o caminho para identificação das áreas em desenvolvimento.



**Figura 1** - Caminhos para identificação das áreas de tecnologias verdes

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

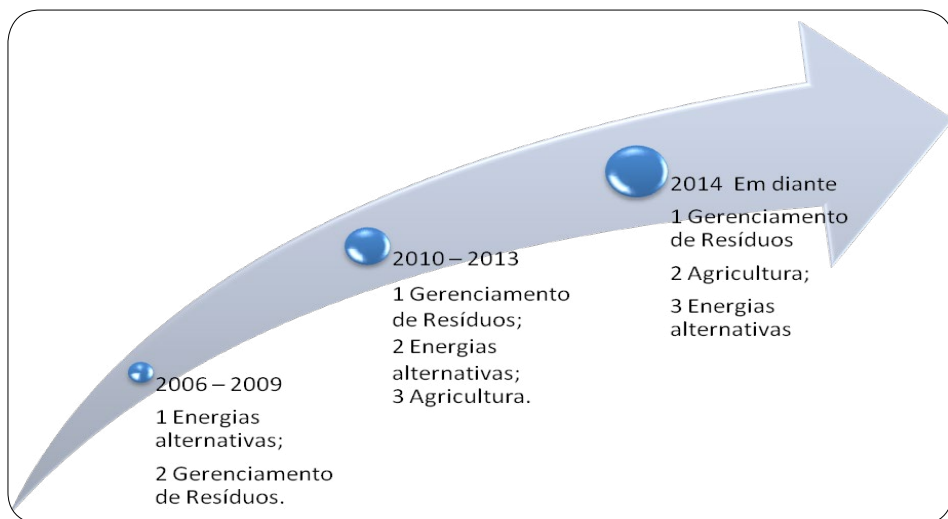
De acordo com o procedimento realizado na Figura 1, foi possível identificar o percentual das áreas técnicas mais procuradas que são as de: gerenciamento de resíduos 45%; agricultura 24%; energias alternativas 22% e demais áreas 9%.

A área de gerenciamento de resíduos foi a que mais obteve solicitações de patentes. Essa é composta por subdivisões, entre elas as classificações mais identificadas foram as relacionadas à: eliminação de resíduos; tratamento de resíduos; utilização de resíduos para a produção de fertilizantes; recuperação ou aproveitamento de resíduos; controle da poluição da água e tratamento de águas residuais ou esgoto.

A área de agricultura foi a segunda com mais solicitações. As pesquisas desenvolvidas foram relacionadas à: melhoria do solo (ex.: fertilizantes orgânicos derivados de resíduos); técnicas de reflorestamento (silvicultura, métodos naturais e artificiais de reflorestamento) e pesticidas alternativos.

No que diz respeito ao campo de energias alternativas, terceira área com mais solicitações, identificaram-se pesquisas sobre: biocombustíveis; aproveitamento de energia a partir de resíduos humanos; energia eólica; energia Solar; resíduos químicos; resíduos industriais.

Comparando as áreas da listagem da OMPI, com os anos pesquisados, foi possível traçar uma tendência das áreas verdes em desenvolvimento, conforme a Figura 2.



**Figura 2** - Tendência das áreas verdes em desenvolvimento por ano

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

A relação das áreas com os anos revela que as pesquisas em desenvolvimento, em inovação verde, estão sendo voltadas ao gerenciamento dos resíduos, à melhoria do uso do solo e soluções dos problemas relacionados à agricultura e ao aproveitamento dos recursos naturais, como: energia solar, energia eólica e biocombustíveis.

Com o crescimento do agronegócio, nos últimos anos, a tendência é de produção e desenvolvimento no setor de gerenciamento de resíduos e agricultura. De acordo com a análise dos autores que solicitaram patentes verdes, é possível prospectar que as pesquisas têm mais perspectivas de serem realizadas por inventores individuais, empresas nacionais sem excluir as internacionais, com tendências de crescimento em pesquisas realizadas por universidades nacionais. Com base nos assuntos e categorias pesquisas, é possível afirmar uma forte tendência do crescimento de pesquisa e desenvolvimento em tecnologias verdes nacionais e que tais pesquisas verdes aumentem e incentivem a realização de outras pesquisas em diversos contextos e panorama tecnológicos.

## 6.4 Considerações Finais

As tecnologias ditas ambientalmente amigáveis, por não agredirem o meio ambiente, configuram-se como acréscimo aos estudos de ciência e tecnologia. O Programa Patentes Verdes, conduzido em diversos escritórios de propriedade industrial no mundo, foi iniciado com sucesso no



Brasil, pelas significativas mudanças em P&D, segundo análise patentométrica de área e ano.

Os métodos patentométrico utilizado para alcançar os resultados da pesquisa sobre patentes verdes possibilitou traçar uma perspectiva das tendências tecnológicas, das regiões que mais realizam pesquisas, inclusive permitindo identificar quem desenvolve pesquisas verdes no Brasil.

O desenvolvimento de pesquisas em inovação verde volta-se ao aproveitamento dos recursos naturais, incluindo gerenciamento dos resíduos, agricultura, energia solar, energia eólica e biocombustíveis. Constatou-se que o crescimento das áreas com maior quantidade de patentes está diretamente relacionado aos gastos e investimentos realizados pelo governo e/ou empresas, em cada setor.

A análise das patentes verdes apresenta uma prospecção do cenário das pesquisas em inovação tecnológica verde, que tem como autores e/ou potenciais investidores, empresas internacionais interessadas no mercado verde brasileiro, no crescimento do negócio verde e na economia alinhadas com projetos em prol do meio ambiente. Apesar das ações e programas existentes e das pesquisas em andamento atualmente, essas ainda são em quantidade insuficientes para resolver uma série de graves problemas associados à água, energia, saúde, agricultura, biodiversidade e pobreza.

Certamente o planeta passa por diversas alterações climáticas, as economias dos países estão cada vez mais interligadas para dar atenção e buscar na natureza soluções para questões práticas, tecnologias modernas, com baixo custo, sem agressão ao meio ambiente e com a capacidade de mudanças e melhorias de rotinas. Dado o sucesso dos Programas de Patentes Verdes no Brasil e no mundo, prospecta-se que outros países, também os implantem em seus escritórios, aproximando o interesse estratégico e competitivo do negócio verde e que ao mesmo tempo os liberem das agressões.

## Referências

CHEN, Yu-Shan. The positive effect of green intellectual capital on competitive advantages of firms. **Journal of Business Ethics**, vol. 77, n.3, p. 271-286, fev. 2008.

ESPAENET. European Patent Office. Turbina eólica de energia para veículos elétricos e híbridos. Disponível em: <<http://www.epo.org/searching/free/espacenet.html>>. Acesso em: 20 fev. 2013.

GUZMÁN SÁNCHEZ, Maria Victoria. **Patentometría: herramienta para el**

**análisis de oportunidades tecnológicas.** 130f. Tese (Doutorado em Gerência de Información Tecnológica) - Facultad de Economía, Universidad de La Habana, Cuba, 1999.

INPI. Diretoria de Patentes – DIRPA. **Tabela de códigos de despachos de pedidos, Patentes:** inclui as de MI/DI expedidas na vigência da Lei 5772/71 e certificados de adição de invenção. RPI 2240, dez. 2013. Disponível em: <<http://revistas.inpi.gov.br/pdf/PATENTES2240.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2014.

KUPFER, D.; TIGRE, P.B. **Modelo SENAI de prospecção:** documento metodológico. Capítulo 2: Prospecção Tecnológica. In: Organización Internacional Del Trabajo CINTERFOR. Papeles de La Oficina Técnica, n.14, Montevideo: OIT/CINTERFOR, 2004.

MACEDO, Isaias Carvalho. (Coord.). **Estado da arte e tendências tecnológicas para energia.** Brasília: CTEnergy; CGEE, 2003.

MARICATO, João de Melo; NORONHA, Daisy Pires; FUJINO, Asa. Análise bibliométrica da produção tecnológica em biodiesel: contribuições para uma política em CT&I. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO, 2008, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://www.ancib.org.br/pages/anais-do-enancib.php>>. Acesso em: 31 maio 2012.

MAYERHOFF, Zea D. V. L. Uma Análise Sobre os Estudos de Prospecção Tecnológica. **Cadernos de Prospecção**, Bahia, v.1, n.1, p.7-9, 2008.

MORAIS, S. M. P.; GARCIA, J. C. R. Inovação tecnológica em publicações brasileiras da ciência da informação. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO, 2012, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <<http://www.eventosecongressos.com.br/metodo/enancib2012/arearestrita/pdfs/19342.pdf>>. Acesso em: 4 fev. 2013.

OMPI. Organização Mundial da Propriedade Intelectual. **Curso Geral de Propriedade Intelectual.** Disponível em: <<http://www.wipo.int/>>. Acesso em: 26 mar. 2009.

QUINTELLA, C. M. et al. Prospecção tecnológica como uma ferramenta aplicada em ciência e tecnologia para se chegar à inovação. **Revista Virtual Química**, v.3, n. 5, p. 406-415, dez. 2011. Disponível em: <<http://www.uff.br/RVQ/index.php/rvq/article/viewFile/193/203>>. Acesso em: 05 jan. 2013.

RASSENFOSSE, G.; DERNIS H.; GUELLEC D. The worldwide count of priority patents: a new indicator of inventive activity. **Research Policy**, v. 42, p. 720–737, 2013.

REIS, P. C.; OSAWA, C.; MARTINEZ, M. E. et al. Programa das Patentes Verdes no Brasil: aliança verde entre o desenvolvimento tecnológico, crescimento econômico e a degradação ambiental. In: CONGRESSO LATINO-IBEROAMERICANA DE GESTÃO DE TECNOLOGIA, ALTEC, 2013, Porto, Portugal. **Proceedings...** Porto, Portugal, 2013. Disponível em: <[http://www.altec2013.org/programme\\_pdf/1518.pdf](http://www.altec2013.org/programme_pdf/1518.pdf)>. Acesso em: 19 jan. 2014.

WIPO. World Intellectual Property Organizaton. **Standard ST.9:** recommendation concerning bibliographic data on and relating to patents and SPCs, fev., 2008. Disponível em: < <http://web2.wipo.int/wipostad/en/standards/st9-en>>. Acesso em: 22 maio 2013.

“O conteúdo expresso neste capítulo é de inteira responsabilidade das autoras”

As autoras autorizam a publicação e distribuição gratuita deste e-book por meio da editora ou canais de distribuição por ela indicados.



## Capítulo 7

# ***Janelas de Oportunidades para Proteínas Terapêuticas: Identificação de Tendências Tecnológicas***

***Luciana da Silva Madeira***

*Instituto Oswaldo Cruz – Fundação Oswaldo Cruz*

*luciana.madeira@ioc.fiocruz.br*

***Suzana Borschiver***

*Escola de Química – Universidade Federal do Rio de Janeiro*

*suzana@eq.ufrj.br*

***Nei Pereira Jr.***

*Escola de Química – Universidade Federal do Rio de Janeiro*

*nei@eq.ufrj.br*

Atualmente, as organizações devem antecipar as oportunidades e ameaças, sendo esse o grande diferencial em atingir e/ou manter uma importante posição no mercado. Esse diferencial de valor não é fácil adquirir, mas o domínio de certas áreas deve ser mais valorado, tais como as patentes, *know-how*<sup>17</sup>, capital intelectual e a promoção das atividades em redes. Também a assimilação do conhecimento tácito dos seus integrantes faz parte desse diferencial, pois as decisões tomadas pelas organizações, visando o desenvolvimento de novos produtos, baseiam-se tipicamente na disponibilidade de recursos, competências e no retorno estimado sobre o investimento, podendo também comprar tecnologias desenvolvidas.

Os investimentos em inovação tecnológica estão cada vez mais migrando do setor de química fina para as áreas biotecnológica e nanotecnológica, tanto nos países desenvolvidos como em desenvolvimento. No Brasil, mesmo com as pesquisas avançando nessa área, ainda há muito que se fazer para o progresso da nação, devido à fragilidade que existe na integração entre a produção científica, desenvolvimento tecnológico e industrial, acarretando em uma grande desvantagem para o país. Além disso, as políticas públicas e de regulamentação brasileira avançam com

**17** *Know-how* é um conjunto de informações (normalmente não patenteáveis) com as quais se consegue fabricar um produto ou reproduzir determinado processo, ou seja, é o conhecimento de como executar alguma tarefa (WONGTSCHOWSKI, 2002).

certa dificuldade, devido principalmente ao aprendizado autônomo, não sendo desejável que o marco regulatório sanitário dos países desenvolvidos seja reproduzido no Brasil, para que essa fatia do mercado interno não seja concedida para os grandes atores desse segmento (ABIFINA, 2010 [1]).

Contudo, a necessidade de realizar a produção de biofármacos no Brasil tem sido cada vez mais importante. Essas moléculas, conhecidas também como proteínas terapêuticas obtidas através de um bioproceto, são ingredientes farmacêuticos ativos (IFAs) utilizados na formulação de medicamentos denominados especializados. Esses medicamentos biotecnológicos são normalmente bastante custosos e adquiridos mundialmente em grandes quantidades pelo serviço governamental de saúde pública, para o fornecimento a pessoas que não têm acesso a eles. O mercado mundial gasta cerca de US\$ 160 bilhões, sendo R\$ 10 bilhões somente no Brasil e dos dez medicamentos mais vendidos mundialmente, cinco são biotecnológicos (UNIÃO QUÍMICA, 2012). É importante ressaltar que entre os anos de 2003 e 2011, o custo do Ministério da Saúde brasileiro (MS) para a aquisição dos medicamentos especializados aumentou mais de seis vezes, atingindo o valor de R\$ 3 bilhões, o que demonstra a necessidade de obtenção dessas moléculas em solo nacional, a fim de diminuir os gastos com a importação desses produtos. Esse valor é referente a 31% do orçamento de 2011, destinado à compra de todos os medicamentos financiados pelo MS, além dessa ser a categoria do ministério que mais recebe recursos do governo (MOYSÉS Jr, 2011).

Porém, a produção de biofármacos requer um desafio tecnológico extraordinário, envolvendo tecnologias complexas, passando por processos com reações biológicas altamente sofisticadas, sistema de purificação de alto desempenho, controle de qualidade com metodologias altamente sensíveis, entre outras abordagens que estão envolvidas para sua fabricação. O Brasil aos poucos está adquirindo experiência nessa área, mas ainda encontra-se bastante atrasado em relação aos concorrentes do BRICS, que é o mercado de países emergentes composto por Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul. No período em torno do ano 2000 houve como vantagem o apoio do governo, que estava consciente da importância do país em adquirir a autossuficiência tecnológica, mas que atualmente está comprometida devido à crise política do Brasil. Como os nossos concorrentes têm no mínimo 10 anos de experiência nessa área, parcerias com diversas colaborações de grupos internacionais bastante capacitados estão sendo desenvolvidas para que em poucos anos o Brasil esteja no mesmo patamar de seus concorrentes (ABIFINA, 2010 [2]).

Para incentivar, o governo brasileiro inaugurou um modelo competitivo de parcerias entre as empresas públicas e privadas, as “Parcerias

para o Desenvolvimento Produtivo” (PDP) articulado pelo MS com o intuito de estimular a nacionalização de importantes medicamentos. Durante um encontro do Grupo Executivo do Complexo Industrial da Saúde (Gecis), em Junho de 2013, foram estabelecidas 27 PDPs, com a finalidade de produzir no Brasil 14 medicamentos biológicos, sendo eles: trastuzumabe, cetuximabe, L-asparaginase, filgrastima, rituximabe, adalimumabe, certolizumabe, etanercepte, infliximabe, insulina, somatropina, bevacizumabe, cola fibrina e vacina alergênica (AGÊNCIA SAÚDE, 2013).

Portanto, é necessário consolidar um conhecimento técnico-científico sobre o assunto, obtendo informações para contribuir com os grupos atuantes nessa área, proporcionando aos profissionais o conhecimento necessário para ser empregado nessa ocasião, em que muitos acreditam talvez seja o último momento que permitirá a entrada no “trem” do desenvolvimento da indústria farmacêutica. O fornecimento de informações confiáveis pode apontar para janelas de oportunidade, como exemplo o tempo de expiração de uma patente, para avançar na produção de biofármacos, seja de forma individual ou através das “Parcerias Público-Privadas” (PPPs).

Porém é preciso adaptação das empresas interessadas nesse mercado para ser inseridas nesse mundo de negócios, onde a economia de competição global tem uma nova dinâmica competitiva, já que as vantagens conquistadas têm um ciclo cada vez mais curto. Para resistir atualmente nesse mundo é necessário reconhecer o ambiente de negócios, sendo fundamental criar uma cultura de valorização da pesquisa, atividades de prospecção e planejamento fundamentado em informações. Porém, com a quantidade de informações geradas em um curto intervalo de tempo, o que demonstra um cotidiano de mudanças constantes, é necessário que a escolha e apresentação desses dados sejam de forma concisa e objetiva para ser obtido o conhecimento desejado (BORSCHIVER, 2010).

## 7.1 Apresentação do Caso

Esse capítulo tem por objetivo apresentar uma análise prospectiva realizada para seis proteínas terapêuticas (Betainterferona, Fator VIII, Filgrastima, Imiglucerase, Infliximabe e Somatropina), previamente selecionadas conforme o interesse direto do Brasil devido sua importância médica e que apresentam alto custo para aquisição por não serem produzidos no país. Foram utilizadas técnicas de mineração de dados (*data mining*) utilizando como fonte de informação as patentes depositadas em escritórios internacionais até o ano 2011, conforme apresentado na

tese de doutorado da autora Luciana da Silva Madeira (MADEIRA, 2013). Além disso, a utilização do programa *VantagePoint* da empresa *Search Technology, Inc.* para o tratamento dos dados e a geração de inteligência competitiva também foi utilizada nesse estudo, para a incorporação do conhecimento tecnológico, com avaliação das tendências e formação de imagens de futuro, sendo nessa etapa a análise das características e atribuições dos biofármacos muito importante para a geração do conhecimento.

É primordial ressaltar que a grande motivação para realização desse estudo foi realizar um estudo prospectivo para compreensão das principais tendências tecnológicas, com visão de janela de oportunidade, para obtenção de proteínas terapêuticas a baixo custo, devido ao aumento no número de pessoas que necessitam desses medicamentos

Portanto, uma possível saída é incentivar a competitividade da indústria brasileira, aumentar a participação do país no comércio internacional, acelerar o crescimento econômico e criar novos postos de trabalho. Na prática, significa ter foco na inovação e integração entre pesquisa e produção, buscando o desenvolvimento de produtos e processos biotecnológicos inovadores, elevar a eficiência produtiva, ampliar a capacidade de produção das empresas e expandir as exportações.

Para justificar a importância desse estudo, baseado em dados disponíveis pelo Ministério da Saúde, alguns valores podem ser relacionados:

- Utilização de uma parte considerável do orçamento com aquisições de medicamentos, que podem ser produzidos em solo nacional, por empresas públicas e privadas;
- Estímulo da capacidade produtiva de medicamentos básicos, estratégicos, excepcionais e imunobiológicos no próprio país;
- Geração de conhecimento que poderá orientar os formuladores de políticas de Ciência & Tecnologia no país.

Para finalizar, a expectativa é que esse estudo de caso contribua para diminuição da dependência de empresas transnacionais na aquisição de medicamentos necessários para a saúde pública brasileira, os quais afetam a assistência médica em todo o mundo.

Mas o que é melhor para o Brasil diante do cenário internacional, será que realmente o mais apropriado é buscar inovações tecnológicas na área de biofármacos? Ou, o ideal é produzir biossimilares após a expiração das patentes dos produtos originais? Essa é uma importante pergunta estratégica a ser respondida, a fim de melhor adequar nesse momento à indústria brasileira de biomedicamentos (ABIFINA, 2014).



## 7.2 Descrição da Aplicação das Ferramentas de Prospecção Tecnológica

Um estudo de prospecção tecnológica é de grande importância nos dias atuais para orientar os investimentos no setor de interesse em médio e/ou longo prazo. Atualmente, líderes governamentais e empresas privadas utilizam essa ferramenta para a fundamentação do processo de análise do futuro, para que qualquer investimento referente à inovação tecnológica resulte em uma vantagem competitiva e sustentável. A prospecção tecnológica é realmente uma ferramenta poderosa, pois é capaz de projetar as necessidades do mundo no futuro, criando condições de entendê-lo no presente, já que é respaldada em um conjunto de informações estruturadas e em opinião qualificada (BAHRUTH, ANTUNES e BOMTEMPO, 2006).

Nos últimos anos os estudos prospectivos, realizados principalmente na Europa, têm como objetivo identificar as prioridades de pesquisa e inovação, sempre baseadas em cenários futuros de desenvolvimento da ciência, tecnologia, sociedade e economia. Assim, o órgão da União Européia, a CORDIS (*Community Research and Development Information Service for Science Research and Development*), afirma que a Prospecção Tecnológica envolve atividades relativas a pensar, debater e formar o futuro (BORSCHIVER, 2010).

Assim, o estudo de prospecção tecnológica pode ser realizado através de diversas técnicas, que ao final irá analisar quatro componentes iterativos: fatos, tendências, imagens de futuro e ações. O resultado pode ser considerado como futuro, apesar de ser um tempo que ainda não aconteceu, mas vai acontecer. Para realizar uma prospecção, de forma resumida, devem ser coletadas as informações através de fatos (dados) sobre o objeto de estudo, avaliar as tendências, obtendo imagens de futuro e auxiliar nas ações que irão compor o futuro desejado (ALENCAR, 2008).

### 7.2.1 Seleção de Dados

Para realizar a avaliação prospectiva desse estudo, foi priorizado como fonte de informação os documentos de patentes. Foi selecionada como base para busca de patentes o programa pago *Derwent Innovations Index* (DII), pois trata-se de uma base abrangente, com acesso a diversos bancos mundiais de patentes, tal como INPI, USPTO, EPO, JPO, WIPO e DEPASTISnet. O DII é um dos programas da empresa Thompson Innovation.

Como estratégia de busca no banco de dados DII, as palavras chaves em inglês (sinônimos) das proteínas terapêuticas foram previamente selecionadas através do programa *Scifinder*, uma ferramenta do *Chemical Abstract Service* (CAS), desenvolvido para uso de pesquisadores em ciências da vida e ciências de materiais.

Para focar a pesquisa no DII conforme o interesse desse estudo, também foi utilizada a Classificação Internacional de Patentes (CIP) ou *International Patent Classification* (IPC) na língua inglesa, a qual estabelece uma classificação comum para documentos de patentes, com o principal objetivo de constituir uma ferramenta de busca eficaz para a recuperação desses documentos (IPC, 2012). Para a classificação de patentes da área de Biotecnologia foram utilizadas as palavras chaves, em conjunto com os seguintes códigos de CIP:

- A61K (Preparações para Finalidades Médicas, Odontológicas ou Higiênicas);
- A61P (Atividade Terapêutica Específica de Compostos Químicos ou Preparações Medicinais);
- C12N (Micro-organismos ou Enzimas; suas Composições; Propagação, Conservação, ou Manutenção de Micro-Organismos; Engenharia Genética ou de Mutações; Meios de Cultura).

Porém, para complementar a avaliação de produção tecnológica, o estudo foi fundamentado com a busca por patentes através do DII na janela “*search*”, utilizando na opção “*topic*” o nome do produto biológico selecionado ou de seus sinônimos, além da opção “*Int. Patent Classification*” os códigos A61K\*, A61P\* ou C12N\* e selecionando o período de 1963-2011 (*timespan*).

É nessa etapa que o conhecimento do assunto é gerado. Com a coleta dos dados já realizada, a análise das patentes e a consolidação das informações resultaram na prospecção sobre as proteínas terapêuticas (Betainterferona, Fator VIII, Filgrastima, Imiglucerase, Infliximabe e Somatropina). Os documentos de patente selecionados tiveram as informações analisadas em três grandes conjuntos. No conjunto *macro* foi observado o ano de depósito, a análise geográfica e os maiores depositantes de patentes. Na análise *meso* foram classificadas as aplicações das proteínas terapêuticas estudadas na área de Biotecnologia conforme os códigos de CIP, localizados na folha de rosto de cada patente. E, por último, a análise *micro* de cada patente foi realizada através de uma criteriosa leitura do quadro reivindicatório e do relatório descritivo das patentes de interesse que foram selecionadas. Somente a análise *micro* está apresentada nesse estudo de caso, sendo que a análise completa pode ser obtida consultando a tese de doutorado de Luciana da Silva Madeira

(MADEIRA, 2013).

Como foi obtido um elevado número de patentes (17.024 patentes), recorreu-se a uma ferramenta computacional para facilitar essa análise. Assim, o tratamento das informações extraídas dos documentos de patente teve como finalidade a obtenção de uma abordagem qualitativa e quantitativa.

### 7.2.2 Ferramenta de Inteligência Competitiva – *VantagePoint*

A utilização como ferramenta competitiva o programa *VantagePoint* (VP) disponibilizado para o estudo pelo Centro de Desenvolvimento Tecnológico em Saúde (CDTS) da Fiocruz, foi bastante eficaz, já que os elaboradores do programa estabelecem uma integração com diversos bancos de dados através de filtros (*filters*) importados através do próprio programa a fim de realizar a interface do VP com os mais diversos programas de informações (exemplo: base de artigos e patentes, como *Cambridge Scientific Abstracts*, *Delphion*, *Dialog*, *ISI Web of Knowledge*, *PubMed*, *Scopus*, *Thompson Innovation*, *USPTO*, entre outros) e tal como o desenvolvimento de ferramentas para facilitar a utilização, como os *macros*, que são pequenos programas que realizam ações determinadas (exemplo: leitura correta de datas disponibilizadas em formatos diferentes – dd/mm/aaaa ou mm/dd/aaaa, juntar as equipes de autores que publicam juntos). Além disso, é possível importar e até solicitar a empresa *Search Technology, Inc.* a criação de um dicionário (*thesauri*) específico para a leitura dos dados disponibilizados na fonte de informações e assim facilitar a análise dos dados importados para o programa (como exemplo: padronizar o nome do país com abreviações comuns e nomes alternativos). Esses arquivos facilitadores também podem ser solicitados pelo usuário conforme a sua necessidade.

Para realizar a avaliação dos depósitos de patente utilizando o programa VP, que é um programa de mineração de texto (*data mining*), as etapas realizadas para a utilização se constituíram em:

- a) Buscar e extrair as patentes do banco de dados *Derwent Innovations Index*;
- b) Estruturar um banco de dados com as patentes selecionadas;
- c) Importar os dados para o programa *VantagePoint*;
- d) Extrair as patentes duplicadas;
- e) Analisar as informações com a geração de listas, matriz e redes.

A avaliação foi realizada com uma busca de patentes no DII, o qual disponibiliza para o usuário um procedimento rápido que permite salvar as patentes selecionadas em um arquivo no formato .txt, sendo esse reconhecido pelo VP como um banco de dados. Essa facilidade de estruturar os dados para obter a integração com o programa VP na mineração de texto é um fator a favor para utilização do *VantagePoint*.

Atualizando o programa *VantagePoint* com os filtros do *Derwent Innovations Index*, os dados brutos obtidos na etapa de coleta de dados foram importados para o VP e, em seguida, as patentes que se repetem (duplicadas) foram extraídas. Com a realização desse simples procedimento, os dados foram analisados com as mais diversas ferramentas do programa para gerar as listas, matrizes e redes de parcerias, se necessário.

O *Aduna Cluster* é uma das ferramentas presente no programa *VantagePoint* que serve para detalhar através de diagramas conjuntos que apresentam dados com interseção, interativo a visualização co-ocorrência (diagrama de Venn). As redes geradas nesse estudo teve como intuito a identificação das parcerias entre as empresas depositantes, através das patentes depositadas em conjunto.

## 7.3 Principais Resultados Alcançados

Determinar as tendências tecnológicas através da análise de patentes traz grandes vantagens para as empresas, pois permite uma boa visualização do mercado, identificando um excelente nível de resumo das informações relevantes, tais como: tecnologias, empresas atuantes (*players*), mercados e parcerias. Além disso, as patentes são fontes de informação para acompanhamento do desenvolvimento tecnológico dos países, sendo utilizado como indicador de desenvolvimento tecnológico e de inovação, pois é uma fonte de informação padronizada, de qualidade, confiável, que descreve uma série histórica e utiliza uma classificação internacional.

Diante desses fatos, foi possível fazer o levantamento de algumas informações importantes para esse estudo de prospecção tecnológica, conforme apresentado resumidamente no item 3.1, utilizando as patentes obtidas das moléculas escolhidas, a fim de se alcançar uma visão da produção mundial das proteínas terapêuticas selecionadas.

### 7.3.1 Identificação dos Tipos de Depositantes de Patentes

A utilização dos dados do DII com o intuito de identificar as empre-

sas e/ou instituições que depositam as patentes (*players*) é bastante interessante para o mercado, pois além de identificar os *players* detentores de tecnologia, pode também ser alvo de uma futura parceria.

Conforme exposto anteriormente, essa avaliação foi realizada a partir dos dados obtidos no DII, utilizando-se o VP para a mineração de texto. Entre os depositantes dos seis biofármacos estudados estão presentes as empresas *Big-Pharmas*, ou seja, as detentoras de tecnologias consolidadas. Além destas, foram observadas as empresas *Non-standard* que são as portadoras de tecnologia de futuro, podendo ser empresas emergentes ou *spin-offs* com importante presença no patenteamento (ALENCAR, 2008).

Também foi possível identificar os fornecedores dos produtos comerciais, sendo que as empresas *Big-Pharmas* continuam sendo as detentoras de tecnologia na produção desses biofármacos. Cabe destacar que para as seis proteínas terapêuticas não existe um só depositante de patente majoritário, pois o maior depositante apresentado nesse grupo de estudo foi a empresa americana Emisphere Technologies Inc., com um percentual de 13,5% no total das patentes selecionadas para o biofármaco Filgrastima. Já para demais proteínas, os depositantes majoritários tiveram percentual menor que 9%. É interessante mencionar que a empresa Emisphere foca no melhoramento terapêutico através da Eligen Technology® com o objetivo de tornar possível a administração por via oral dos biofármacos, sem modificação da sua forma química ou atividade biológica, ou então por outras vias de administração tal como: bucal, retal, por inalação ou intra-vaginal. Assim, a Eligen Technology® facilita ou permite o transporte de moléculas terapêuticas através das membranas mucosas do trato gastrointestinal, para atingir a circulação geral onde, após a dissociação do seu suporte, estará livre para obter o seu efeito farmacológico. Esse objetivo da empresa Emisphere Technologies é devido à disponibilidade das proteínas terapêuticas serem normalmente por injeção, sendo que em muitas propostas de melhoramento para administração dos biofármacos os seus benefícios são limitados devido à baixa biodisponibilidade, ação de início lento ou absorção variável. A empresa Emisphere Technologies realiza esses desenvolvimentos, tanto em colaboração com empresas farmacêuticas e de biotecnologia (exemplo: parceria com a empresa Novo Nordisk A/S) como de forma independente (EMISPHERE, 2013).

Vale ressaltar que essa não é uma inovação buscada somente pela empresa Emisphere, já que a empresa israelense Protalix Biotherapeutics também está desenvolvendo uma apresentação oral para a enzima Glucocerebrosidase, a qual encontrava-se em estudo clínico Fase I no período desse estudo. Esse procedimento inovador baseia-se em encapsular a proteína dentro de células de cenoura que foram geneticamente

modificadas para expressar a Glucocerebrosidase. As células de plantas apresentam uma parede celular de celulose, o que as tornam resistentes à degradação enzimática quando passam através do trato digestivo. Assim, a célula de planta serve como um veículo de entrega (*delivery*) para obter a enzima em forma ativa na circulação sanguínea (PROTALIX, 2013).

Pode-se observar uma grande influência dos depositantes *Individual*, sendo que esses, na maioria das vezes, depositam em parceria com as Empresas, Centros de Pesquisas ou Universidades. Outra avaliação é o grande número de depósitos das empresas *Non-standard*, superando o quantitativo de depósitos das *Standard*, o que significa uma mudança no mercado biotecnológico, na busca pelas empresas emergentes ou *spin-offs* na inserção nesse mercado frente às empresas farmacêuticas líderes. Exemplos desses tipos de depositantes serão apresentados a seguir no item 7.3.2.

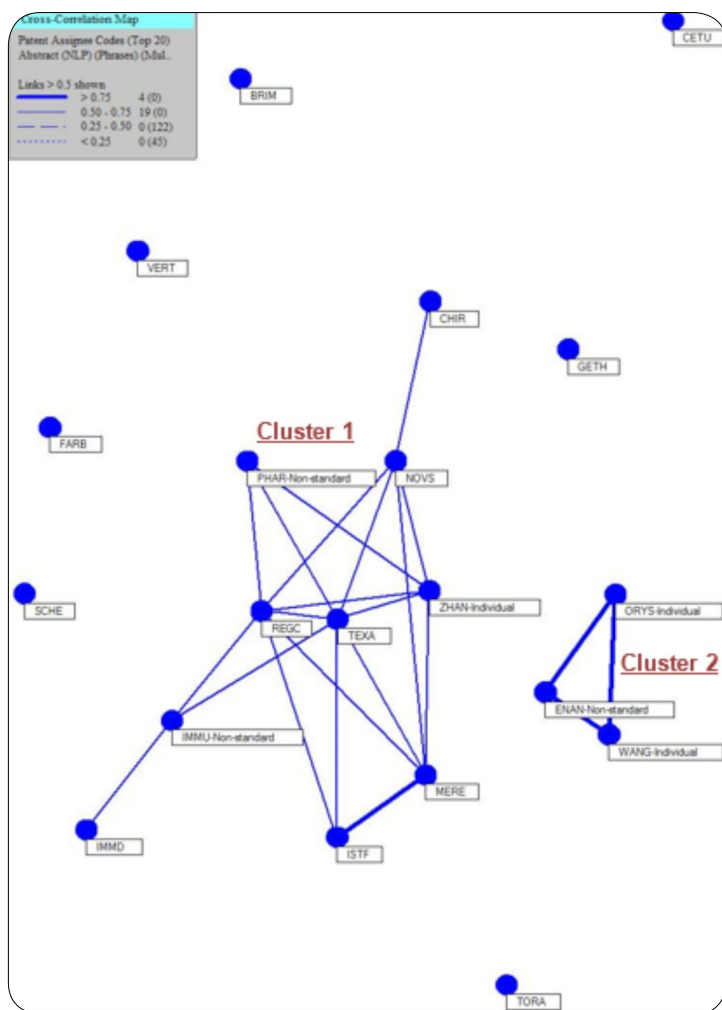
### **7.3.2 Geração de Redes no *Aduna Cluster***

As redes foram geradas através da correlação cruzada dos 20 maiores depositantes de patentes para cada proteína terapêutica, obtidos pelo programa *VantagePoint* e apresentados a seguir. Também foram avaliados os *Clusters* mais importantes constituídos na formação de redes. Os *Clusters* são formados através da conexão entre as empresas depositantes as quais estabelecem uma parceria. O critério estabelecido para definir a ligação como uma forte parceria foi à correlação acima de 0.75, traçada pelo próprio programa.

#### **7.3.2.1 *Betainterferona:***

Foi gerado a rede para a proteína Betainterferona, o qual apresentou dois clusters conforme apresentado na Figura 1. O *Cluster 1*, bastante complexo, apresenta The University of Texas System (TEXA) como o depositante principal da rede entre empresas consolidadas como Chiron (CHIR), Novartis (NOVS), Immunomedicis (IMMD), Merck Serono (MERE) e Serono (ISTF), além de um depositante individual (Zhang H), empresas não consolidadas (Pharma Pacific PTY Ltd e Immunomedicis Inc) e da Universidade da Califórnia (REGC). Nesse *Cluster* não foi diagnosticado um patenteamento majoritário, o que demonstra que esse conjunto não é ligado por somente um estudo, mas sim por diversos estudos realiza-

dos separadamente e que estão interligados pela The University of Texas System. Já o pesquisador Zhang H é um depositante importante devido aos diversos depósitos sobre esse assunto com grandes empresas, tais como: Abbott, Alza, Inhale Therapeutic, Monsanto Technology, Bayer Healthcare e Novartis.



Legenda/ Código dos depositantes:

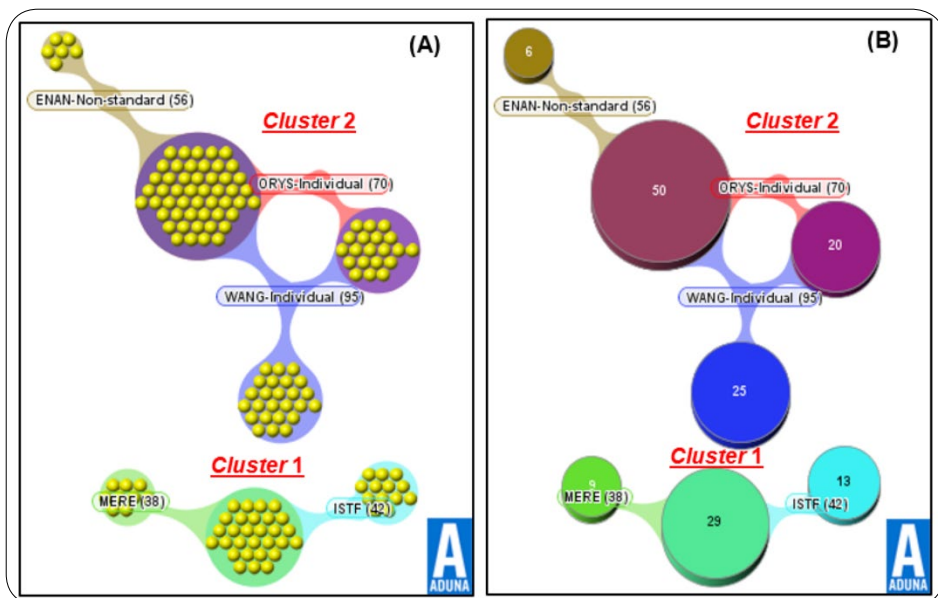
**Cluster 1:** CHIR – Chiron Corp/ NOVS – Novartis AG/ TEXA – Univ Texas System/ REGC – Univ California/ MERE – Merck Serono SA/ ISTF – Lab Serono SA/ IMMD – Immunomedicis Inc/ PHAR-Non-Standard – Pharma Pacific PTY Ltd/ ZHAN-Individual – Zhang H/ IMMU-Non-Standard – Immuno Biological Lab Co Ltd

**Cluster 2:** ENAN-Non-Standard – Enanta Pharm Inc/ ORYS-Individual – Or Y S / WANG-Individual – Wang Z

**Figura 1** - Rede de depositantes sobre a proteína Betainterferona.

Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na base *Derwent Innovations Index* até o ano de 2011.

Uma ligação bastante forte apresentada pelo *Cluster 1* está entre as empresas Merck e Serono (Figura 2), sendo essa última a produtora da proteína Betainterferona-1a (produto comercial Rebif). A Merck Serono é uma divisão da Merck KGaA que foi criada após a compra da empresa biotecnológica Serono no ano de 2007, sendo responsável por produtos que inclui moléculas obtidas através da tecnologia de recombinação genética do DNA para tratamentos de câncer, esclerose múltipla, entre outras patologias (MERCK, 2013).



**Figura 2** - Mapa obtido pelo Aduna Cluster - *Cluster 1* e *Cluster 2* sobre a proteína Betainterferona, com as patentes depositadas em conjunto: (A) Ícones em dots; (B) Ícones em números.

Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na base *Derwent Innovations Index* até o ano de 2011.

Na Figura 2 (B) pode-se observar que a empresa Merck depositou 38 patentes sobre o assunto e a Serono realizou o depósito de 42 patentes, sendo que, dentre estas, 29 patentes foram depositadas em conjunto, entre o período de 2003 e 2011, ou seja, antes da aquisição da empresa Serono pela Merck.

As patentes em conjunto entre as empresas Merck e Serono (*Cluster 1*) apresentam diversos objetivos, tais como: desenvolvimento da Betainterferona através de conjugação (WO9955377, WO9932141), formulação de medicamento (WO2006114387), utilização da substância para a produção de um medicamento para tratamento de fibrose (WO2003084560), expressão do gene de interesse e produção de medi-



camento para terapia a base de DNA (WO2005040384, WO2004081167, WO2008148881), formulação de medicamento líquido para tratamento de esclerose múltipla a base de Betainterferona peguilada (WO2009080699), utilização de Betainterferona recombinante para produção de medicamentos no tratamento de infecções geradas pelo vírus da Hepatite C (WO2003101478), entre outros.

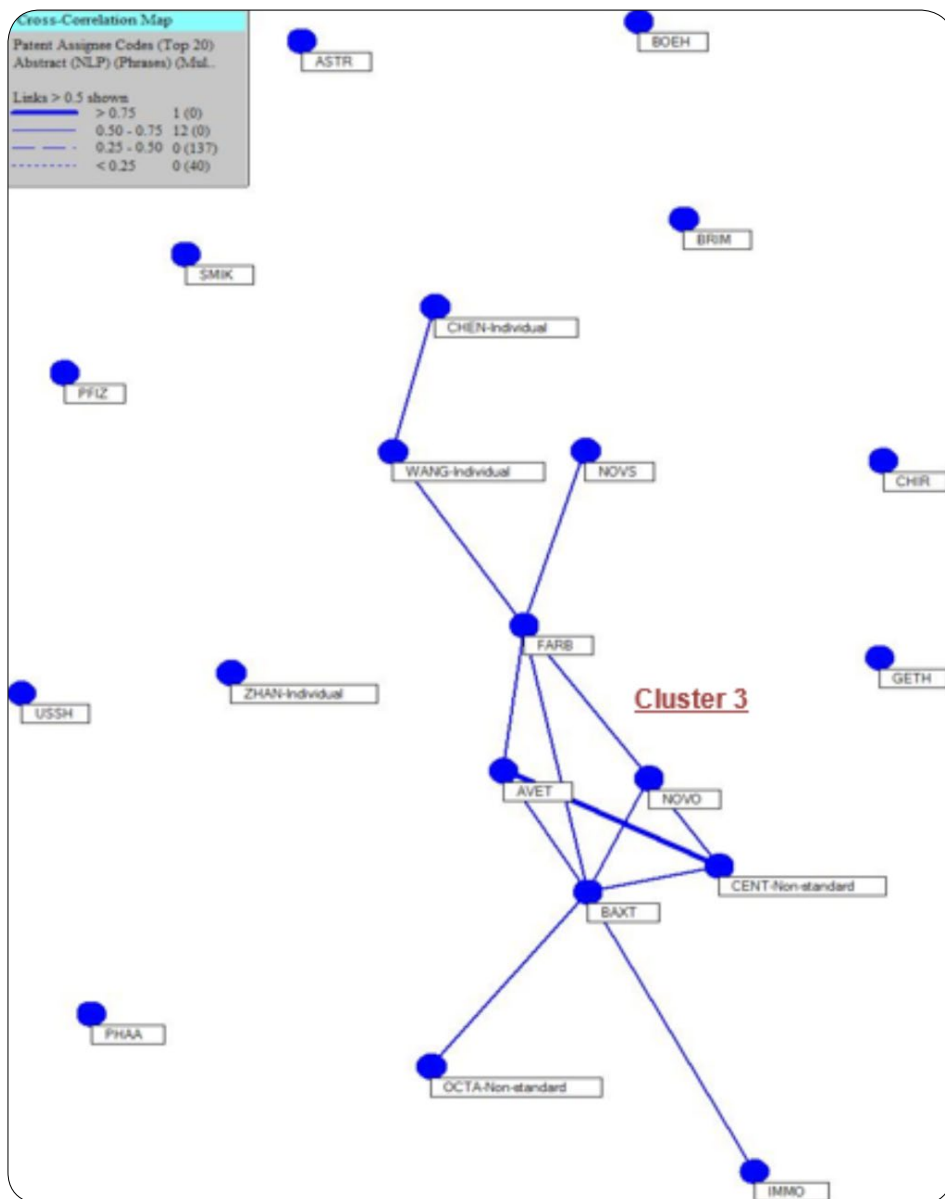
Portanto, ficou bastante visível que as empresas Merck e Serono têm o interesse no desenvolvimento de um medicamento com melhor ação, além de formulação e tratamento.

O *Cluster 2* é interessante por apresentar uma ligação entre dois depositantes individuais (Wang Z e Or Y S) e uma empresa não consolidada (Enanta Pharm Inc), conforme apresentado na Figura 2. Esses três depositantes somam 221 patentes depositadas, sendo que dessas, 50 foram depositadas em conjunto, podendo-se destacar: US2008125444, WO2009117594, WO2011031934, US2005153877, WO2009064955 e WO2009079353. Essas patentes relatam sobre a composição farmacêutica, com novos compostos oximil macrocíclicos, utilizados para inibição da replicação do vírus de Hepatite C e no tratamento de infecções desse mesmo vírus, ou seja, as empresas desse *Cluster* estão interessadas na composição do medicamento para o tratamento da Hepatite C.

Vale lembrar que o tratamento com a Betainterferona é indicado para esclerose múltipla, porém em ambos os *Clusters* visualizamos o interesse para o tratamento das infecções causadas pelo vírus da Hepatite C (HCV) as quais são tratadas pela citocina Interleucina. Essa nova aplicação caracteriza a busca de um novo mercado para esse produto, o qual apresenta um grande número de pacientes para tratamento.

### **7.3.2.2 Fator VIII:**

A rede gerada para a proteína Fator VIII apresentou somente o *Cluster 3* conforme exposto na Figura 3. A principal avaliação desse *Cluster* é a parceria existente entre seis empresas consolidadas, tendo como principal a empresa Baxter (BAXT), além de duas empresas *Non-standard* e dois depositantes individuais. Nesse estudo também foi possível observar que a empresa Baxter foi a que mais depositou sobre esse biofármaco (107 patentes).



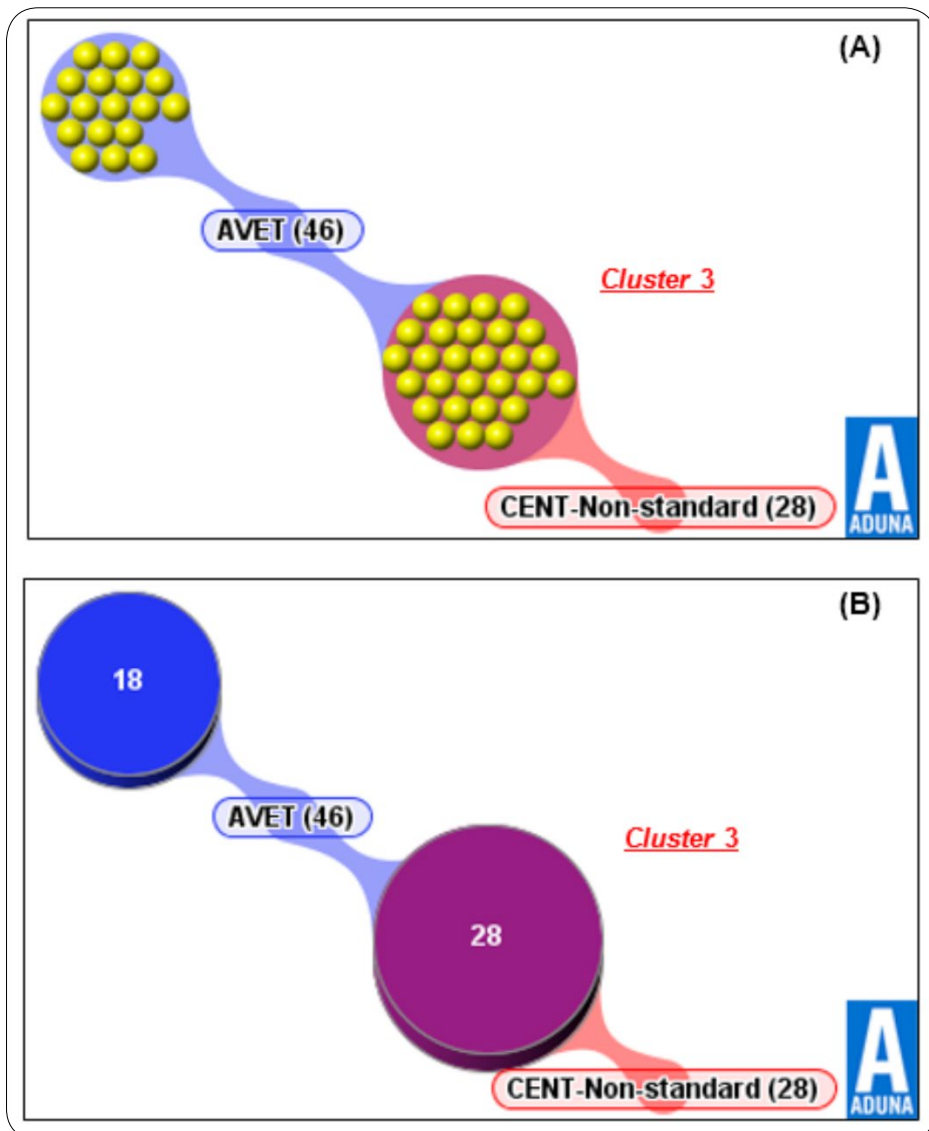
Legenda/ Código dos depositantes:

**Cluster 3:** NOVS – Novartis AG/ FARB – Bayer Corp/ AVET – Aventis Pharma Deut GMBH/ NOVO – Novo Research Inst/ BAKT – Baxter Int Inc/ IMMO – Immuno AG/ CENT-Non-Standard – Centeon Pharma GMBH/ OCTA-Non-Standard – Octapharma AG/ CHEN-Individual – Chen X/ WANG-Individual – Wang L

**Figura 3** - Rede de depositantes sobre a proteína Fator VIII.

Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na base *Derwent Innovations Index* até o ano de 2011.

Esse *Cluster* apresenta empresas bastante conhecidas, como: Novartis (NOVS), Bayer (FARB), Aventis (AVET), Novo Research (NOVO) e Immuno (IMMO). Porém a ligação mais forte existente é entre a Aventis e a empresa Centeon Pharma (CENT-Non-standart) de Bangladesh, conforme ilustrado na Figura 4, sendo que ambas também possuem uma ligação com a empresa Baxter.



**Figura 4** - Mapa obtido pelo Aduna Cluster - Cluster 3 sobre a proteína Fator VIII, com as patentes depositadas em conjunto: (A) Ícones em dots; (B) Ícones em números.

Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na base *Derwent Innovations Index* até o ano de 2011.

É importante mencionar que a indústria farmacêutica Baxter é a produtora dos medicamentos Advate e Recombinate, ambos com o fator de coagulação sanguínea Fator VIII em sua composição, sendo que de gerações diferentes. Portanto, uma avaliação possível da rede para esse biofármaco é que a empresa Baxter pretende manter-se no mercado, ou até obter a liderança de venda desse medicamento.

Como podemos observar na Figura 4 (B), todas as 28 patentes depositadas pela empresa Centeon Pharma foram em conjunto com a empresa farmacêutica Aventis. Os anos de prioridade desses depósitos foram de 1989 a 2003, o que pode demonstrar que essa parceria não foi adiante, ou então os desenvolvimentos em conjunto até o ano de 2011 (limite da pesquisa patentária) não geraram patentes.

Avaliando-se as patentes do *Cluster 3*, pode-se destacar os principais objetivos das empresas: modificação da molécula do biofármaco Fator VIII (EP1048726, EP1424344, EP1283263), composição farmacêutica geral (EP1391205, EP1153608, EP1444986), formulação líquida (DE 10131404), purificação do biofármaco (EP 1074616, EP 1074615, EP 1348445), processo de reconstituição do liofilizado (EP1344521) e esterilização da proteína por irradiação artificial (EP1400248). Assim, é possível constatar que existe o interesse em processo (*upstream* e *downstream*<sup>18</sup>) e formulação por parte dos depositantes.

### 7.3.2.3 *Filgrastima*:

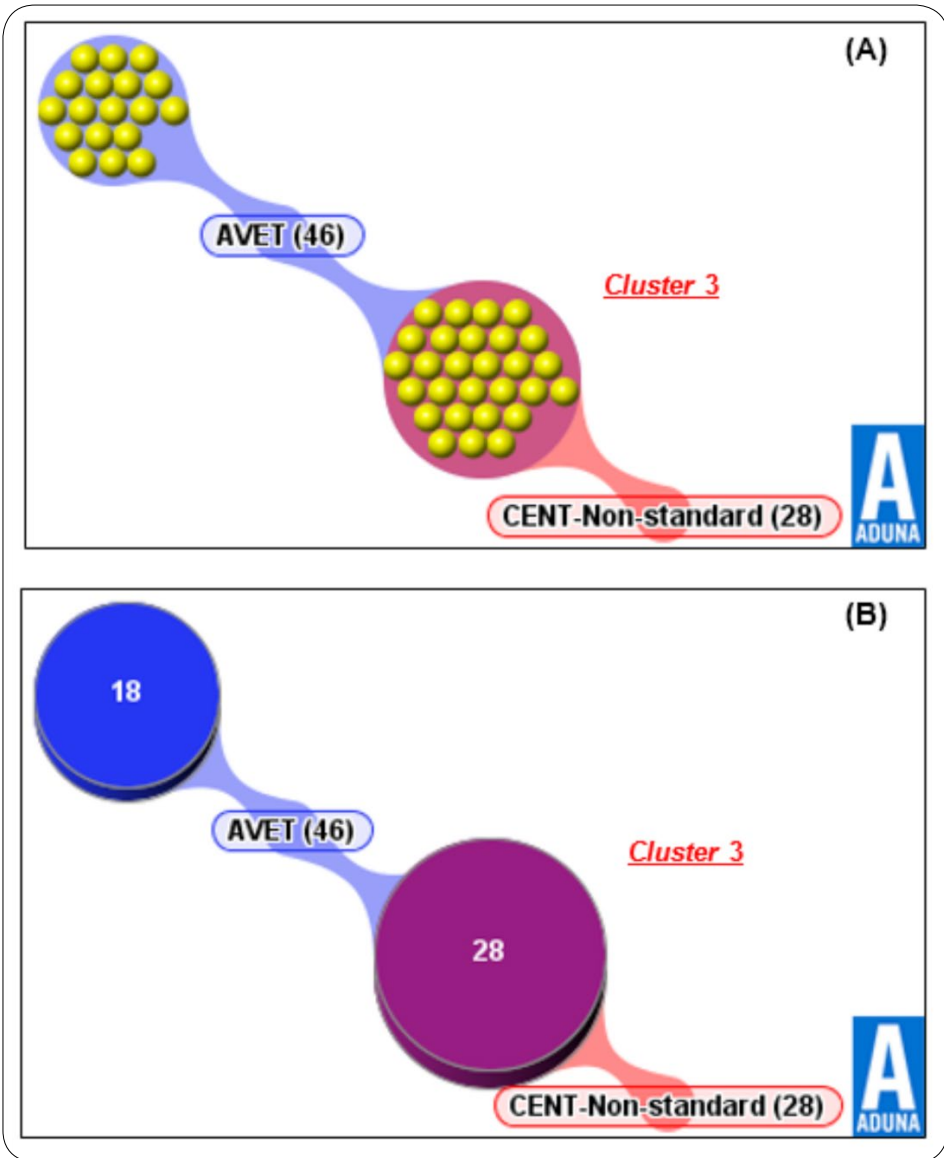
Para proteína terapêutica Filgrastima, a obtenção da rede de parcerias gerou quatro *Clusters* conforme a Figura 5. Essas parcerias se apresentaram de forma simples e bem definida no estudo.

O *Cluster 4* é formado por três depositantes, com uma forte ligação, sendo entre a empresa não consolidada? Novacea Inc (NOVA-Non-standard) e dois depositantes individuais Kean J F W e Curd J G. A Figura 6 (B) demonstra que 2 patentes foram publicadas por esses três depositantes, com os seguintes números básicos de patente: WO2006031719 e WO2007098091.

As duas patentes relatam sobre compostos orgânicos para tratamento de diversas doenças e é apresentado como o desenvolvimento de um produto substituto no tratamento com medicamentos biológicos. Portanto, não são documentos de interesse desse estudo.

---

<sup>18</sup> *Upstream* é o processo realizado para obtenção do produto, desde o inóculo até a fermentação e *Downstream* é o processo realizado após a fermentação quando o produto é separado e purificado.



Legenda/ Código dos depositantes:

**Cluster 4:** NOVA-Non-Standard – Novacea Inc/ KEAN-Individual – Keana J F W/ CURD-Individual – Curd J G

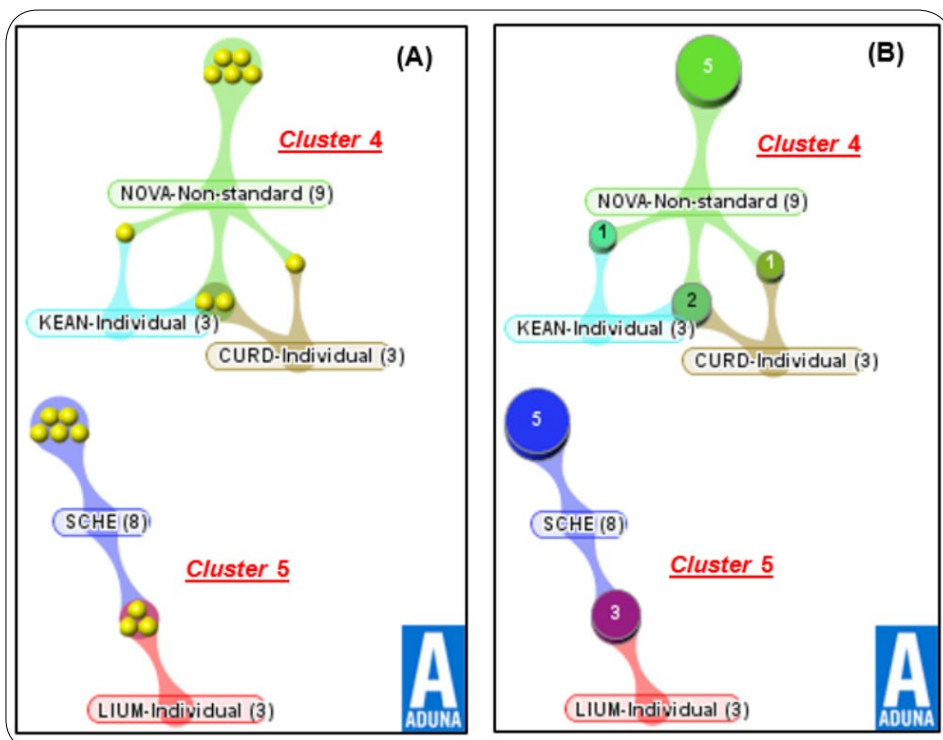
**Cluster 5:** SCHE – Schering Corp/ FARB – Bayer Healthcare/ LIUM-Individual – Liu M/ WANG-Individual – Wang Y

**Cluster 6:** CENZ – Centocor Inc/ CUNN-Individual – Cunningham E T

**Cluster 7:** EMPH – Emisphere Technologies Inc/ EMIS-Non-Standard – Emisphere Technologies Inc / GSCH-Individual – Gschneider D

**Figura 5 -** Rede de depositantes sobre a proteína Filgrastima.

Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na base *Derwent Innovations Index* até o ano de 2011.



**Figura 6** - Mapa obtido pelo *Aduna Cluster* - *Cluster 4* e *5* sobre a proteína Filgrastima com as patentes depositadas em conjunto: (A) Ícones em dots; (B) Ícones em números.

Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na base *Derwent Innovations Index* até o ano de 2011.

O *Cluster 5* é uma parceria da empresa Schering (SCHE) com dois pesquisadores, Wang Y e Liu M, sendo esse último com uma maior ligação com a empresa (Figura 6), com três depósitos em conjunto durante o período de prioridade entre 2007 e 2011. Nessas três patentes (WO2009079587, WO2009137378 e WO2009142810) o foco é a utilização do medicamento para o tratamento ou prevenção da hiperproliferação de câncer.

É importante lembrar que a Filgrastima é utilizada para o tratamento de neutropenia, quando a contagem de neutrófilos é baixa. Os neutrófilos constituem uma parte essencial do sistema imune nato, são a marca de uma infecção aguda e necessários para o tratamento de doenças neoplásicas, auto-inflamatória e auto-imune (NATHAN, 2006).

O *Cluster 6* é uma ligação entre a Centocor (CENZ) e o depositante individual Cunningham E T, porém não é uma ligação tão forte quanto a apresentada no *Cluster 5*. Esses depositantes publicaram em parceria

duas patentes (WO2004101750 e US2006067936), sendo que ambas tratam o uso da isoleucina para diagnóstico e tratamento de diversas doenças, inclusive as quais são tratadas com Filgrastima. Essas patentes abordam a interação de medicamentos em tratamentos, assunto que não é de interesse desse estudo.

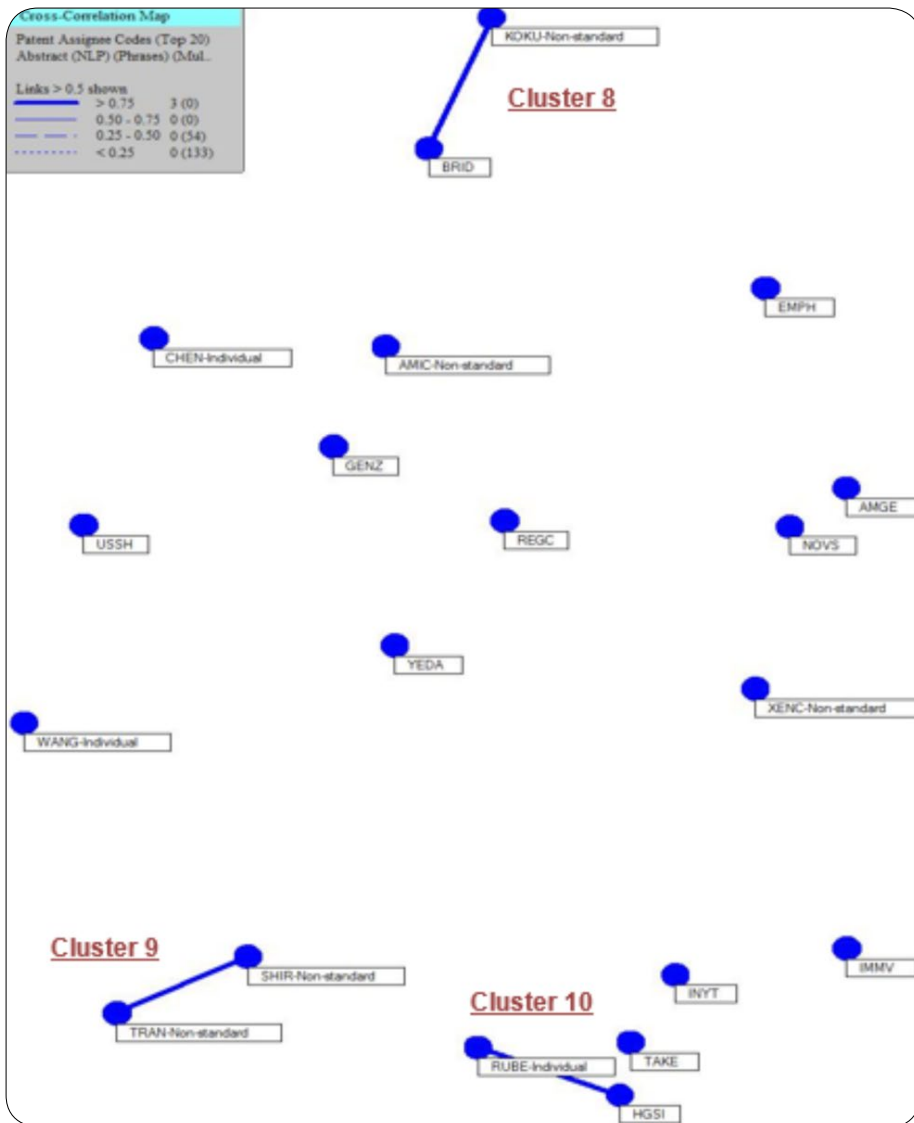
O último é o *Cluster 7* entre a empresa Emisphere Technologies Inc (EMPH) e dois depositantes individuais Gschneider D e Emishpere Technologies Inc. Nesse caso fica evidente que o segundo depositante é a própria empresa Emisphere Technologies, ocorrendo um erro de escrita em três patentes que foram depositadas pelos participantes do *Cluster* (WO2005112633, WO2005112633 e WO2003045306). A tecnologia aqui abordada foi a Eligen Technology® descrita anteriormente no item 4.1 quando relatado o foco da empresa.

#### **7.3.2.4 Imiglucerase:**

Quando foi gerado a rede para o biofármaco Imiglucerase (Figura 7), obteve-se três *Clusters* que são parcerias fortes entre empresas (*Standard* e *Non-Standard*) com depositantes individuais.

O *Cluster 8* é uma ligação entre a empresa Bridgestone e o depositante Kokuritsu Junkanki Byo Cent Socho, o *Cluster 9* é parceria entre a Translational Cancer Drugs Pharma e a Shire Human Genetic Therapies Inc. e, finalizando, o *Cluster 10* que é formado pela Human Genome Sci Inc. e o depositante individual Ruben S M. Esses três *Clusters* estão melhor apresentados na Figura 8, com os números de patentes envolvidas.

Através dessa rede ficou bem evidente que os estudos de desenvolvimento desse biofármaco são bastante isolados nas empresas, muitas delas depositantes conceituadas (Genzyme, Emisphere Technologies, Novartis, Amgen, Immunex), o que é aceitável quando se trata de uma proteína que apresenta somente um produtor mundial, a empresa Genzyme. Essa é uma estratégia comercial definida por essas empresas com a intenção de ganhar esse rentável mercado.



Legenda/ Código dos depositantes:

**Cluster 8:** BRID – Bridgestone Corp/ KOKU-Non-Standard – Kokuritsu Junkanki Byo Cent Socho

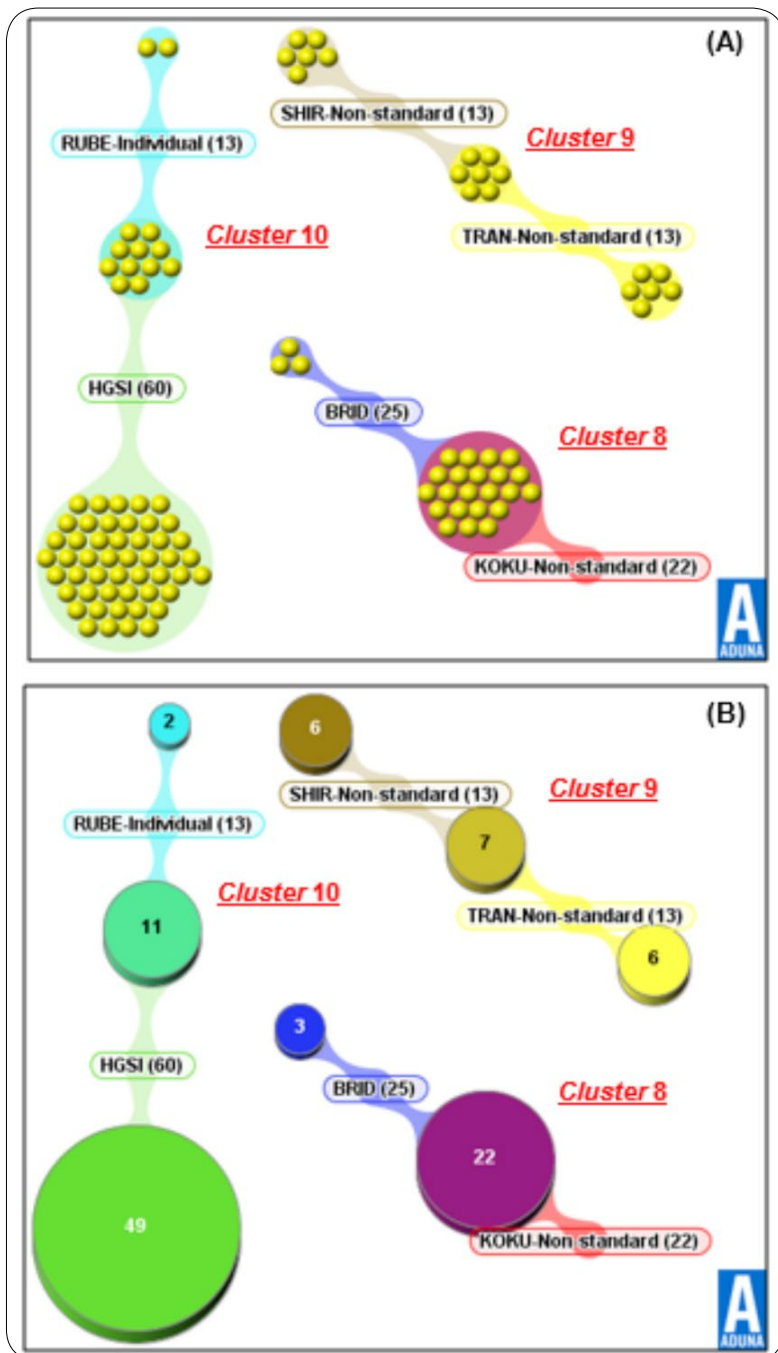
**Cluster 9:** SHIR-Non-Standard – Shire Human Genetic Therapies Inc/ TRAN-Non-Standard – Translational Cancer Drugs Pharma SL

**Cluster 10:** HGSI – Human Genome Sci Inc/ RUBE-Individual – Ruben S M

**Figura 7:** Rede de depositantes sobre a proteína Imiglycerase.

Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na base *Derwent Innovations Index* até o ano de 2011.





**Figura 8** - Mapa obtido pelo Aduna Cluster - Cluster 8, 9 e 10 sobre a proteína Imiglucrase, com as patentes depositadas em conjunto: (A) Ícones em dots; (B) Ícones em números.

Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na base *Derwent Innovations Index* até o ano de 2011.

Detalhando o foco de estudo dos *Clusters* definidos pelo *VantagePoint*, conforme apresentado na Figura 8, o *Cluster 8* é uma relação entre depositantes japoneses que não são tradicionais na área biotecnológica, resultando em 22 patentes depositadas em conjunto, sendo todas as apresentadas pela empresa *Non-standard Kokuritsu Junkanki Byo Cent Socho* e que teve os anos de prioridade entre 2002 e 2008. Essas patentes basicamente relatam principalmente sobre os agentes de transferência utilizados em medicamentos (JP2009143877, JP2010115153, JP2008289468, JP2009274999, JP2010088399, JP2009274996, JP2009073805, JP2009275000, JP2009082083, JP2009274995, JP2008195686 e JP2007320913), porém pode-se citar as que abordam composição farmacêutica (JP2006131591) e processo de polimerização (JP2009144099). Essas patentes, apesar da importância, não são específicas para Imiglucerase, mas sim, uma possibilidade de aplicação para diversas proteínas terapêuticas.

Já o *Cluster 9* apresenta sete patentes com o foco bastante específico para a glucocerebrosidase<sup>19</sup>, sendo o resultado de uma parceria entre as empresas não consolidadas Shire Human Genetic Therapies Inc. e a Translational Cancer Drugs Pharma. Pode-se verificar que seis patentes eram o mesmo depósito (WO200215927), o que não diminuiu a importância do tema sobre a produção de Glucocerebrosidase (GCB) com alto número de manose utilizada para o tratamento da doença de Gaucher. A outra patente obtida (WO200124842) relata sobre culturas de células animais para expressar um polipeptídeo utilizado como um carreador de peptídeo.

O *Cluster 10* envolve diversas patentes, mais precisamente 73 patentes entre os quais 11 desses documentos são resultados da parceria entre a empresa consolidada Human Genome Sci Inc e o depositante individual Ruben S M. Essas patentes abordam moléculas de polipeptídeos isoladas para tratamentos de diversas doenças entre elas a doença de Gaucher, indicação de uso da proteína Imiglucerase (WO200166722, WO200107658, WO200132677, WO200214341, WO9940184) e moléculas de ácido nucleico para o mesmo uso (WO200181402, WO200105998, WO200121658, WO200112776 e WO200162891).

Após a análise dessas patentes, foi possível compreender que empresas não atuantes do setor estão se mobilizando para entrar nesse mercado, bastante disputado por diversas empresas conceituadas. Além disso, é possível perceber na leitura dos documentos de patente que as empresas depositantes buscam artifícios para esconder o máximo possível a informação básica do desenvolvimento, tal como sistema de expressão, metodologia de produção e composição do medicamento.

---

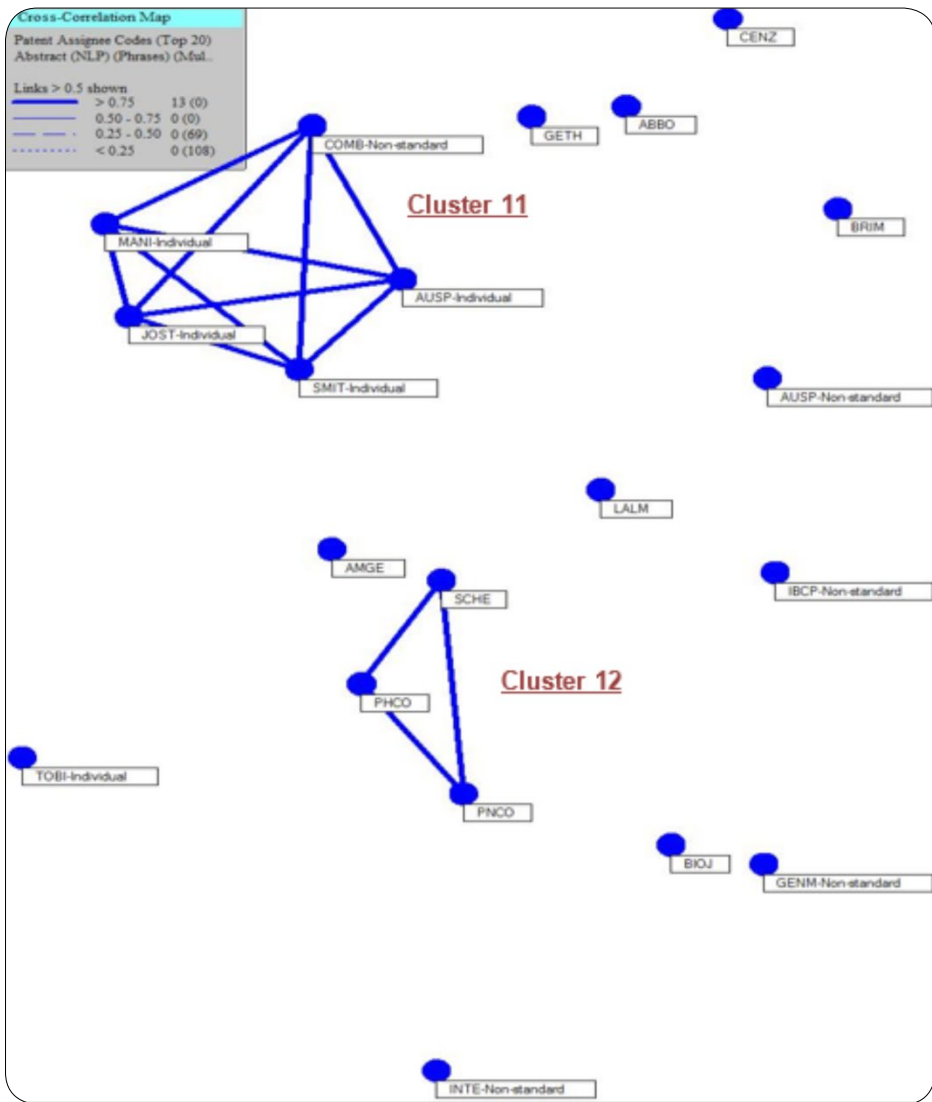
19 Glucocerebrosidase é um sinônimo da imiglucerase.

### 7.3.2.5 *Infliximabe:*

Os *Clusters 11* e *12* foram obtidos após a geração das redes de parcerias para proteína Infliximabe (Figura 9). Esses grupos são bastante distintos entre si, com o *Cluster 11* composto por cinco depositantes com uma relação intensa, sendo entre uma empresa não consolidada (Combinatorx Inc, COMB-I) e outros quatro depositantes individuais (Auspitz B A, Smith B, Jost-Price E R e Manivasakam P). A rede do *Cluster 11* é composta por 57 patentes, sendo 10 depósitos em conjunto desses cinco depositantes (Figura 10). O foco dessas patentes está em estudar um medicamento secundário baseado em um composto orgânico, tal como um derivado de piromidopirimidina, para o tratamento das doenças tratadas pela proteína Infliximabe.

O *Cluster 12* apresenta uma parceria bem forte entre três empresas consolidadas, a indústria Schering, Pharmacoepia Inc e Pharmacoepia LLC. Apesar de esse biofármaco apresentar somente um produto comercial, o Remicade, neste caso a estratégia das empresas foi realizar parcerias para atingir os seus objetivos. Essa parceria resultou no depósito de duas patentes sobre novos compostos heterocíclicos utilizados para o tratamento de esclerose múltipla (WO2008079279) e heterocíclicos substitutos de compostos de piperazina (WO2008008453).

A empresa Centocor (CENZ), única produtora mundial da proteína Infliximabe, aparece nessa rede com 12 patentes depositadas, a fim de manter o seu produto e garantir a permanência no mercado. Esse ator do mercado de biofármaco relata dados com os anos de prioridade entre 1999 e 2010, apresentando estudos de células capazes de crescer em meios químicos definidos para a produção de proteínas através da técnica de DNA recombinante (WO2003052064, WO2003051720 e WO2004053080), diagnóstico para doença gastrointestinal (WO2008028031), composição do anticorpo monoclonal liofilizado utilizado para terapia (WO2003041637), novo anticorpo com base no Infliximabe (WO2007019064), entre outros estudos que demonstram o interesse da empresa em manter a sua posição no mercado.



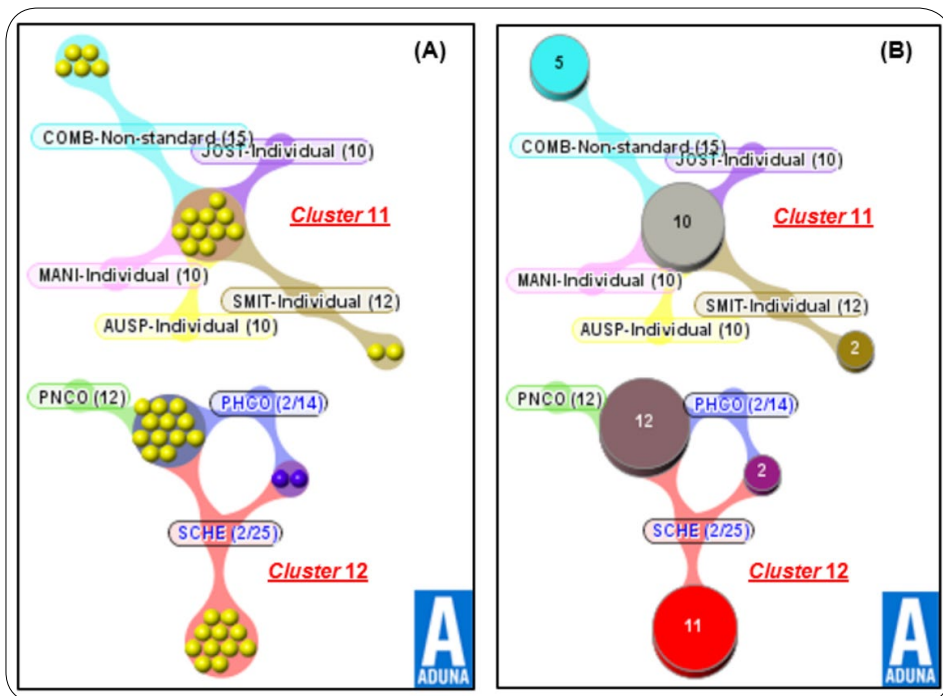
Legenda/ Código dos depositantes:

**Cluster 11:** COMB-Non-Standard – Combinatorx Inc/ MANI-Individual – Manivasakam P/ JOST-Individual – Jost-Price E R/ SMIT-Individual – Smith B/ AUSP-Individual – Auspitz B A

**Cluster 12:** SCHE – Schering Corp/ PHCO – Pharmacoepia Inc/ PNCO – Pharmacoepia LLC

**Figura 9** - Redes de depositantes sobre a proteína Infliximabe.

Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na base *Derwent Innovations Index* até o ano de 2011.



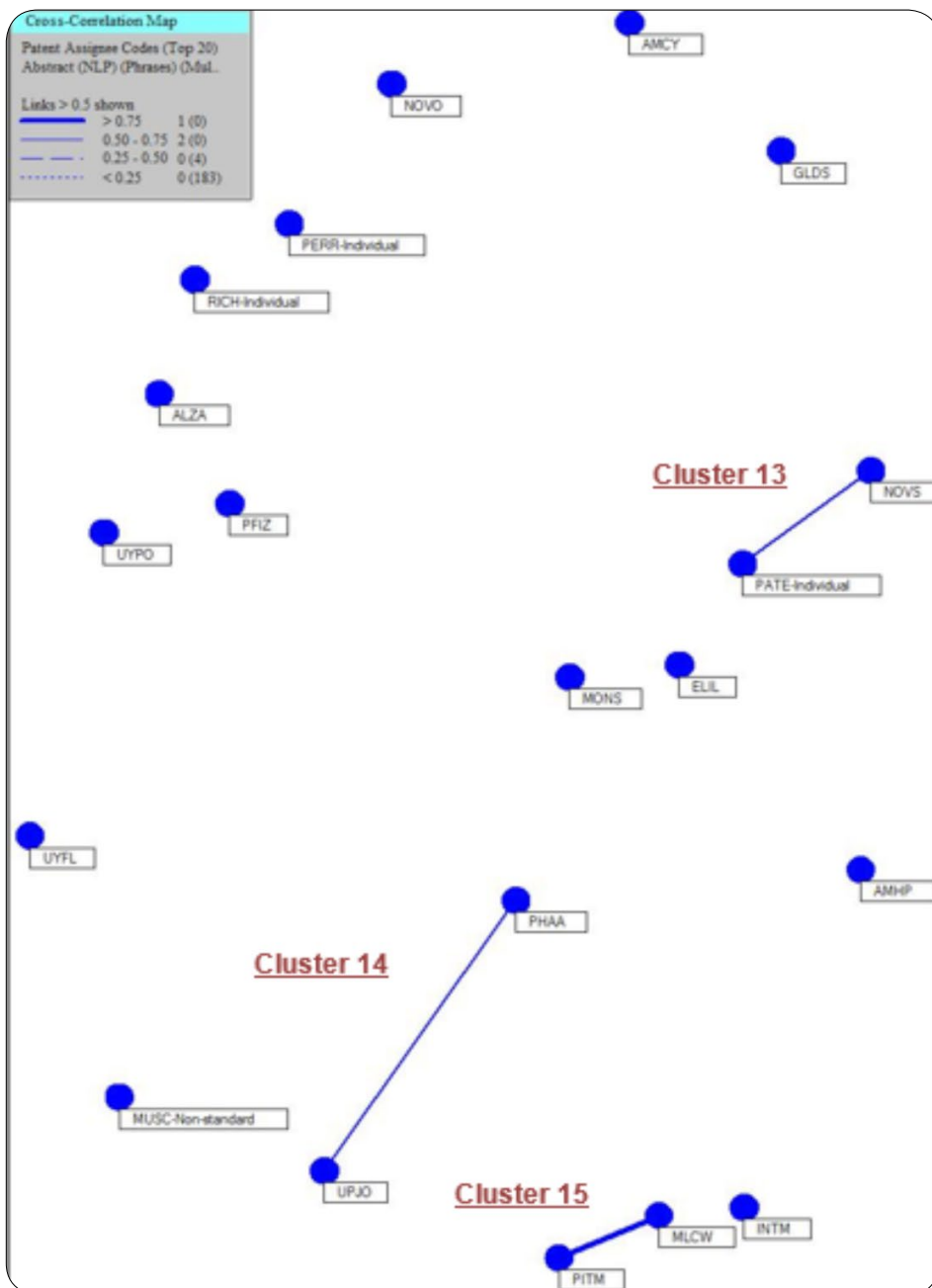
**Figura 10** - Mapa obtido pelo Aduna Cluster - *Cluster 11* e *Cluster 12* sobre a proteína Infiximabe, com as patentes depositadas em conjunto: (A) Ícones em dots; (B) Ícones em números.

Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na base *Derwent Innovations Index* até o ano de 2011.

### 7.3.2.6 Somatropina:

A molécula Somatropina foi a qual apresentou um maior número de produtos disponíveis no mercado, 10 produtos comerciais, e isso pode ser a justificativa de que os *Clusters* formados pela rede (Figura 11) sejam de somente algumas parcerias entre empresas consolidadas e depositantes individuais, já que as empresas consolidadas (Lilly & Co, Novozymes integrante do mesmo grupo da empresa Novo Nordisk e Pfizer) não necessitam de parcerias para o desenvolvimento ou melhoramento de seus produtos que já se encontram no mercado.

O *Cluster 13* envolve uma relação entre a empresa Novartis (NOVS) e o depositante individual Patel K R. Essa parceria resultou em duas patentes sobre uma composição farmacêutica contendo o hormônio de crescimento humano (hGH) e sal orgânico para o tratamento de crianças com deficiência de crescimento, síndrome de Turner.



Legenda/ Código dos depositantes:

**Cluster 13:** NOVS – Novartis AG/ PATE-Individual – Patel K R

**Cluster 14:** PHAA – Pharmacia & Upjohn/ UPJO – Upjohn Co

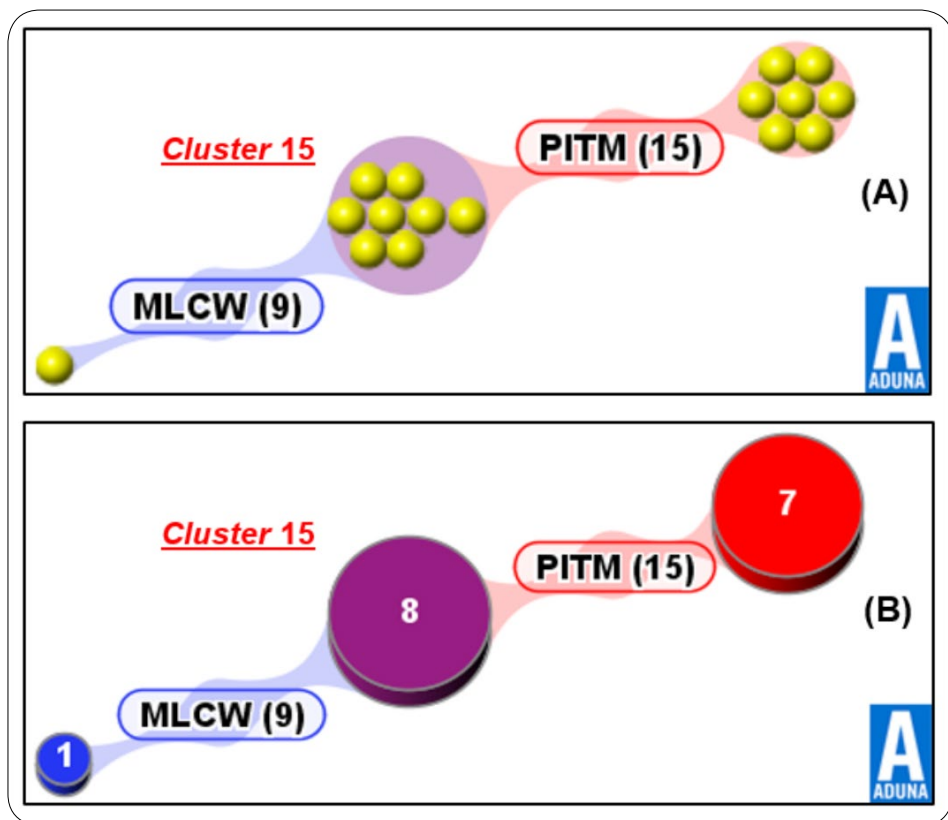
**Cluster 15:** MLCW – Mallinckrodt Veterinary Inc/ PITM – Pitman Moore Inc

**Figura 11** - Rede de depositantes sobre a proteína Somatotropina.

Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na base *Derwent Innovations Index* até o ano de 2011.

Já o *Cluster 14* corresponde uma parceria entre as empresas Pharmacia & Upjohn Co e a Upjohn Co, que resultou no depósito de oito patentes, com maior incidência entre os anos de 1985 e 2002. Os assuntos abordados nesses documentos estão relacionados à produção de polipeptídeo expresso por microorganismos (WO9010706), controle de qualidade da Somatropina utilizando um anticorpo monoclonal (WO9102080), análogos de Somatropina (WO9008823, WO9410200), nova formulação para prolongação de ação da Somatropina (WO9519787), purificação da Somatropina (WO8700204), formulação contendo polietileno glicol como agente de suspensão (WO9406452) e estudo da Somatropina em período pós-parto (WO 9303756). A parceira dessas empresas teve como foco diversas áreas de estudo, sendo que o último depósito foi realizado no ano de 2002.

Já no *Cluster 15*, também apresentado na Figura 12, as empresas envolvidas são a Mallinckrodt Veterinary Inc e Pitman Moore Inc. Nesse *Cluster* composto por nove patentes depositadas, sendo possível constatar que algumas das pesquisas foram realizadas com foco na formulação (WO9319773), período de ação (WO9315725), estabilidade da Somatropina recombinante modificada (WO9201789) e reconstrução do medicamento (US4988798 e WO9015876).



**Figura 12** - Mapa obtido pelo *Aduna Cluster* - *Cluster 15* sobre a proteína Somatotropina, com as patentes depositadas em conjunto: (A) Ícones em dots; (B) Ícones em números.

Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na base *Derwent Innovations Index* até o ano de 2011.

Os resultados encontrados na geração das redes de parcerias e as obtidas pelo *Aduna Cluster* para as seis proteínas terapêuticas estudadas, estão apresentados de forma compacta na Tabela 1 a seguir:



**Tabela 1 - Resumo das redes de parcerias das seis proteínas selecionadas.**

Proteína Terapêutica	Clusters	Depositante Central	Depositante(s) Destaque	Número de Parcerias	Depósitos (Parcerias Fortes)
<b>Betainterferona</b>	1	University of Texas System	Merck-Serono	10	29
	2	-	Enanta Pharmaceuticals, Inc	3	50
<b>Fator VIII</b>	3	Baxter	Aventis Centeon Pharma GMBH	10	28
<b>Filgrastima</b>	4	-	Novacea Inc	3	2
	5	Wang Y	Schering Corp	4	3
	6	-	Centocor Inc	2	-
	7	Emisphere Technologies	Emisphere Technologies	3	-
<b>Imiglucerase</b>	8	-	Bridgestone Corp	2	22
	9	-	Shire Human Genetic Therapies Inc	2	7
	10	-	Human Genome Sci Inc	2	11
<b>Infliximabe</b>	11	Combinatorx Inc	Combinatorx Inc	5	10
	12	-	Schering Corp Pharmacoepia Inc	2	12
<b>Somatropina</b>	13	-	Novartis AG	2	-
	14	-	Pharmacia & Upjohn	2	-
	15	-	Mallinckrodt Veterinary Inc Pitman Moore Inc	2	8

Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na base *Derwent Innovations Index* até o ano de 2011.

## 7.4 Análise Pós-Prospecção

Apesar da complexidade do tema alvo, a produção das proteínas terapêuticas tornou-se um assunto amplamente debatido no meio acadêmico e corporativo, como pode ser observado nas análises dos depositantes de patentes das proteínas selecionadas para esse estudo.

Vários obstáculos devem ser vencidos para a obtenção de processos de produção de proteínas terapêuticas com altos rendimentos, elevada eficiência, estabilidade do produto e baixo custo. Alguns sistemas de expressão podem ser estudados para a substituição das tradicionais células animais, tais como fungos filamentosos, leveduras e células vegetais. Apesar disso, ainda encontramos as tradicionais plataformas tecnológicas do mercado utilizando *Escherichia coli*, CHO<sup>20</sup> e BHK<sup>21</sup>, sempre dependendo se proteína alvo do processo realiza ou não modificações pós-traducionais.

A etapa *downstream* também é de grande interesse tecnológico, pois o produto deve estar isento de impurezas, mas com altos níveis de concentração proteica, o que é obtido nas diversas possíveis etapas do processo de purificação da proteína. Sendo um processo biológico, vários controles devem ser realizados para a garantia da segurança e qualidade do medicamento que é obtido após diversas etapas de purificação.

Além disso, existe a tendência de produção dos biofármacos de segunda geração, como já comercialmente encontrado para a Alfa-interferona peguilada (2a ou 2b) e da Filgrastima peguilada, que apresentam como uma alteração planejada a conjugação da molécula de polietileno glicol (PEG), processo conhecido como peguilação. Essa geração de proteínas terapêuticas tem uma grande aceitação dos pacientes, pois devido à técnica de conjugação, ocorre a diminuição no número de aplicações necessárias para o tratamento, já que o medicamento é liberado mais lentamente no organismo.

Porém, a área de estudo observada como a mais importante nesse universo foi a formulação do medicamento contendo as proteínas terapêuticas, pois a forma farmacêutica que é apresentada pode melhorar o alcance do medicamento ao local de ação no organismo.

Após essa avaliação geral do assunto, é importante detalhar algumas tendências tecnológicas observadas durante o estudo.

#### **7.4.1 Betainterferona**

Os produtos comercializados de Betainterferona, para o tratamento de esclerose múltipla, poderão ter biossimilares lançados no mercado a qualquer momento, principalmente no caso do produto Betaferon (produzido a partir do sistema de expressão *E.coli*) que teve a sua primeira patente expirada em 2007.

---

20 Células de ovário de hamster chinês (CHO – *chinese hamster ovary cells*).

21 Linhagens de células de rim de hamster neonato (BHK – *baby hamster kidney cells*).

Essa proteína apresenta um grande número de patenteamento, tanto no INPI como nos escritórios mundiais de patentes disponíveis no DII, sendo as empresas Merck e Serono as que mais se destacaram, atribuindo a divisão Merck Serono como o principal ator do mercado para essa proteína. Como já foi abordado, a empresa apresentou um grande interesse no desenvolvimento de um medicamento com melhor ação, formulação e tratamento, com base nos seus depósitos, porém essa proteína ainda não se encontrava no portfólio da divisão divulgado em 7 de março de 2013 (MERCK SERONO PORTFOLIO, 2013).

Uma grande dificuldade encontrada durante toda a pesquisa realizada nesse estudo foi a nomenclatura que o depositante atribuiu para o princípio ativo em desenvolvimento. Ao analisar o portfólio da empresa Merck Serono, observou-se que somente no registro do produto tem-se a garantia de divulgação do princípio ativo. Nas outras fases é mencionada apenas uma descrição composta por letras e números (exemplo: produto ATX-MS-1467 para esclerose múltipla em Fase I).

Além disso, a Betainterferona apresentou patentes para o tratamento da Hepatite C, um indício de uma oportunidade de aplicação para um novo mercado, ou seja, segundo uso.

#### **7.4.2 Fator VIII**

A proteína Fator VIII já se encontra na 3ª geração de seus produtos, sendo desenvolvido pela empresa Baxter, primeira a lançar no Brasil um produto de Fator VIII recombinante (INTERFARMA, 2013). Essa empresa manteve-se no mercado com os produtos Recombinate e Advate devido às suas inovações, que a qualificam como o maior depositante segundo a pesquisa no DII. Além disso, foi apresentada a importância da empresa Baxter como empresa central das parcerias com outras empresas conceituadas, ficando visível a manutenção como empresa líder na produção do produto contra a Hemofilia A.

Diante das áreas as quais as patentes estão relacionadas, podemos observar que o foco dos estudos está na composição farmacêutica de uma formulação líquida, podendo esse ser o indício do desenvolvimento de um produto oral.

Observa-se, ainda, outra empresa conceituada na produção dessa proteína, a Wyeth, adquirida pela Pfizer em 2009. Tal como a empresa Baxter, os seus produtos também se encontram na 3ª geração, sem albumina humana, sendo também possível verificar que a empresa Pfizer está em busca de inovações para manter-se no mercado.

### 7.4.3 Filgrastima

A neutropenia é uma doença tratada com a proteína Filgrastima, um fator de crescimento recombinante que já apresenta produtos peguizados. A pesquisa para esse estudo não apresentou dados significativos para uma prospecção tecnológica. Esse é um caso que necessita de um maior aprofundamento para obtenção de informações mais consistentes.

Continuando a busca por informações do mercado de Filgrastima, foram localizados mais 6 produtos comercializados, produzidos por *E. coli* e obtendo a forma mais simples da proteína. Esses produtos foram citados por Walsh em 2010, e são eles: Nivestim (comercializado pela Hospira UK, aprovado em 2010 nos Estados Unidos), Filgrastim hexal (empresa Hexal, aprovado em 2009 nos Estados Unidos), Zarzio (empresa Sandoz, produto aprovado em 2009 nos Estados Unidos), Biograstim (comercializado pela CT Arzneimittel e aprovado em 2008 nos Estados Unidos), Filgrastim Ratiopharm (empresa Ratiopharm, aprovado em 2008 nos Estados Unidos) e Tevagrastim (comercializado pela Teva e aprovado em 2008 nos Estados Unidos).

Diante desses dados, verificou-se que outras empresas estão buscando ocupar a posição da Amgen, porém ainda se encontram com uma tecnologia atrasada já que não possuem produtos peguizados. Isso justifica não ter sido localizado no estudo patentário uma elucidação quanto a possíveis tendências para essa proteína.

Também é importante mencionar que algumas empresas grandes da área biotecnológica estão pesquisando sobre a Filgrastima, como a Centocor, Bayer, Schering e Bristol-Myers. Isso indica a possibilidade de novos atores no mercado contra a Neutropenia.

### 7.4.4 Imiglucerase

Essa proteína, desde o início do estudo, apresentou-se como de grande importância, devido ao monopólio na comercialização para os pacientes com a doença de Gaucher. A empresa Genzyme durante vários anos foi a produtora do único medicamento para essa doença, a enzima comercializada como Cerezyme.

A pesquisa localizou o produto VPRIV (alfa velaglucerase), da empresa Shire, o qual foi aprovado em 2010 nos Estados Unidos. Essa enzima é recombinante por uma tecnologia de ativação de gene em uma linha celular de fibroblastos humanos (VPRIV, 2013). Outros produtos

lançados para concorrer com o Cerezyme são Elelyso (Estados Unidos e Israel) e Uplyso (Brasil e Uruguai), ambos compostos com a enzima alfa taliglucerase, produzidos pela empresa Protalix Biotherapeutics e comercializado pela Pfizer, exceto em Israel.

Esse é um caso no qual os produtores não estão buscando biossimilares para concorrer com os biofármacos de origem, mas sim lançar no mercado produtos capazes de serem administrados em pacientes com a doença em questão. No caso dos produtos da empresa Protalix, o resultado foi alcançado utilizando uma plataforma vegetal, onde a enzima é produzida a partir de células de cenoura.

O estudo aqui realizado foi focado na proteína imiglucerase (glucocerebrosidase), o qual demonstrou que grandes empresas da área estão depositando patentes sobre essa enzima. Parcerias foram localizadas entre empresas que ainda não estão no mercado da doença de Gaucher, como é o caso da empresa Shire, mas, também, observou depósitos de empresas consolidadas como a Emisphere, Novartis e Amgen. As empresas que buscam a inovação estão protegendo o máximo a informação, o que dificultou a identificação de tendências tecnológicas.

#### **7.4.5 Infiximabe**

Essa proteína selecionada para estudo encontra-se no grupo dos anticorpos monoclonais, o qual, atualmente, é o que mais apresenta produtos para o combate de diversas doenças crônicas.

O produto Remicade apresenta um alto valor de venda, porém o monopólio da empresa Centocor poderá em breve ter concorrentes, como o produto Remsina da empresa Celltrion. O percentual de depósitos foi majoritário no período de 2002-2011, sendo de depositantes consolidados na área biotecnológica, apesar da empresa Centocor continuar depositando para garantir a sua posição nesse mercado.

#### **7.4.6 Somatropina**

Essa proteína apresenta diversos produtos no mercado, além de ter sido relacionado um pequeno número de parcerias entre as empresas consolidadas (Novartis com Patel KR, Pharmacia & Upjohn com Upjohn Co e Mallinckrodt Veterinary Inc com Pitman Moore Inc). As empresas não necessitam de parcerias para desenvolver ou melhorar os seus produtos, pois já detêm o conhecimento sobre essa proteína. Esse fato justi-

fica o longo período de depósitos de patentes no DII. Apesar de não ser o produto com maior valor de vendas do grupo de proteínas selecionadas para o estudo, ainda assim grandes empresas já depositaram patentes com foco na Somatropina, o que colaborou na construção do conhecimento tecnológico das empresas.

## 7.5 Considerações Finais

Dentre os biofármacos selecionados nesse estudo, Imiglucerase e Infiximabe foram os que apresentaram melhores oportunidades no mercado mundial e brasileiro, pois tem um elevado custo na aquisição pelo Ministério da Saúde brasileiro, apesar da pequena quantidade adquirida, além de ambos os biofármacos possuírem um só produtor mundial.

Realizando a correlação das variáveis obtidas através das patentes, visando definir o histórico de evolução dos depósitos e o perfil geográfico dos depositantes, foi definido o aumento de inovação nos últimos anos no período de 2002 a 2011 e, também, a descentralização do patenteamento, mesmo apresentando a importância dos depósitos na WIPO/PCT. Além disso, foi possível mapear os tipos de depositantes, tais como pessoas físicas, empresas consolidadas ou emergentes.

Com a ferramenta Aduna Cluster, componente do programa VantagePoint, foi possível observar as conectividades existentes entre os depositantes. A identificação das parcerias entre as empresas possibilitou observar as conectividades existentes entre os depositantes, apresentando de forma clara as patentes depositadas como resultado das parcerias. A pesquisa traduziu o que as empresas estão buscando a respeito de inovação para os biofármacos: uma nova formulação para prolongação da ação das proteínas.

Vale ressaltar os aspectos econômicos do mercado farmacêutico mundial, o qual está mudando com a inserção das biomoléculas. Apesar do crescimento dessa categoria, as proteínas terapêuticas ainda constituem uma porção minoritária no total de produtos farmacêuticos comercializados, além de existir depósitos de patentes para compostos orgânicos, com o objetivo de substituir medicamentos biológicos por um químico. Isso não quer dizer que esse mercado não é vantajoso, apesar do elevado custo para o desenvolvimento e produção dos biofármacos, pois sem dúvida esse produto apresenta uma elevada eficácia nos tratamentos das doenças crônicas a qual se destinam, sendo para o paciente um ponto prioritário devido ao desgaste com as doenças. Porém, para um maior crescimento nesse mercado, é necessário realizar uma com-

paração rápida e eficaz entre os biofármacos obtidos por diferentes processos, mas que apresentem a mesma aplicação clínica, com segurança, qualidade e eficiência. Assim, qualquer modificação técnica para diminuição de custo do medicamento, poderá ser avaliada com critérios aceitáveis e o produto conseguir alcançar o mercado em um curto prazo para atender a população.

Para finalizar, outra importante contribuição desse estudo de caso é a possibilidade de colaboração no planejamento estratégico de empresas que atuam nesse competitivo mercado, além de cooperar com as políticas públicas relacionadas com o tema.

## Referências

ABIFINA [1]. **Como estimular a inovação tecnológica?** Disponível em: <<http://www.abifina.org.br/factoNoticia.asp?cod=381>>. Acesso em: 31 jan. 2010.

ABIFINA [2]. **Biofármacos no Brasil.** Disponível em: <<http://www.abifina.org.br/factoNoticia.asp?cod=384>>. Acesso em: 31 jan. 2010.

ABIFINA. Biotecnologia Farmacêutica – O que falta para o Brasil gerar inovações? **Facto**, Volume 41, ano VIII, p.10-15, 2014. Disponível em: <[http://www.abifina.org.br/arquivos/revistas/facto\\_41-final\\_web.pdf](http://www.abifina.org.br/arquivos/revistas/facto_41-final_web.pdf)>. Acesso em: 18 mai. 2015.

AGÊNCIA SAÚDE. **Brasil amplia produção de medicamentos biológicos.** Disponível em: <<http://portalsaude.saude.gov.br/portalsaude/noticia/11454/162/brasil-amplia-producao-de-medicamentos-biologicos.html>>. Acesso em: 1 jul. 2013.

ALENCAR, M. S. M. **Estudo de Futuro através da Aplicação de Técnicas de Prospecção Tecnológica: o Caso da Nanotecnologia.** 2008. 193 f. Tese de Doutorado - Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

BAHRUTH, E.B., ANTUNES, A. M. S., BOMTEMPO, J. V. **Gestão em Biotecnologia - Prospecção Tecnológica na Priorização de Atividades de C&T: Caso Q-Trop-Tp.** Rio de Janeiro: E-papers, 2006, p. 300-324.

BORSCHIVER. **Proposta para Desenvolvimento de Estudo de Prospecção Tecnológica para a SABESP.** 2010

EMISPHERE. Disponível em: <[http://www.emisphere.com/about\\_us.html](http://www.emisphere.com/about_us.html)>. Acesso em: 4 fev. 2013.

INTERFARMA. **Baxter.** Disponível em: <<http://www.interfarma.org.br/site2/index.php/sobre-a-interfarma/associados/2052-baxter>>. Acesso em: 17 abr. 2013.

IPC. **Guide to the IPC.** Disponível em: <[http://www.wipo.int/export/sites/www/classifications/ipc/en/guide/guide\\_ipc.pdf](http://www.wipo.int/export/sites/www/classifications/ipc/en/guide/guide_ipc.pdf)>. Acesso em: 25 mar. 2012.

MADEIRA, L. S. **Prospecção tecnológica através de depósitos de patentes para produção de proteínas terapêuticas de interesse brasileiro**. 2013. 237 f. Tese de Doutorado - Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

MERCK. Disponível em: <[http://www.merck.com.br/pt/products/merck\\_serono.html](http://www.merck.com.br/pt/products/merck_serono.html)>. Acesso em: 4 fev. 2013.

MOYSÉS Jr, Z. A Nova Política de Compras Governamentais. In: V **Seminário sobre Rotas Tecnológicas da Biotecnologia**, 2011, São Paulo. Disponível em: <[http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes\\_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/seminario/complexo\\_ind\\_saude\\_dirceubarbano.pdf](http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/seminario/complexo_ind_saude_dirceubarbano.pdf)>. Acesso em: 27 out. 2011.

NATHAN, C. Neutrophils and immunity: challenges and opportunities. **Nature Reviews Immunology**. v. 6, p. 173-182, 2006.

PROTALIX. **Oral Glucocerebrosidase**. Disponível em: <<http://www.protalix.com/product-development/oral-glucocerebrosidase.asp>>. Acesso em: 14 abr. 2013.

UNIÃO QUÍMICA. **BioNovis – O Superlaboratório**. Disponível em: <[http://www.uniaoquimica.com.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=137%3Abionovis-o-superlaboratorio&catid=61%3Aimprensa&Itemid=242&lang=br](http://www.uniaoquimica.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=137%3Abionovis-o-superlaboratorio&catid=61%3Aimprensa&Itemid=242&lang=br)>. Acesso em: 17 jul. 2012.

VPRIV. **Full Prescribing Information**. Disponível em: <[http://www.vpriv.com/app\\_presentation/vpriv/images/pdf/VPRIV\\_PI\\_Prescribing\\_Information.pdf](http://www.vpriv.com/app_presentation/vpriv/images/pdf/VPRIV_PI_Prescribing_Information.pdf)>. Acesso em: 17 abr. 2013.

WALSH, G. Biopharmaceutical benchmarks 2010. **Nature Biotechnology**. v. 28, p. 917- 926, 2010.

WONGTSCHOWSKI, P. **Indústria Química: Riscos e Oportunidades**. 2ª ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2002.

“O conteúdo expresso neste capítulo é de inteira responsabilidade dos autores”

Os autores autorizam a publicação e distribuição gratuita deste e-book por meio da editora ou canais de distribuição por ela indicados.



## Capítulo 8

# ***Prospecção tecnológica: o caso do Instituto Oswaldo Cruz-Fiocruz***

***Mônica M. Martins de Oliveira***

*Instituto Oswaldo Cruz  
moliveira@ioc.fiocruz.br*

Este capítulo pretende demonstrar a relevância do estudo prospectivo como poderosa ferramenta de planejamento estratégico para subsidiar a tomada de decisões e a formulação de políticas institucionais apresentando um estudo realizado no Instituto Oswaldo Cruz (IOC).

O IOC, unidade de pesquisa biomédica da Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), desenhou sua visão de futuro como “um Instituto de pesquisa e tecnologia internacional de excelência, formador de cientistas e técnicos, reconhecido pela qualidade de sua ação de referência de diagnóstico, assistência e vigilância epidemiológica e capaz de responder às demandas na área de saúde com rapidez e confiabilidade” (IOC, 2007).

Logo, para propiciar ao IOC alcançar e manter essa visão de futuro desejada, foi apresentada uma proposta de estudo prospectivo dividido em três fases: *Inicial*, de coleta, tratamento e sistematização da informação; *Principal*, de análise e interpretação da informação e produção do conhecimento; e de *Comprometimento*, de disseminação dos resultados (OLIVEIRA, 2009). Essa proposta será detalhada nos tópicos a seguir.

### **8.1 Um Instituto de Pesquisa de 117 anos**

#### ***8.1.1 O Instituto Oswaldo Cruz de ontem***

Criado em 1900, o então Instituto Soroterápico surgiu como parte da primeira infraestrutura científico-tecnológica do país para o controle de doenças pestilenciais, como a peste bubônica, que naquela época assolava o porto de Santos, em São Paulo e já ameaçava o Rio de Janeiro, então capital da República. Com Oswaldo Cruz à frente e à imagem do Instituto Pasteur, o Instituto, além de fabricar soros e vacinas, passou a se dedicar aos estudos científicos. Nesse processo, Manguinhos come-

çava a atrair os primeiros discípulos, inclusive entre cientistas já renomados como Adolpho Lutz, Henrique da Rocha Lima, propiciando o preparo de profissionais a quem pudesse ser confiada a missão de salvaguarda da saúde pública (BENCHIMOL, 1990).

Em 1907, o Instituto Soroterápico passa a chamar-se Instituto Oswaldo Cruz e apesar de subordinado diretamente ao Ministério da Justiça e Negócios Interiores, ainda mantinha sua autonomia financeira graças à venda de produtos biológicos, fator indispensável para o financiamento da pesquisa científica não priorizada pelo governo (BENCHIMOL, 1990).

A partir dos anos 30, o IOC perde, gradualmente, sua autonomia financeira e político-administrativa, o que acarreta a desagregação do modelo original arquitetado por Oswaldo Cruz. Nessa conjuntura desfavorável, os pilares da manutenção do Instituto começavam a enfraquecer com a proibição da obtenção de recursos próprios com a venda de seus produtos e da receita gerada pela exploração das patentes, passa a viver na total dependência financeira do governo (HAMILTON, 1989).

Segundo Benchimol (1990, p. 74):

despojado de sua autonomia administrativa e financeira, o Instituto Oswaldo Cruz tornou-se vulnerável às ingerências políticas externas, assim como crescente disputa interna pelos recursos escassos e às crises de sucessão e legitimidade das diretorias. A ausência de consenso quanto aos rumos ou ao projeto a que deveria se ajustar a Instituição dividiu o corpo técnico em facções que tenderiam a buscar apoio junto às forças político-partidárias para fazer valer as suas propostas, comprometendo, assim, ainda mais a independência científica de Manguinhos.

Com o engajamento do Brasil na II Guerra Mundial, o Instituto volta a receber verba em abundância, dada a necessidade de produção de vacinas, plasma sanguíneo, penicilina, entre outros produtos e, com a criação do CNPq, o Estado brasileiro passou a ser o maior financiador da pesquisa científica nacional, com a preocupação de equiparar-se às nações desenvolvidas (HAMILTON, 1989).

Em 1970 foi instituída a Fundação Oswaldo Cruz, vinculada ao Ministério da Saúde, que reuniu o Instituto Oswaldo Cruz, a Escola Nacional de Saúde Pública, o Instituto de Produção de Medicamentos, o Instituto Fernandes Figueira, o Instituto de Endemias Rurais, o Instituto Evandro Chagas e o Instituto de Leprologia, unidades heterogêneas e independentes (BENCHIMOL, 1990).

### **8.1.2 O Instituto Oswaldo Cruz de hoje**

No momento atual, o IOC tem se destacado como um dos principais institutos de pesquisa biomédica da América Latina e, em seus 117 anos de existência, diversificou suas ações para atender às necessidades da saúde da população brasileira, desenvolvendo suas atividades no âmbito da pesquisa básica e aplicada, desenvolvimento tecnológico e inovação e na prestação de serviços de referência para diagnóstico de doenças infecciosas e genéticas e controle de vetores. O IOC também mantém coleções científicas de importância nacional e internacional e forma cientistas e técnicos através da atuação na educação profissional e de pós-graduação (IOC, 2013).

As atividades de pesquisa do IOC se caracterizam por uma grande diversidade e são a sua base de ação através de seus laboratórios de pesquisa dedicados ao estudo e à geração de produtos e insumos. A sua interface com o Sistema Único de Saúde (SUS) consiste na prestação de serviços de referência de âmbito regional, nacional e internacional e com a população se dá através da assistência médica de referência em hanseníase e hepatites, da capacitação profissional oferecida nas diversas modalidades de cursos e da atualização constante de seu sítio na internet (IOC, 2012).

Muitos de seus laboratórios têm expressiva participação no Sistema Nacional de Vigilância Epidemiológica, com atividades que envolvem a produção de anti-soros e antígenos, exames laboratoriais, isolamento e identificação de amostras, sendo considerados laboratórios de referência para muitas das doenças e agravos à saúde de interesse sanitário para o país, sobretudo na área das doenças infecciosas e parasitárias (IOC, 2012).

Além das atividades laboratoriais especializadas e de alta complexidade, os Serviços de Referência (SRs) prestam consultoria e assessoramento nas suas respectivas áreas de atuação, bem como promovem a formação de recursos humanos para a Rede Oficial de Laboratórios de Saúde Pública e instituições públicas. Os SRs credenciados como centros colaboradores da Organização Mundial de Saúde (OMS) e Organização Pan-Americana de Saúde (OPAS) participam ativamente de diferentes programas internacionais nas suas áreas de abrangência (IOC, 2013).

Os acervos biológicos que compõem as suas Coleções Científicas formam um conjunto de amostras de valor estratégico para o estudo de diversas doenças, que além de preservar, identificar e organizar as amostras disponibilizam seus acervos para universidades e outras instituições científicas, motivo pelo qual são considerados de importância nacional e internacional (IOC, 2013).

O IOC investe na formação de recursos humanos através de programas de ensino de pós-graduação *Stricto sensu*, *Lato sensu* e de educação profissional, que capacitam profissionais para as áreas de saúde, ciência, tecnologia e inovação, além de disponibilizar estágios em seus laboratórios através da modalidade de capacitação em serviço (IOC, 2007; 2013).

A revista Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, criada por Oswaldo Cruz em 1909, é a mais antiga da América Latina na área das ciências biomédicas e atingiu fator de impacto recorde em sua trajetória, alcançando a liderança na América Latina entre as revistas científicas avaliadas no ranking. O periódico também foi o mais citado entre as publicações de países latino-americanos em 2016, superando a marca de seis mil referências publicadas em artigos científicos. Os dados foram divulgados pela empresa Thomson Reuters, responsável pelo relatório com indicadores de relevância de publicações científicas em todo o mundo. Além de garantir acesso gratuito a seu conteúdo integral, a revista oferece ainda a submissão *online* de artigos (FIOCRUZ, 2014; 2017).

### **8.1.3 O Instituto Oswaldo Cruz de amanhã**

O crescimento do papel do conhecimento na sociedade e os processos de globalização da economia promoveram, nas últimas décadas, transformações significativas na Ciência, Tecnologia & Inovação (CT&I). As instituições públicas de pesquisa estão vivenciando profundas transformações na sua estrutura organizacional e um dos maiores desafios a ser enfrentado é a escolha de mecanismos que auxiliem na tomada de decisão para desenvolvimento de pesquisas em áreas consideradas prioritárias (AULICINO, 2006).

Os institutos de pesquisa nacionais devem se preparar para concorrer em um espaço de ação crescentemente internacional, o que significa criar competências específicas e essenciais e monitorar seu segmento e para isso a capacidade de prospectar o futuro é uma poderosa ferramenta para assegurar a competitividade de países e organizações.

O IOC começou sua reestruturação seguindo o movimento de modernização das estruturas organizacionais das instituições de pesquisa, que tem buscado modelos mais ágeis e mais competitivos para o ambiente científico. Seu grande desafio se constituía na consolidação dessa reestruturação, que deveria transcender a contribuição científica e tecnológica para ser também ferramenta de desenvolvimento social e econômico, mantendo suas atividades de pesquisa dentro de parâmetros de

relevância capazes de atender às necessidades da sociedade (QUENTAL; GADELHA; FIALHO, 2001). Diante do exposto, há que considerar que o IOC já vinha, mesmo que timidamente, realizando estudos prospectivos e se conscientizando da relevância dos mesmos como ferramentas valiosas para a formulação de projetos e políticas organizacionais que visem mudanças de médio e longo prazos e tendem a subsidiar fortemente a tomada de decisão (BASSI, 2013).

## 8.2 A proposta de prospecção tecnológica para o IOC

Em 2009 foi apresentada para o IOC uma proposta de prospecção tecnológica (OLIVEIRA, 2009) cuja metodologia envolveu a realização de revisão da literatura para a construção do referencial teórico, uma análise comparativa de diversos estudos prospectivos e a identificação dos instrumentos e ferramentas utilizados nesses estudos (OLIVEIRA; QUENTAL, 2012).

O Estudo Prospectivo do Setor de Equipamentos Médicos, Hospitalares e Odontológicos – EMHO (ABDI, 2008) mostrou-se metodologicamente mais interessante, para compor a proposta para o IOC, por sua atualidade e por ter como ponto de partida sua visão de futuro, a saber: *“Alcançar, nos próximos 15 anos, o reconhecimento internacional como produtores de equipamentos médicos, hospitalares e odontológicos de padrão tecnológico mundial nos segmentos de diagnóstico de imagem, óptica, hemodiálise, e neonatal, com empresas nacionais competitivas mundialmente”*. Muito semelhante à visão de futuro do IOC, que destacamos: *“Um Instituto de Pesquisa e Tecnologia internacional de excelência, formador de cientistas e técnicos, reconhecido pela qualidade de sua ação de referência de diagnóstico, assistência e vigilância epidemiológica e capaz de responder às demandas na área de saúde com rapidez e confiabilidade”* (IOC, 2007).

A abordagem metodológica do estudo prospectivo do setor de EMHO foi baseada no modelo teórico elaborado pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) para orientar as ações de prospecção em CT&I, que construiu seu referencial teórico e prático a partir da incorporação de elementos advindos de experiências conduzidas ao redor do mundo com grande diversidade de aplicações e uso de diferentes abordagens e metodologias (CGEE, 2006).

Sabe-se que a efetividade da atividade prospectiva em CT&I está *“intrinsecamente ligada a um desenho metodológico adequado, obtido a partir de uma delimitação precisa das questões a serem respondidas,*

*do tipo de resposta desejada, da orientação espacial, do escopo do tema, bem como da estruturação de uma rede de atores capazes de se articularem de forma a buscarem consensos e comprometimentos necessários à implementação das linhas de ação identificadas” (SANTOS et al., 2001, p.202).*

O modelo prospectivo utilizado pelo setor de EMHO, e adotado na proposta para o IOC, previu o percurso em três fases descritas na sequência com o propósito de favorecer a compreensão integral do processo.

A Fase Inicial teve como objetivo coletar, tratar, analisar e sistematizar a informação, o que possibilitaria mostrar o posicionamento do instituto de pesquisa em relação à pesquisa científica em sua área de atuação no Brasil e no mundo, propiciando o delineamento do Panorama Atual.

A Fase Principal teve como objetivo analisar e interpretar a informação coletada na fase inicial, produzindo conhecimento que subsidiaria os exercícios prospectivos, que indicariam as prováveis rotas tecnológicas a serem adotadas pelo IOC para alcançar a sua visão de futuro, propiciando a visualização de suas Perspectivas de Futuro.

A Fase de Comprometimento teve como objetivo fazer as recomendações necessárias para alcançar a visão estratégica do IOC e disseminar os resultados dos estudos prospectivos a serem implementados através de uma política institucional, inclusive com a elaboração das Rotas Tecnológicas e Agendas Tecnológicas.

Os principais instrumentos e ferramentas para o desenvolvimento de cada fase citada acima foram (OLIVEIRA, 2009):

- 1) a criação de um Grupo de Trabalho;
- 2) a implementação de uma coordenação;
- 3) a contratação de assessoria técnica para coordenar o estudo;
- 4) a institucionalização do estudo na estrutura do IOC;
- 5) a alocação de recursos específicos para o desenvolvimento do estudo prospectivo;
- 6) o desenvolvimento de exercícios prospectivos e da metodologia a ser adotada;
- 7) a criação de um banco de dados, com todas as informações coletadas;
- 8) a análise e a interpretação das informações coletadas;
- 9) o estudo de rotas estratégicas e tecnológicas;
- 10) a absorção e capacitação de recursos humanos;
- 11) o desenvolvimento de um *software* específico;

- 12) a elaboração das rotas tecnológicas;
- 13) a identificação de recomendações para alcançar a visão estratégica;
- 14) a disseminação de resultados.

Cabe ressaltar que um estudo prospectivo exige tempo de aprendizado e maturação para que a instituição aprenda e se envolva com a continuidade do processo, cujas atividades requerem assessoria de técnicos especialistas. Outra questão importante é em relação à capacitação dos profissionais da instituição, tendo em vista a relevância do tema para o planejamento estratégico das empresas. Segundo Thiesen (2007), as iniciativas adotadas pelas instituições de ensino e pesquisa no campo da prospecção no país são muito incipientes e a literatura sobre essa temática é insignificante, aspecto que, de alguma forma, indica insuficiência do debate no meio acadêmico.

### **8.3 A Implementação da Prospecção Tecnológica no IOC**

Como relatado no item 1.3, o IOC vinha timidamente realizando estudos prospectivos dando início a sua reestruturação organizacional. Esta reestruturação foi consequência da proposta de modernização organizacional levantada em dois encontros de planejamento estratégico e institucional chamados “II Encontro do IOC” e “III Encontro do IOC”, ocorridos em 2006, que debateram as perspectivas de futuro, a estrutura organizacional e o Plano Diretor de ações do Instituto e diagnosticaram que a grande heterogeneidade de sua estrutura departamental estava comprometendo e enfraquecendo a sua representatividade política e científica, além da grande carga de atividades administrativas que pesava sobre os departamentos reduzindo sua capacidade de liderança e integração científica (IOC, 2007).

Assim, o IOC reduziu as suas estruturas hierárquicas no âmbito da pesquisa, priorizando as instâncias horizontais de integração em redes, em substituição à tradicional compartimentalização vertical. Por isso, em 2007 foram criadas instâncias de promoção de sinergias e de integração dos laboratórios, chamadas Áreas de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I), a partir de um estudo sobre os temas dos projetos de PD&I dos laboratórios do IOC, com o objetivo de otimizar o potencial de produção de conhecimentos e inovação, bem como de captação de recursos extraorçamentários (IOC, 2007; 2013).

Com a implementação das Áreas de PD&I, os pesquisadores foram

incentivados a utilizar ferramentas para prospecção e mapeamento da produção científica-tecnológica e de editais de financiamento, assim como para o monitoramento contínuo do estado da arte (publicações) e do estado da técnica (patentes). Entre as ferramentas adotadas vale destacar um sistema de busca de editais (Sistema Financiar-FUNARBE/UFV/UFMG) implantado para realizar buscas em mais de 800 agências nacionais e internacionais de financiamento para projetos de PD&I (IOC, 2013).

As Áreas de PD&I foram responsáveis por promover e/ou apoiar atividades para a disseminação dos estudos prospectivos, tendo organizado diversos eventos científicos, tais como: workshops, seminários, encontros, simpósios, censos de projetos de pesquisa, cursos, entre outras atividades que propiciaram maior conhecimento das atividades de pesquisa e promoveram o fortalecimento de parcerias internas (IOC, 2012).

Mas foi somente a partir de 2011 que houve intensificação nas atividades prospectivas no IOC, com a implantação do grande projeto institucional (2011-2012) chamado “Capacitação e Desenvolvimento de Competências para a Gestão do Conhecimento Científico e Prospecção Tecnológica”, com o objetivo de desenvolver e implantar uma política de Prospecção Científico-Tecnológica, uma iniciativa da Vice-Direção de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação, juntamente com a equipe da Assessoria de PD&I, que contou com o apoio do CNPq (IOC, 2012).

Dentro deste projeto, podemos salientar o subprojeto denominado “Apoio em métodos e práticas de prospecção para atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação no Instituto Oswaldo Cruz”, cujo objetivo foi conceber e implementar metodologia e realizar estudo piloto de prospecção científica, tecnológica e de inovação associada ao planejamento das atividades de pesquisa e desenvolvimento do IOC (IOC, 2012).

A equipe de trabalho foi coordenada pela assessoria técnica contratada do Grupo de Estudos sobre Organização da Pesquisa e Inovação (GEOPI), do Departamento de Política Científica e Tecnológica do Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas, sob a coordenação geral de Sergio Sales Filho.

As duas equipes juntas (do GEOPI e do IOC) formaram o Grupo Executor, que contou ainda com a participação de alguns pesquisadores das áreas escolhidas - Leishmanioses e Genômica Funcional - para definir e detalhar os estudos pilotos, bem como auxiliar na montagem das estratégias de buscas de produções científicas e tecnológicas e na interpretação dos resultados. Esta atividade envolveu cerca de 100 pesquisadores e outros profissionais do IOC, da Fiocruz, de universidades e institutos de pesquisas e de empresas, que participaram de diversas atividades.



O primeiro exercício foi o levantamento das necessidades de prospecção do IOC, através de entrevistas com pesquisadores e da realização de um painel estruturado que buscou validar uma série de ações de prospecção e definir níveis de envolvimento e conhecimento das instâncias micro (Laboratórios), meso (Áreas de PD&I) e macro (Direção) do Instituto.

O segundo exercício foi a realização de dois estudos para o desenvolvimento de um protocolo de prospecção, cujo propósito foi a aplicação de métodos de prospecção. Foram selecionadas duas áreas dentre as 16 Áreas de PD&I do IOC, sendo uma vertical representando um agravo (Leishmanioses) e uma horizontal (Genômica Funcional). Desta forma, os temas selecionados foram: “tratamento e diagnóstico de Leishmanioses” e “tratamento e diagnóstico por meio da Genômica Funcional”.

Outras atividades realizadas dentro deste projeto merecem destaque:

- Mapeamento da Produção Científica usando software de *data mining*;
- Estudo Piloto de Prospecção Científico-tecnológica – Painel de Especialistas;
- Realização de análise baseada na matriz SWOT para identificação das principais oportunidades, ameaças externas, fortalezas e debilidades internas da Área de Epidemiologia, Vigilância e Diagnóstico em Saúde.

Devemos ressaltar, ainda, que as atividades desenvolvidas dentro do projeto institucional, descrito acima, foram “implementadoras” dos instrumentos e ferramentas propostos por Oliveira, 2009 (item 2).

O resultado desses estudos foi a organização de uma Plataforma de Prospecção Científico-Tecnológica com o intuito de estabelecer uma estrutura estável de suporte a estudos de prospecção científica e tecnológica no IOC, para apoio às decisões da política científica nos três níveis (Direção, Áreas de PD&I e Laboratórios), além de possibilitar o aprofundamento da análise da produção científica institucional. Apesar do excelente trabalho desenvolvido pela equipe de Áreas de PD&I, a diminuição considerável de investimentos em PD&I (MIRANDA, 2017; SBPC, 2017) motivou a desarticulação da equipe em seu formato original, uma vez que era composta por profissionais bolsistas, o que causou uma desaceleração considerável das atividades prospectivas no IOC.

Em 2013, foi criada a Plataforma de Apoio à Pesquisa e Inovação (PAPI) para impulsionar novamente os exercícios prospectivos no IOC. Além disso, criou-se o Observatório Estratégico, atividade que consiste

em continuar a buscar sinergias para a formação das redes de colaboração científica e tecnológica, e que pretende sinalizar tendências e questões relevantes para o planejamento estratégico e decisões de investimento em pesquisa, desenvolvimento e inovação, preparando a liderança científica e gerencial do Instituto para desenvolver novas competências e estratégias que lhes possibilitem atingir sua visão de futuro (IOC, 2014).

## 8.4 Considerações Finais

O Instituto Oswaldo Cruz sempre teve uma atuação inovadora, desde seus primórdios, quando Oswaldo Cruz, mesmo enfrentando reação popular à época, foi capaz de erradicar a febre amarela do país pela primeira vez em 1907 e controlar várias outras doenças (BENCHIMOL, 1990).

A implementação da prospecção tecnológica como instrumento para seu planejamento estratégico foi então a confirmação desse perfil inovador que ficou preservado em seus 117 anos.

A proposta de prospecção tecnológica implementada com as adaptações necessárias trouxe grandes benefícios para o IOC, posto que os estudos prospectivos geraram informação qualificada acerca das pesquisas realizadas no Instituto e promoveram o fortalecimento de parcerias. Além disso, sensibilizaram a comunidade científica do Instituto para a relevância e aplicabilidade da prospecção tecnológica como mecanismo propulsor de obtenção de informações que qualificam a tomada de decisão.

Vale ressaltar que a presidência da Fiocruz também tem incentivado a prospecção tecnológica através da recém criada Coordenação das Ações de Prospecção (FIOCRUZ, 2017) com o intuito de fomentar estudos prospectivos que contribuirão para a geração de conhecimento e para definir prioridades e formular políticas de CT&I, que ajudarão a Fundação, considerada a maior instituição de pesquisa biomédica do Brasil e da América Latina (FIOCRUZ, 2014; 2016), a se manter em seu lugar de destaque e enfrentar os grandes desafios da saúde pública do país.

## Referências

ABDI - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. Estudo Prospectivo do Setor de Equipamentos Médicos Hospitalares e Odontológicos (EMHO). *Série Cadernos da Indústria ABDI. Brasília*, v. VIII. 2008.

AULICINO, A.L. **Foresight para políticas de CT&I com desenvolvimento sustentável: estudo de caso Brasil**. 2006. 322 f. Trabalho de conclusão de curso (Tese) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo – USP, São Paulo, 2006.

BASSI, N. S. et al. O uso de estudos prospectivos na elaboração do planejamento estratégico de uma instituição científica-tecnológica brasileira. **Parcerias Estratégicas**. Brasília, Ed. Esplanada, v. 18, n. 37, p. 173-192. 2013. Disponível em: <file:///C:/Users/moliveira/Downloads/729-2804-1-PB%20(1).pdf>. Acesso em: 02 ago. 2017.

BENCHIMOL, J. L. (coordenador). **Manguinhos do Sonho à Vida: A Ciência na Belle Époque**. Rio de Janeiro: Ed. Casa de Oswaldo Cruz, Fundação Oswaldo Cruz, 1990.

CGEE - CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. **Relatório de 5 anos 2001-2006**. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, Set. 2006. Disponível em: <http://www.cgee.org.br/arquivos/5anos.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2017.

FIOCRUZ – Fundação Oswaldo Cruz. **Fiocruz é a melhor instituição de pesquisa do Brasil em ranking da Universidade de Leiden**, 2014. Disponível em: <https://portal.fiocruz.br/pt-br/content/ranking-da-universidade-de-leiden-poe-fiocruz-como-melhor-instituicao-de-pesquisa-do-brasil>. Acesso em: 17 ago. 2017.

\_\_\_\_\_. **Fiocruz e Servier anunciam prêmio para pesquisa sobre zika**, 2016. Disponível em: <https://portal.fiocruz.br/pt-br/content/fiocruz-e-servier-anunciam-premio-para-pesquisa-sobre-zika>. Acesso em: 17 ago. 2017.

\_\_\_\_\_. **Memórias do IOC**, 2017. Disponível em: <https://portal.fiocruz.br/pt-br/content/mem%C3%B3rias-do-ioc-1>. Acesso em: 28 jul. 2017.

HAMILTON, W. Massacre de Manguinhos: Crônica de uma Morte Anunciada. Rio de Janeiro, **Cadernos da Casa de Oswaldo Cruz**, v.1, n.1, p. 7-18. 1989. Disponível em:

<https://portal.fiocruz.br/sites/portal.fiocruz.br/files/documentos/massacre\_de\_manguinhos\_-\_wanda\_hamilton.pdf>. Acesso em: 11 jul. 2017.

IOC - INSTITUTO OSWALDO CRUZ. Instituto Oswaldo Cruz: Relatório de Atividades 2006-2007. Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <http://www.fiocruz.br/ioc/media/RelatorioIOC\_2006-2007.pdf>. Acesso em: 12 jul. 2017.

\_\_\_\_\_. Instituto Oswaldo Cruz: Relatório de Atividades 2012. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <http://www.fiocruz.br/ioc/media/Relatorio\_Consolidado\_2012.pdf>. Acesso em 18 jul. 2017

\_\_\_\_\_. Instituto Oswaldo Cruz: Relatório de Gestão 2005-2013. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <http://www.fiocruz.br/ioc/media/RelatorioIOC\_2005\_2013.pdf>. Acesso em: 19 jul. 2017.

\_\_\_\_\_. Instituto Oswaldo Cruz: Relatório de Atividades 2013-2014. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <http://www.fiocruz.br/ioc/media/Relatorio%20

de%20gestao%20IOC%202013-2014\_edit16\_09.pdf>. Acesso em 25 jul. 2017

MIRANDA, L. Cortes na ciência no Brasil viram assunto na revista Nature, 2017. Disponível em: <<http://ciencianautas.com/cortes-na-ciencia-no-brasil-viram-assunto-na-revista-nature/>>. Acesso em: 12 ago. 2017.

OLIVEIRA, M. M. M. **A prospecção tecnológica como ferramenta de planejamento estratégico para a construção do futuro do Instituto Oswaldo Cruz**. 2009. 87f. Tese de Mestrado – Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca, Fiocruz, Rio de Janeiro.

OLIVEIRA, M. M. M.; QUENTAL, C. M. A prospecção tecnológica como ferramenta de planejamento estratégico para a construção do futuro do Instituto Oswaldo Cruz. *Revista Eletrônica de Comunicação, Informação & Inovação em Saúde*, v. 6, n. 1. 2012.

QUENTAL, C. M.; GADELHA, C. A. G.; FIALHO, B. C. O papel dos institutos públicos de pesquisa na inovação farmacêutica. *Revista de Administração Pública*, v. 35, n.5, p. 135-62. 2001.

SANTOS, M. M. et al. Prospecção em ciência, tecnologia e inovação: a abordagem conceitual e metodológica do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos e sua aplicação para os setores de recursos hídricos e energia. *Parcerias Estratégicas*, n.18, p. 191-237. 2004.

SBPC - SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA. SBPC e ABC solicitam ao presidente Temer que recupere orçamento do MCTIC. *Jornal da Ciência*. 2017. Disponível em: <<http://www.sbpcnet.org.br/site/artigos-e-manifestos/detalhe.php?p=5950>>. Acesso em: 17 ago. 2017.

THIESEN, J. S. O espaço da educação pública nos estudos prospectivos realizados no Brasil. *Revista Grifos*, v.16, n. 22/23, p. 257-273. Jun.-dez./2007. Disponível em: <<https://bell.unochapeco.edu.br/revistas/index.php/grifos/article/view/182/83>>. Acesso em: 02 ago. 2017.

“O conteúdo expresso neste capítulo é de inteira responsabilidade da autora”

As autora autoriza a publicação e distribuição gratuita deste e-book por meio da editora ou canais de distribuição indicados pela empresa.



Apoio Cultural:



[www.edicoesbrasil.com.br](http://www.edicoesbrasil.com.br)

# A Ciência e a Tecnologia do Futuro: aplicação dos métodos de previsão e prospecção no âmbito científico-tecnológico e social

**Volume 1**

## **Organizadores:**

Herlandí de Souza Andrade

Messias Borges Silva

Milton de Freitas Chagas Junior

Wagner dos Santos Oliveira

Série Previsão e Prospecção Tecnológica  
ISBN 978-85-65364-68-3



*Edições*  
**Brasil**

ISBN 978-85-65364-68-3

