

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MYRRENA INÁCIO

**TECNOLOGIAS EMERGENTES E PROBLEMAS SOCIAIS NO BRASIL:
O CASO DA NANOTECNOLOGIA APLICADA A DOENÇAS NEGLIGENCIADAS**

CURITIBA

2017

MYRRENA INÁCIO

**TECNOLOGIAS EMERGENTES E PROBLEMAS SOCIAIS NO BRASIL:
O CASO DA NANOTECNOLOGIA APLICADA A DOENÇAS NEGLIGENCIADAS**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Políticas Públicas, no Curso de Pós-Graduação de Políticas Públicas, Setor de Ciências Sociais Aplicadas, da Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Prof^a. Dra. Noela Invernizzi

CURITIBA

2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. SISTEMA DE BIBLIOTECAS.
CATALOGAÇÃO NA FONTE

Inácio, Myrrena

Tecnologias emergentes e problemas sociais no Brasil: o caso da nanotecnologia aplicada a doenças negligenciadas / Myrrena Inácio. - 2017.

157 f.

Orientadora: Noela Invernizzi.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Sociais Aplicadas, Programa de Pós-Graduação em Políticas Públicas.

Defesa: Curitiba, 2017.

1. Prevenção de doenças - Inovações tecnológicas. 2. Saúde pública – Brasil. 3. Nanotecnologia. I. Invernizzi, Noela. II. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Sociais Aplicadas. Programa de Pós-Graduação em Políticas Públicas. III Título.

CDD 614.4

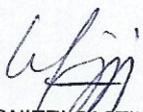


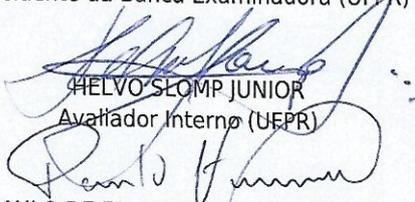
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
Setor CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS
Programa de Pós Graduação em POLÍTICAS PÚBLICAS
Código CAPES: 40001016076P0

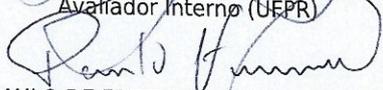
TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em POLÍTICAS PÚBLICAS da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **MYRRENA INÁCIO**, intitulada: "**TECNOLOGIAS EMERGENTES E PROBLEMAS SOCIAIS NO BRASIL: O CASO DA NANOTECNOLOGIA APLICADA A DOENÇAS NEGLIGENCIADAS**", após terem inquirido a aluna e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua aprovação.

Curitiba, 21 de Fevereiro de 2017.


NOELA INVERNIZZI CASTILLO
Presidente da Banca Examinadora (UFPR)


HELVO SLOMP JUNIOR
Avaliador Interno (UFPR)


PAULO DE FREITAS CASTRO FONSECA
Avaliador Externo (UFSC)

Ao tio Mano, v? Toninho e Bisa,
minha tr?ade de prote??o.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer à professora Noela Invernizzi por acreditar na proposta do meu projeto de pesquisa, por me incentivar em participar dos eventos e publicações. Obrigada pela orientação desta dissertação, sempre com muita dedicação, zelo e com excelentes considerações e sugestões para aprimorar ainda mais a pesquisa. Agradeço também por todas as aulas nas disciplinas que ministrou, que sem dúvidas, enriqueceram a minha formação acadêmica, profissional e pessoal também, despertando-me para novas visões de mundo.

Agradeço à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Políticas Públicas da UFPR, à secretaria do programa e especialmente aos professores do curso que contribuíram de maneira específica para argumentos desta dissertação e para a minha formação acadêmica como um todo, por meio de diferentes metodologias nas disciplinas cursadas.

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos (abril/2015 a setembro/2016) que me permitiu ter melhores condições de pesquisa durante o curso e pelo Convênio de Cooperação Internacional CAPES/FCT (Processo nº 23038.002469/2014-65) que providenciou os recursos para a pesquisa de campo.

Agradeço aos professores-pesquisadores da banca examinadora de qualificação e defesa pela atenção dedicada e pelas importantes contribuições a esta pesquisa.

Agradeço a todos os pesquisadores dos grupos de pesquisa que participaram das entrevistas realizadas nesta dissertação. A participação de cada grupo foi fundamental para alcançar os objetivos propostos nesta pesquisa e ampliar os conhecimentos adquiridos por meio da literatura.

Agradeço aos meus colegas mestrandos e doutorandos, aos membros do nosso grupo de pesquisa “Tecnologias Emergentes, Sociedade e Desenvolvimento” (TESD), pela parceria, pelas trocas de ideias e pela amizade. Em especial, aos meus colegas Adriana, José Henrique, Josemari, Leandro e Tiago.

Agradeço ao meu pai José Carlos, por todo o apoio e por facilitar, inúmeras vezes, as minhas idas e vindas de Joinville a Curitiba. Agradeço também a minha mãe Tânia e a minha irmã Nadine pelo carinho.

Agradeço ao meu namorado João Vitor, por todo o carinho, compreensão e apoio durante mais esta etapa. Agradeço de modo especial a minha amiga Talita e sua família, por todas as conversas, carinho e pelo apoio incondicional que facilitaram a minha estada na cidade de Curitiba.

Agradeço à chefe do departamento de Engenharia Civil da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), prof^a Sandra Denise Kruger Alves, por me apoiar nas atividades e eventos, compreender a minha disponibilidade de horários e me incentivar nos projetos futuros. Por meio dela, reporto-me a toda comunidade da UDESC – Campus Joinville, incluindo especialmente os meus alunos no período letivo do ano de 2016, pela significativa oportunidade na área da docência, de tal forma a relacionar os conhecimentos adquiridos neste programa de Mestrado com as disciplinas de minha competência.

Certamente esses parágrafos são poucos para expressar meus agradecimentos a todas as pessoas que fizeram parte dessa importante fase da minha vida. A objetividade nas palavras contrasta com a extensão da minha gratidão e felicidade.

Os cientistas dizem que os humanos são feitos de átomos, mas a mim um passarinho contou que somos feitos de histórias.

(GALEANO, 2013).

RESUMO

As doenças negligenciadas permanecem como sérias preocupações globais e, por conseguinte, há o comprometimento para renovar e reforçar a luta contra as doenças tropicais negligenciadas, estabelecendo a erradicação dessas doenças até 2030 como uma das metas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Vários atores, incluindo governos, organizações internacionais e acadêmicos têm afirmado que as nanotecnologias emergem como alternativas para tratar e erradicar essas doenças, bem como para aliviar as condições que conduzem a essas afecções e estimular o desenvolvimento dos países. Por outro lado, alguns pesquisadores e organizações internacionais e organizações civis salientam que implicações sociais e éticas na nanomedicina poderão surgir, resultando na ampliação das desigualdades já existentes e na criação de novas desigualdades, uma vez que o desenvolvimento dessa tecnologia emergente não garante necessariamente o seu efetivo acesso pelas populações acometidas por doenças negligenciadas que, em sua maioria, moram em países com baixo poder aquisitivo e não têm acesso sequer às tecnologias convencionais. Por essas razões, este trabalho tem como objetivo investigar se as políticas e pesquisas brasileiras na área de nanotecnologia têm fomentado a aplicação dessa tecnologia às doenças negligenciadas, com vistas a melhorar as condições de vida e saúde da população afetada; e se foram levados em conta os potenciais riscos e aspectos éticos, legais e sociais (ELSI) dessas tecnologias. Em seu delineamento, adotou-se a pesquisa bibliográfica e documental e, na busca pelas evidências empíricas, realizou-se o mapeamento dos grupos de pesquisa cadastrados no Diretório de Grupos de Pesquisa no Brasil do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) que realizam atividades sobre a nanotecnologia aplicada às doenças negligenciadas, bem como dos Currículos Lattes dos pesquisadores líderes de cada grupo de pesquisa. De forma complementar, foram realizadas entrevistas com pesquisadores de seis grupos de pesquisa selecionados. Ao final, concluiu-se que as tímidas referências nos documentos de políticas em nanotecnologia convergem com um interesse marginal em termos de financiamento aos grupos de pesquisa mediante editais que contemplem especificamente nanotecnologia ou doenças negligenciadas. Reconheceu-se que assim como ocorre na literatura, há uma significativa desconexão entre as políticas e pesquisas e os aspectos ELSI. Por outro lado, foi possível identificar interessantes avanços das competências nacionais em nanotecnologia para a pesquisa e inovação na área de doenças negligenciadas, em que pese haver um baixo interesse para o tratamento da hanseníase. Concluiu-se também que as redes de colaboração contemplam as principais ações estruturantes das políticas em nanotecnologia e também são ressaltadas constantemente pelos grupos de pesquisa. Diante disso, sugere-se o fomento à criação e apoio de redes de colaboração relacionadas ao estudo da nanotoxicologia e a incorporação da análise de riscos e aspectos ELSI, com linhas de pesquisa específicas para as doenças negligenciadas. Ademais, deve-se ter cautela ao apontar as nanotecnologias como alternativas para os problemas sociais, como possibilidades de se alcançar as metas dos ODS para as doenças negligenciadas, uma vez que há outros ODS que são determinantes, tais como: a erradicação da pobreza, o acesso à água potável e saneamento básico.

Palavras-chave: Doenças negligenciadas. Nanotecnologia. Problemas sociais.

ABSTRACT

Neglected diseases remain serious global concerns and, therefore, there is the commitment to renew and strengthen the fight against neglected tropical diseases, establishing the eradication of these diseases until 2030 as one of the goals of sustainable development goals (ODS). Several actors, including governments, international organizations and academics have claimed that nanotechnologies emerge as alternatives to treat and eradicate these diseases, as well as to alleviate the conditions that lead to these diseases and encourage the development of the countries. On the other hand, some researchers and international organizations point out that social and ethical implications in Nanomedicine may occur, resulting in the expansion of the existing inequalities and creating new inequalities, since the development of this emerging technology does not necessarily guarantee its effective access by the populations affected by neglected diseases that mostly live in countries with low income and do not have access even to conventional technologies. For these reasons, this paper aims to investigate whether Brazilian policies and research in the area of nanotechnology have encouraged the application of this technology to neglected diseases, with a view to improving the living conditions and health of the affected population; and if they were taken into account the potential risks and ethical, legal and social implications (ELSI) of these technologies. In its design, it was adopted the bibliographical and documentary research and for empirical evidence, there was the mapping of research groups registered in the Directory of research groups in Brazil of the National Counsel of Technological and Scientific Development (CNPq) that perform activities on nanotechnology applied to neglected diseases, as well as the Curriculum Lattes of the researchers of each research group leader. Complementarily, interviews were conducted with researchers from six selected research groups. In the end, it was found that the timid references in nanotechnology policy documents converge with a marginal interest in funding research groups through notices that specifically address nanotechnology or neglected diseases. It was recognized that as in the literature, there is a significant disconnect between policies and research and the ELSI aspects. On the other hand, it was possible to identify interesting advances of the national competences in nanotechnology for research and innovation in neglected diseases, although there is a low interest in the treatment of leprosy. It was also concluded that the collaboration networks contemplate the main structuring actions of nanotechnology policies and are also constantly emphasized by the research groups. In view of this, it is suggested to foster the creation and support of collaborative networks related to the study of nanotoxicology and the incorporation of risk analysis and ELSI aspects, with specific lines of research for neglected diseases. Furthermore, one should be cautious to the point the nanotechnology as alternatives to social problems, as possibilities to achieve the ODS goals for neglected diseases, since other ODS are determinant, such as: eradication of poverty, Access to safe drinking water and basic sanitation.

Key-words: Neglected diseases. Nanotechnology. Social problems.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – ESTRUTURA ESQUEMÁTICA DE LIPOSSOMA FORMADO POR FOSFOLIPÍDIOS.....	48
FIGURA 2 – ESTRUTURA DOS NIOSSOMAS.....	49
FIGURA 3 – REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DE NANOCÁPSULAS E NANOESFERAS POLIMÉRICAS.....	50
FIGURA 4 – ESTRUTURA DAS NANOEMULSÕES	51
FIGURA 5 – ESTRUTURA DAS NANOSUSPENSÕES.....	51
FIGURA 6 – DISPOSIÇÃO GEOGRÁFICA DOS GRUPOS DE PESQUISA QUE APLICAM A NANOTECNOLOGIA ÀS DOENÇAS NEGLIGENCIADAS	84
FIGURA 7 – REDE ESTABELECIDADA ENTRE OS GRUPOS DE PESQUISA E AS DOENÇAS NEGLIGENCIADAS.....	90
FIGURA 8 – REDE ESTABELECIDADA ENTRE OS GRUPOS DE PESQUISA E AS RESPECTIVAS INSTITUIÇÕES	91
FIGURA 9 – REDE ESTABELECIDADA ENTRE OS GRUPOS DE PESQUISA E AS PALAVRAS-CHAVE.....	92
FIGURA 10 – REDE ESTABELECIDADA ENTRE OS GRUPOS DE PESQUISA E A ANÁLISE DOS ASPECTOS ELSI, RISCOS E NANOTOXICIDADE.	93
FIGURA 11 – REDES DE COLABORAÇÃO DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA ENTRE OS PESQUISADORES LÍDERES.....	99

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – RELAÇÃO ENTRE OS GRUPOS DE PESQUISA NA ÁREA DE NANOTECNOLOGIA E OS GRUPOS DE PESQUISA QUE APLICAM A NANOTECNOLOGIA ÀS DOENÇAS NEGLIGENCIADAS	82
GRÁFICO 2 – RELAÇÃO ENTRE AS ÁREAS PREDOMINANTES E OS GRUPOS DE PESQUISA	84
GRÁFICO 3 – GRUPOS DE PESQUISA POR ANO DE FORMAÇÃO	86

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – BENEFÍCIOS E RISCOS DAS PRINCIPAIS ÁREAS DA NANOMEDICINA	46
QUADRO 2 – EDITAIS DE FOMENTO À PESQUISA NA ÁREA DE NANOTECNOLOGIA APLICADA À SAÚDE E ÀS DOENÇAS NEGLIGENCIADAS.	68
QUADRO 3 – IDENTIFICAÇÃO DOS GRUPOS DE PESQUISA.....	86
QUADRO 4 – IDENTIFICAÇÃO DOS PESQUISADORES LÍDERES EM RELAÇÃO AOS GRUPOS DE PESQUISA MAPEADOS.....	93

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABDI	- Associação Brasileira de Desenvolvimento Industrial
AIDS	- Síndrome da Imunodeficiência Adquirida
ANVISA	- Agência Nacional de Vigilância Sanitária
BCG	- <i>Bacillus Calmette-Guérin</i>
BNDES	- Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
C&T	- Ciência e Tecnologia
C, T & I	- Ciência, Tecnologia e Inovação
CAPES	- Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CETENE	- Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste
CNPEM	- Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais
CNPq	- Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CTS	- Ciência, tecnologia e sociedade
DAP	- Dapsona
DECIT	- Departamento de Ciência e Tecnologia
ELSI	- Aspectos éticos, legais e sociais
EMA	- <i>European Medicines Agency</i>
ETB	- Etambutol
FDA	- <i>Food and Drug Administration</i>
FINEP	- Financiadora de Estudos e Projetos
FIOCRUZ	- Fundação Oswaldo Cruz
HIV	- Vírus da imunodeficiência humana
IBMP	- Instituto de Biologia Molecular do Paraná
IBN	- Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia
ICC	- Instituto Carlos Chagas
ICT	- Institutos de Ciência e Tecnologia
INCT	- Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia
INH	- Isoniazida
IPA	- Índice parasitário anual
LNLS	- Laboratório Nacional de Luz Síncrotron
LNNano	- Laboratório Nacional de Nanotecnologia
LYC	- <i>Lychonopholide</i>

MCT	- Ministério da Ciência e Tecnologia
MCTI	- Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
MDR-TB	- Tuberculose Multirresistente
MS	- Ministério da Saúde
NanoSUS	- Nanobiotecnologia para desenvolvimento, prototipagem e validação dos produtos para o SUS
Nm	- Nanômetros
NNI	- Iniciativa Nacional em Nanotecnologia
ODM	- Objetivos de Desenvolvimento do Milênio
ODS	- Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
OMS	- Organização Mundial da Saúde
ONU	- Organização das Nações Unidas
P&D	- Pesquisa e desenvolvimento
PACTI	- Plano de Ação em Ciência, Tecnologia & Inovação
PDP	- Política de Desenvolvimento Produtivo
PITCE	- Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior
PODITROD	- <i>Point of care diagnostics for tropical diseases</i>
PPA	- Plano plurianual
PYZ	- Pirazinamida
PZQ	- Praziquantel
RIF	- Rifampicina
SCENIHR	- <i>Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks</i>
SINAN	- Sistema de Informações de Agravos de Notificação
SisNANO	- Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologias
TESD	- Tecnologias Emergentes, Sociedade e Desenvolvimento
UA	- Ácido úsnico
UDESC	- Universidade do Estado de Santa Catarina
UFPE	- Universidade Federal de Pernambuco
UFPI	- Universidade Federal do Piauí
UFPR	- Universidade Federal do Paraná
UFRJ	- Universidade Federal do Rio de Janeiro
UFRN	- Universidade Federal do Rio Grande do Norte
UFU	- Universidade Federal de Uberlândia
UnB	- Universidade de Brasília

UNIR - Universidade Federal de Rondônia
USP - Universidade de São Paulo
UTFPR - Universidade Tecnológica Federal do Paraná
WoS - *Web of Science*

LISTA DE SÍMBOLOS

® - marca registrada

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	19
1.1 OBJETIVOS	21
1.1.1 Objetivo Geral	21
1.1.2 Objetivos Específicos	21
1.2 METODOLOGIA.....	22
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	24
2 NANOTECNOLOGIA: UMA TECNOLOGIA EMERGENTE PARA PROBLEMAS SOCIAIS	26
2.1 AS POLÍTICAS DE ESTÍMULO À NANOTECNOLOGIA NO BRASIL	27
2.2 A CONSTRUÇÃO DE TECNOLOGIAS PARA OS PROBLEMAS SOCIAIS	33
2.3 AS IMPLICAÇÕES ÉTICAS E SOCIAIS DA NANOTECNOLOGIA.....	38
2.4 SÍNTESE DO CAPÍTULO.....	43
3 A NANOTECNOLOGIA APLICADA ÀS DOENÇAS NEGLIGENCIADAS	45
3.1 NANOMEDICINA: PRINCIPAIS TÉCNICAS E APLICAÇÕES	46
3.2 A SITUAÇÃO DAS DOENÇAS NEGLIGENCIADAS NO BRASIL.....	51
3.2.1 Malária.....	52
3.2.2 Leishmanioses	55
3.2.3 Doença de Chagas.....	58
3.2.4 Tuberculose.....	61
3.2.5 Esquistossomose	63
3.2.6 Hanseníase	65
3.2.7 Dengue.....	66
3.3 O FOMENTO DA PESQUISA EM NANOTECNOLOGIA PARA AS DOENÇAS NEGLIGENCIADAS	67
3.4 SÍNTESE DO CAPÍTULO.....	78
4 CAPACIDADES DE PESQUISA: OS GRUPOS DE PESQUISA DO CNPQ EM NANOTECNOLOGIA PARA AS DOENÇAS NEGLIGENCIADAS	80
4.1 O MAPEAMENTO DOS GRUPOS DE PESQUISA E AS SUAS CLASSIFICAÇÕES.....	81
4.2 DISPOSIÇÃO GEOGRÁFICA, ÁREA PREDOMINANTE E ANO DE FORMAÇÃO.....	83
4.3 A CARACTERIZAÇÃO DOS GRUPOS DE PESQUISA.....	86
4.4 SÍNTESE DO CAPÍTULO.....	99
5 AS CONCEPÇÕES SOBRE AS DIMENSÕES DA PESQUISA RELACIONADAS À NANOTECNOLOGIA PARA AS DOENÇAS NEGLIGENCIADAS	101
5.1 CONSTITUIÇÃO E CARACTERÍSTICAS DOS GRUPOS	102
5.1.1 A origem dos grupos de pesquisa investigados	102
5.1.2 A escolha da temática "doenças negligenciadas"	104
5.1.3 O estímulo para pesquisa em nanotecnologia aplicada a doenças negligenciadas.....	105
5.1.4 As competências dos grupos de pesquisa	107
5.2 AS DOENÇAS NEGLIGENCIADAS E APLICAÇÕES NANOTECNOLÓGICAS.....	108
5.3 AVALIAÇÃO DE RISCOS E AS DIMENSÕES ÉTICAS E SOCIAIS DA PESQUISA.....	114
5.4 GRUPO DE PESQUISA E SOCIEDADE: DO LABORATÓRIO AO USUÁRIO.....	117

5.5 POLÍTICAS DE NANOTECNOLOGIA.....	119
5.6 FINANCIAMENTO E INCENTIVO À P&D	122
5.7 REDES DE COLABORAÇÃO	127
5.8 PERSPECTIVAS E DESAFIOS	129
5.9 SÍNTESE DO CAPÍTULO.....	131
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	134
REFERÊNCIAS.....	138
APÊNDICE - ROTEIRO DA ENTREVISTA.....	155

1 INTRODUÇÃO

As doenças negligenciadas têm enorme impacto na população em termos de ônus da doença, qualidade de vida, perda de produtividade e agravamento da pobreza, uma vez que afetam principalmente as populações sem saneamento adequado e em estreito contato com vetores infecciosos e animais domésticos. Apesar disso, não atraem o interesse de investimentos para pesquisa e desenvolvimento de medicamentos e/ou técnicas para o tratamento adequado (OMS, 2010; WHO, 2016).

Por meio de dados epidemiológicos, demográficos e o impacto das doenças no Brasil, o Ministério da Saúde definiu sete prioridades de atuação que compõem o programa em doenças negligenciadas, quais sejam: dengue, doença de Chagas, esquistossomose, hanseníase, leishmaniose, malária e tuberculose (BRASIL, 2010d).

As doenças negligenciadas passaram a ter importante presença na Agenda do Milênio (2000-2015), constituindo um dos oito Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM), pactuados na Cúpula do Milênio do ano 2001: combate ao vírus da imunodeficiência humana (HIV) e AIDS (Síndrome da Imunodeficiência Adquirida) e às doenças negligenciadas, entre elas malária e tuberculose (UNITED NATIONS, 2000).

No processo de definição da Agenda do Desenvolvimento pós-2015 e dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), essas doenças permanecem como sérias preocupações globais e, por conseguinte, há o comprometimento para renovar e reforçar a luta contra a malária, a tuberculose e as doenças tropicais negligenciadas, estabelecendo como meta a erradicação dessas doenças até 2030 (UNITED NATIONS, 2012).

Nesse contexto de preocupações e busca por soluções, vários atores, incluindo governos, organizações internacionais e acadêmicos (MNYUSIWALLA et al., 2003; SALAMANCA-BUENTELLO et al., 2005; JUMA; YEE-CHEOUNG, 2005) têm afirmado que as nanotecnologias emergem como alternativas para tratar e erradicar essas doenças, bem como para aliviar as condições que conduzem a essas afecções e estimular o desenvolvimento do país.

A nanotecnologia é considerada uma tecnologia emergente devido à possibilidade de avançar sobre os produtos já estabelecidos e criar novos produtos

com novas características e funções que têm um potencial enorme em diversas aplicações (SOLANO-UMAÑA et al., 2015). A nanomedicina, um dos ramos de aplicação da nanotecnologia e da nanociência, apresenta três principais áreas de aplicação, quais sejam: nanoterapia, nanodiagnóstico e medicina regenerativa (ALLHOFF, 2009; ETP NANOMEDICINE–NANOMED2020, 2013; SOLANO-UMAÑA et al., 2015).

A primeira área, a nanoterapia, se direciona à atuação, transporte e liberação dos medicamentos exclusivamente nas células ou áreas afetadas com intuito de atingir um tratamento mais efetivo, enquanto minimiza os efeitos colaterais e reações adversas dos tratamentos convencionais, garantindo maior comodidade e eficiência terapêutica para os pacientes (PIMENTEL et al., 2007; ALLHOFF, 2009).

Já a área de diagnóstico compreende o desenvolvimento de análise de sistemas e imagens para detectar as doenças e o mau funcionamento celular. E, por último, a terceira área, a medicina regenerativa, auxilia na reparação e reposição dos tecidos e órgãos afetados usando ferramentas de nanotecnologia (SANTOS et al., 2014; SOLANO-UMAÑA et al., 2015).

Em que pese as perspectivas otimistas sobre o potencial técnico das aplicações das nanotecnologias às doenças negligenciadas, alguns questionamentos têm sido levantados. Assinala-se que as aplicações em nanoescala podem apresentar efeitos tóxicos e colaterais aos pacientes, expor os trabalhadores da saúde a toxicidades não previstas e causar danos ao meio ambiente, a partir de lançamentos que podem ocorrer durante a produção, uso ou descarte de nanomateriais e nanoprodutos (RYE, 2013, RESNIK; TINKLE, 2007).

Ademais, alguns pesquisadores e organizações internacionais (ROYAL SOCIETY, 2004; INVERNIZZI; FOLADORI, 2006; UNESCO, 2006; SAREWITZ; WOODHOUSE, 2007; RYE, 2013; WOODSON, 2012) salientam que implicações sociais e éticas na nanomedicina poderão surgir, resultando na ampliação das desigualdades já existentes e na criação de novas desigualdades, uma vez que o desenvolvimento dessa tecnologia emergente não garante necessariamente o seu efetivo acesso pelas populações acometidas por doenças negligenciadas que, em sua maioria, moram em países com baixo poder aquisitivo e não têm acesso sequer às tecnologias convencionais.

Ante o exposto, emerge a celeuma sobre como as políticas brasileiras de nanotecnologia e as pesquisas nessa área se situam em torno a tais questões.

Diante dessa problemática, este trabalho buscará responder as seguintes perguntas de pesquisa:

1. As políticas brasileiras de nanotecnologia retomaram o discurso internacional sobre os benefícios sociais, e estimularam ações específicas no que tange às doenças negligenciadas? Se o fizeram, de que forma?
2. Como os grupos de pesquisa adotaram a agenda voltada para necessidades sociais, no caso das doenças negligenciadas? Em que concepções de relações ciência-tecnologia-sociedade se fundamentam?
3. Quais são as competências nacionais em nanotecnologia para a pesquisa e inovação, na área de doenças negligenciadas?
4. De que forma as políticas de nanotecnologia e os pesquisadores em doenças negligenciadas vinculam o impacto social da pesquisa sobre doenças negligenciadas com a pesquisa sobre riscos e aspectos ELSI (éticos, legais, sociais)?

1.1 OBJETIVOS

Para responder as referidas perguntas de pesquisa, foram delineados os objetivos geral e específicos de pesquisa.

1.1.1 Objetivo Geral

Investigar se as políticas e pesquisas brasileiras na área de nanotecnologia têm fomentado a aplicação dessa tecnologia às doenças negligenciadas, com vistas a melhorar as condições de vida e saúde da população afetada; e se foram levados em conta os potenciais riscos e implicações sociais e éticas dessas tecnologias.

1.1.2 Objetivos Específicos

a) Reconstruir o histórico das políticas públicas de nanotecnologia e examinar de que forma tem sido entendida a relação entre desenvolvimento científico-tecnológico e solução de problemas sociais;

b) Examinar as diretrizes das políticas, seus instrumentos e formas de execução, visando o fomento da aplicação da nanotecnologia na área de saúde (nanomedicina) e, em específico, na área de doenças negligenciadas;

c) Analisar o desenvolvimento da pesquisa em nanomedicina aplicada a

doenças negligenciadas no país, mapeando as doenças abordadas, as principais tecnologias utilizadas, as redes de pesquisa constituídas, e avaliar quais são as competências nacionais em nanotecnologia para a pesquisa e inovação, e a incorporação da avaliação de riscos e de aspectos ELSI;

d) A partir de alguns grupos de pesquisa selecionados para estudo em profundidade, indagar quais são as concepções dos pesquisadores que desenvolvem nanotecnologia aplicada às doenças negligenciadas, sobre os benefícios, riscos e implicações sociais da nanomedicina.

1.2 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento desta pesquisa, optou-se pela utilização dos métodos dedutivo e indutivo. A partir das tecnologias emergentes aplicadas aos problemas sociais, buscou-se analisar as políticas e pesquisas que versam sobre a nanotecnologia aplicada às doenças negligenciadas. Portanto, adotou-se o método dedutivo, uma vez que se partiu do geral para um fenômeno particular (GIL, 2002).

Por meio do método indutivo, procurou-se compreender as concepções dos benefícios sociais da nanotecnologia aplicados às doenças negligenciadas, e como tais concepções têm orientado o desenvolvimento da pesquisa na área, chegando-se a conclusões que são apenas prováveis, sem a pretensão de que contenham toda a verdade (GIL, 2002).

Quanto à sua natureza, esta pesquisa é potencialmente do tipo aplicada, tendo em vista que os resultados podem ser utilizados na prática (MARCONI; LAKATOS, 2002) para o auxílio na formulação de políticas públicas para a nanotecnologia e, em especial, às ações e estratégias aplicadas ao tratamento das doenças negligenciadas.

Sob o ponto de vista da forma de abordagem do problema, trata-se de uma pesquisa qualitativa e quantitativa, preocupando-se tanto com questões que não podem ser quantificadas, como é o caso das concepções das políticas e dos grupos de pesquisa, como também com questões quantificáveis relacionadas aos editais de pesquisa, publicações científicas e análise dos grupos de pesquisa (MINAYO, 1992; MARCONI; LAKATOS, 2002)

No que tange aos objetivos previstos, trata-se de uma pesquisa exploratória,

descritiva e analítica, pois tem a finalidade de prover o pesquisador de um conhecimento amplo a respeito do assunto pesquisado, descrever as características de determinados fenômenos, como é o caso dos benefícios sociais da nanotecnologia aplicada às doenças negligenciadas, e analisar esses fenômenos dentro do contexto social, político e econômico (LAKATOS; MARCONI, 2002).

Em seu delineamento, a pesquisa adotou como técnicas de pesquisa, para coleta de dados primários e secundários, a pesquisa bibliográfica e documental e, na busca pelas evidências empíricas, realizou-se um estudo de campo, buscando-se um aprofundamento das questões propostas (GIL, 2002).

A pesquisa bibliográfica foi constituída pela revisão da literatura internacional e nacional sobre políticas de nanotecnologia, incorporação dos benefícios sociais às políticas de nanotecnologia, nanotecnologia aplicada às doenças negligenciadas, riscos e aspectos ELSI (éticos, legais, sociais). Já a análise documental contemplou os diversos documentos que compõem as políticas brasileiras de nanotecnologia, além da análise de editais do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), do Departamento de Ciência e Tecnologia do Ministério da Saúde (DECIT) do Ministério da Saúde (MS) e Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) para fomento de pesquisas sobre nanotecnologia aplicada a doenças negligenciadas.

Para a identificação dos editais, utilizou-se como parâmetro de busca, as seguintes palavras-chave: “nanotecnologia”, “nanociência”, “nanomedicina”, “nanobiotecnologia” e “nanotoxicologia”.

Outrossim, houve o mapeamento dos grupos de pesquisa cadastrados no Diretório de Grupos de Pesquisa no Brasil do CNPq que realizam atividades sobre a nanotecnologia aplicada às doenças negligenciadas, bem como dos Currículos Lattes dos pesquisadores líderes de cada grupo de pesquisa.

A população-alvo envolveu todos os componentes dos grupos de pesquisa (líderes e pesquisadores) da área de nanotecnologia que se enquadram cumulativamente nas características listadas a seguir: a) grupos de pesquisa cadastrados no Diretório de Grupos de Pesquisa no Brasil do CNPq nas áreas de “nanotecnologia”, “nanociência”, “nanomedicina”, “nanobiotecnologia” e “nanotoxicologia”; e b) grupos de pesquisa cujas linhas de pesquisas e produções científicas dos pesquisadores líderes se vinculem a: “doenças negligenciadas” no geral ou alguma(s) da(s) sete doença(s) negligenciadas que são consideradas

prioridades de atuação, conforme o Ministério da Saúde: “dengue”, “doença de Chagas”, “esquistossomose”, “hanseníase”, “leishmaniose”, “malária” e “tuberculose”.

Para analisar os dados do mapeamento e sistematizar as informações coletadas, utilizou-se o programa de computador yEd Graph Editor, desenvolvido pela empresa alemã yWorks GmbH (yEd GRAPH EDITOR, 2016) para a construção de redes sob a ótica de diferentes aspectos dos grupos de pesquisa, envolvendo, por exemplo, as palavras-chave utilizadas, doenças negligenciadas pesquisadas, disposição geográfica, pesquisadores e outros dados que foram obtidos durante o mapeamento.

Na sequência, foram selecionados seis grupos de pesquisa, observados os seguintes critérios: a) que pesquisam mais de uma das doenças negligenciadas; b) que estejam no estágio de pesquisa aplicada (desenvolvimento/produto); c) que tenham publicações científicas sobre a nanotecnologia aplicada a doenças negligenciadas. Além desses critérios, priorizou-se a seleção dos grupos de pesquisa com o intuito de contemplar todas as sete doenças negligenciadas que foram consideradas nessa pesquisa.

A partir da seleção dos grupos, foram realizadas entrevistas semiestruturadas com os líderes e demais pesquisadores dos grupos de pesquisa cadastrados no Diretório do CNPq, com o objetivo de obter informações sobre as perspectivas sobre: políticas brasileiras de nanotecnologia, editais de fomento à área, avanços e desafios na pesquisa no país, riscos e implicações sociais da nanomedicina.

O roteiro da entrevista compreendeu as seguintes dimensões de pesquisa: a) perfil do pesquisador; b) constituição do grupo de pesquisa; c) doenças negligenciadas e aplicações nanotecnológicas; d) avaliação de riscos e toxicidade; e) grupo de pesquisa e sociedade; e) políticas de nanotecnologia; f) financiamento de pesquisa; g) infraestrutura; h) incentivo à pesquisa e desenvolvimento (P&D); i) redes de colaboração; j) perspectivas e desafios.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos, depois desta introdução. O primeiro capítulo apresenta uma análise sobre a trajetória das políticas públicas para a nanotecnologia no Brasil, compreendendo, a partir da literatura e dos documentos das políticas, a sua configuração como uma área estratégica para o

país, e examinando qual é a vinculação proposta entre o desenvolvimento tecnológico e a solução dos problemas sociais. Ademais, esse capítulo aborda as implicações éticas e sociais da nanotecnologia e como elas são desenhadas nos textos das políticas.

O segundo capítulo se dedica às aplicações nanotecnológicas para as doenças negligenciadas a partir de literatura internacional e nacional, bem como traz um panorama sobre a situação das doenças negligenciadas no Brasil e os editais de pesquisa para a área de nanotecnologia aplicada à saúde e, especialmente, a doenças negligenciadas, financiados no âmbito do CNPq, da CAPES, da FINEP e do DECIT no Ministério da Saúde.

Na sequência, o terceiro capítulo desenvolve o mapeamento sobre as capacidades dos grupos de pesquisa cadastrados no Diretório de Grupos de Pesquisa do CNPq, analisa variáveis específicas sobre a configuração e o desempenho dos grupos, bem como utiliza um enfoque de redes para analisar os dados que foram obtidos por meio do mapeamento, tais como: disposição geográfica, ano de constituição do grupo, doenças negligenciadas pesquisadas, incorporação dos aspectos ELSI, constituição de redes, dentre outras.

O quarto capítulo envolve estudos de casos mediante entrevistas realizadas com seis grupos de pesquisa que foram selecionados a partir do mapeamento do terceiro capítulo, seguindo um roteiro de entrevista que compreende diferentes dimensões de pesquisa em relação aos grupos, com intuito de analisar qual o desenvolvimento da pesquisa na área da nanotecnologia aplicada a doenças negligenciadas no país, mapeando quais são as doenças abordadas, quais as principais técnicas e aplicações utilizadas, quais as redes de pesquisa constituídas, os impactos das políticas em nanotecnologia nas atividades do grupo, as competências nacionais em nanotecnologia para a pesquisa e inovação e a incorporação da avaliação de riscos e de aspectos ELSI.

Por fim, o último capítulo apresenta as considerações finais, apontando-se um interesse marginal em termos de financiamento às pesquisas para essa área estratégica, uma desconexão entre as políticas, pesquisas e os aspectos ELSI e a necessidade de cautela ao relacionar as nanotecnologias como alternativas para os problemas sociais.

2 NANOTECNOLOGIA: UMA TECNOLOGIA EMERGENTE PARA OS PROBLEMAS SOCIAIS

Nos últimos 30 anos, o conceito de nanotecnologia vem sendo modificado e aprimorado de acordo com os avanços da ciência (ABDI, 2013). A nanotecnologia é a compreensão e controle da matéria na escala nanométrica, em dimensões entre cerca de 1 e 100 nanômetros (nm), onde fenômenos únicos permitem novas aplicações (NIH, 2016).

Além da escala, a novidade da nanotecnologia reside em pelo menos três características: 1) quanto mais reduzido o material, maior a sua superfície externa em relação à sua massa e a sua reatividade química; 2) as propriedades físicas, químicas e toxicológicas mudam quando os materiais são reduzidos à escala nanométrica; e 3) a possibilidade de aplicação de procedimentos bióticos em processos materiais ou de elementos materiais em organismos vivos (FOLADORI; INVERNIZZI, 2006; KÖRBES; INVERNIZZI, 2014).

Em 2000, a Organização das Nações Unidas (ONU) adotou os oito Objetivos de Desenvolvimento do Milênio e 18 metas, com intuito de erradicar a fome, a pobreza e outros problemas sociais, bem como para garantir a saúde e a sustentabilidade ambiental. Parte do Projeto Milênio das Nações Unidas considerou a nanotecnologia como uma importante ferramenta para alcançar os ODM (JUMA; YEE-CHEOUNG, 2005).

Muitos outros cientistas, pesquisadores, empresários, analistas de mercado concordaram que as tecnologias em nanoescala oferecem um potencial de melhorar a saúde a nível global, direta e indiretamente, ou seja, não somente tratar os enfermos com novas vacinas e terapias provenientes da nanotecnologia, mas também aliviar as condições que conduzem a enfermidades como a falta de acesso à água potável e ao saneamento básico (MNYUSIWALLA et al, 2003; SALAMANCA-BUENTELLO et al., 2005).

Em termos de política pública, o esforço para desenvolver o campo no Brasil começou em 2000, ano em que houve o lançamento da Iniciativa Nacional em Nanotecnologia (NNI) nos Estados Unidos, que passou a ser seguida por muitos países industrializados (BARBOSA; BAGATTOLLI, 2016).

Nos Estados Unidos e na União Europeia, as políticas de nanotecnologia, desde o início, seguiram a estratégia adotada pioneiramente pelo Projeto Genoma

Humano e incorporaram ações para a avaliação de aspectos éticos, legais e sociais - ELSI, na sigla em inglês (KÖRBES, 2013).

Estas três categorias de implicações são indispensáveis para a análise das nanotecnologias aplicadas à saúde, uma vez que incluem as relações universidade-empresa, desigualdades sociais, regulação, questões ambientais e de saúde (MOORE, 2002).

A partir desse contexto, este capítulo visa reconstruir o histórico das políticas públicas de nanotecnologia e examinar de que forma tem sido entendida a relação ciência-tecnologia-sociedade (CTS) nos principais documentos de política, envolvendo especialmente a relação entre o desenvolvimento científico-tecnológico e a solução de problemas sociais, bem como as implicações éticas, legais e sociais.

A primeira seção apresenta a trajetória das políticas de estímulo à nanotecnologia no Brasil, em especial aquelas que enfatizam as aplicações dessa tecnologia emergente na área da saúde. Na segunda seção, aborda-se sobre a construção de tecnologias para os problemas sociais, buscando caracterizar as doenças negligenciadas enquanto problemas sociais e realizar uma reflexão a partir de uma abordagem CTS sobre o tema deste trabalho. A terceira seção traz contribuições para o debate sobre as implicações éticas e sociais relacionadas à nanotecnologia como solução para esses problemas. Por fim, encerra-se com a síntese do capítulo, fixando os principais pontos desta discussão.

2.1 AS POLÍTICAS DE ESTÍMULO À NANOTECNOLOGIA NO BRASIL

A política de ciência e tecnologia brasileira experimentou mudanças significativas no decorrer da década de 2000, direcionando-se para a inovação. A Lei de Inovação (BRASIL, 2004b) e a Lei do Bem (BRASIL, 2005c) estabeleceram um novo marco institucional a partir da criação de novos mecanismos de cooperação entre empresas, universidades e centros de pesquisa, oferecendo subsídios para inovação em áreas estratégicas (KAY; INVERNIZZI; SHAPIRA, 2009).

No contexto dessas mudanças, o Brasil passou a discutir claramente sobre a necessidade de uma política governamental de nanotecnologia, reportando-se a área como atividade estratégica, em função do seu elevado potencial para a competitividade e inovação, por meio da geração de conhecimento, desenvolvimento tecnológico e agregação de valor econômico (INÁCIO; QUEVEDO; BAGATTOLLI,

2015).

Já no “Livro Verde”, publicado no início da década de 2000, o campo foi considerado como uma fronteira do conhecimento com potenciais aplicações para a saúde humana, além de serem atividades merecedoras de atenção nos debates acerca do futuro da ciência no Brasil (BRASIL, 2001).

A partir desse reconhecimento, em 2001, o MCT criou quatro redes de nanotecnologias por meio de edital específico, o que inaugurou as pesquisas colaborativas e institucionalizadas pelo governo, buscando trabalhar de forma sistemática na construção de um ambiente científico e tecnológico que abrisse espaço para o apoio à expertise nacional na área de nanotecnologia (SANTOS JUNIOR, 2011).

O Programa Nacional de Nanotecnologia na CAPES surgiu no ano de 2002 a partir de uma proposta encaminhada pelo Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS). Nessa proposta, caberia à CAPES o financiamento, em caráter piloto, de um pequeno número de bolsas de doutorado pleno em Nanociência e Nanotecnologia (BRASIL, 2002).

Em maio de 2003, um Grupo de Trabalho, criado pela portaria do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) nº 252/2003 e conduzido pelo Dr. Fernando Galembeck, destacou que um dos temas de pesquisa do Programa de Desenvolvimento da Nanociência e da Nanotecnologia do Plano Plurianual (PPA) do período de 2004-2007 são os biomateriais relacionados à engenharia da saúde e os materiais para terapêutica, cosmética e saúde relacionados à nanotecnologia funcional, que deverão ser viabilizados por meio da “Rede de Nanoanálise e Diagnóstico” para o setor da saúde (BRASIL, 2003).

A Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE), estabelecida em 2004, definiu a nanotecnologia como “área portadora de futuro” em face do déficit na balança comercial no setor de química fina, que inclui os fármacos, em uma dinâmica de competitividade pela inovação (SALERNO, 2004). Assim, a nanotecnologia passou a ser considerada estratégica para desenvolver a competitividade nacional, aumentar a participação do país no mercado mundial e manter o país atualizado nas áreas mais dinâmicas do conhecimento (INVERNIZZI; KÖRBES; FUCK, 2011).

Em 2004, a implementação das ações do Programa de Desenvolvimento da Nanociência e Nanotecnologia focadas na geração de patentes, produtos e processos

na área, assegurou o apoio à pesquisa básica, à pesquisa entre Institutos de Ciência e Tecnologia (ICT) e empresas, fortaleceu as redes existentes e a infraestrutura laboratorial. Surgiram, a seguir, vários editais para financiamento de pesquisas pelo CNPq e pela FINEP, esta última a partir de 2004 (SANTOS JUNIOR, 2013).

A Política Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação em Saúde, aprovada na 2ª Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação em Saúde (BRASIL, 2005d), recomendou o aumento da capacidade indutora em pesquisa e desenvolvimento (P&D) em saúde, aproximando-a das necessidades da política de saúde, bem como reconheceu o potencial das nanotecnologias no setor de saúde humana.

No ano de 2005 foi lançado o Programa Nacional de Nanotecnologia (PNN), que fortaleceu e ampliou o Programa para o Desenvolvimento da Nanociência e Nanotecnologia, incorporado ao PPA do período de 2004-2007. O PNN tem como objetivo atender às demandas estratégicas identificadas pela comunidade envolvida com o desenvolvimento da nanociência e da nanotecnologia (BRASIL, 2005g; INVERNIZZI; KÖRBES; FUCK, 2011).

O Plano de Ação em Ciência, Tecnologia & Inovação (PACTI), no período de 2007-2010, anunciado em novembro de 2007, foi concebido como destacado elemento do conjunto do Programa de Governo, mobilizando e articulando competências e ações de todo o Governo Federal em cooperação com os governos estaduais e municipais (BRASIL, 2010c).

Com esse instrumento, previa-se maior governança e articulação das ações necessárias ao desenvolvimento e ao fortalecimento da ciência, da tecnologia e da inovação no país. A nanotecnologia figurou como uma das linhas de ação desta prioridade do PACTI que visa fortalecer a gestão e o planejamento das atividades governamentais nas áreas de biotecnologia, nanociências e nanotecnologia, de modo a melhor identificar os grandes desafios e as oportunidades para o país.

Para tanto, foram desenhadas as seguintes estratégias: a) estabelecer prioridades e criar as condições institucionais, materiais e de recursos humanos, por meio da agilização do processo de transferência de conhecimento para a geração de produtos e processos que utilizarão a nanotecnologia; e b) favorecer o aumento da competitividade das empresas nacionais, conforme preconiza a Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP), pela incorporação da nanotecnologia no desenvolvimento de novos produtos e processos.

Em 2008, o PDP foi lançado como continuidade da PITCE, identificando o potencial das nanotecnologias nos setores médico e farmacêutico, além de serem consideradas como áreas estratégicas, demandando ações de fomento de diversos atores institucionais (BRASIL, 2008c).

A elaboração do denominado “Livro Azul” no ano 2010, contendo orientações para a política científica, tecnológica e de inovação, destacou as novas possibilidades tecnológicas provenientes da nanotecnologia, cujo objetivo consiste na promoção da geração do conhecimento e do desenvolvimento de produtos, processos e serviços nanotecnológicos visando ao aumento da competitividade da indústria brasileira (BRASIL, 2010b).

O Plano Brasil Maior, lançado em agosto de 2011, sucedeu ao PDP e propôs que “as políticas em curso devem ser aprofundadas, buscando maior inserção em áreas tecnológicas emergentes”, incluindo as nanotecnologias (BRASIL, 2011c).

Em 2012, a Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia (IBN), proposta no âmbito do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), dá sequência ao PNN e se alicerça em apoio às atividades de pesquisa e desenvolvimento nos laboratórios do Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologias – SisNANO (BRASIL, 2012c).

Na área da saúde, o Instituto de Biologia Molecular do Paraná (IBMP) coordenou a implantação da rede NanoSUS (Nanobiotecnologia para desenvolvimento, prototipagem e validação dos produtos para o SUS) dentro do programa SisNANO no MCTI, que busca oferecer vários benefícios, desde o desenvolvimento de diagnósticos e terapias de baixo custo e de poucos efeitos colaterais, até o desenvolvimento de métodos e protocolos de estudo e avaliação do impacto na saúde humana, segurança e toxicidade de nanomateriais e nanocompósitos (BONFIM, 2014).

A operação deste projeto consiste na construção de uma nova planta para o desenvolvimento tecnológico e produção de nanotecnologia para o diagnóstico no SUS no *campus* TECPAR que será realizada com o IBMP, bem como com outras instituições parceiras, tais como a Universidade Federal do Paraná (UFPR), Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Universidade Federal de Rondônia (UNIR) e Instituto Carlos Chagas (ICC) e a Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ) Rondônia (BONFIM, 2014).

O IBMP juntamente com o ICC, UFPR, UTFPR e o laboratório privado Lifemed integraram a primeira parceria para o desenvolvimento produtivo no Ministério da

Saúde, que originou a demanda para a produção de kits de diagnósticos para o SUS no âmbito do programa Rede Cegonha (KRIEGER et al., 2013). O diagnóstico rápido por meio de kits de *lab-on-a-chip*¹ é capaz de identificar várias doenças, tais como AIDS, hepatite B e C, rubéola, sífilis, doença de Chagas e toxoplasmose.

Ademais, ressalta-se que o IBMP participa do projeto PODITROD (*Point of Care Diagnostics for Tropical Diseases*), com propósito de desenvolver um dispositivo *point of care* para diagnóstico molecular e imunológico (simultaneamente) de doenças tropicais (BONFIM, 2014).

O documento da Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2012-2015 (BRASIL, 2012b) destaca a nanotecnologia como “área estratégica e portadora do futuro”, e enfatiza que nos próximos anos o MCTI adotará ações estruturantes na área da nanotecnologia, tais como: a) a consolidação da infraestrutura de laboratórios nacionais de nanotecnologia; b) apoio a redes temáticas e Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia (INCT) de nanotecnologia; c) apoio a projetos institucionais de P&D em nanotecnologia; d) criação de programa de formação e capacitação de recursos humanos para o desenvolvimento da nanotecnologia; e) apoio ao desenvolvimento industrial de produtos/processos nanotecnológicos; f) apoio à disseminação da nanotecnologia na sociedade; e g) apoio à cooperação internacional em nanotecnologia.

Nesse diapasão, a Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2016-2019 (BRASIL, 2016a) retoma a concepção de que o incentivo e o fomento às ações em nanotecnologia demonstram a capacidade do país em inovar em segmentos competitivos e de fronteira, a exemplo da saúde, no monitoramento em tempo real, no diagnóstico preciso e precoce e na terapêutica, por meio de sistemas de liberação controlada de drogas que possibilitam a diminuição da dosagem e, concomitantemente, atenuam os efeitos adversos.

Por fim, o Plano Plurianual 2016-2019 atribui ao MCTI a iniciativa de apoiar e fortalecer a IBN, bem como de estabelecer o marco legal para a área da

¹ Os dispositivos *lab-on-a-chip* (LOC) são ferramentas importantes para a pesquisa de biologia celular, que oferecem vantagens sobre as experiências de macro-escala tradicionais devido à diminuição da escala física dos sistemas e ao controle resultante do ambiente celular. Esses sistemas apresentam grande potencial em várias aplicações, incluindo a descoberta de fármacos, a compreensão de complexas interações célula-célula, estudos biomecânicos e diagnósticos médicos. In: BORYSIK, M. D.; BIELAWSKI, K. S.; SNIADOCKI, N.J.; JENKEL, C. F.; VOGT, B. D.; POSNER, J. D. Simple replica. Micromolding of biocompatible styrenic elastomers, Lab Chip, v. 13, p. 2773-2784, 2013. Disponível em: https://faculty.washington.edu/nsniadec/pdf/26_Borysiak_LOC2013.pdf

nanotecnologia. Além disso, o referido plano ainda propõe a “expansão das instalações física e laboratorial do LNNano pelo Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais – CNPEM” (BRASIL, 2016i).

Salienta-se que apesar da existência dessas políticas governamentais, não há uma legislação específica vigente para regular o desenvolvimento de pesquisas e produtos na área da nanotecnologia, bem como para prevenir eventuais e possíveis danos, fiscalizar a comercialização e produção, além de realizar uma gestão dos riscos que envolvem essa tecnologia (BATISTA; PEPE, 2014).

Nos Estados Unidos da América, a *Food and Drug Administration* (FDA) é a responsável pela regulação dos medicamentos, que segue uma política focada nos produtos e com base científica, na qual as análises técnicas e as normas legais são específicas por produto. Além disso, o FDA tem fornecido orientações e assessoria técnica para as indústrias, bem como o controle dos produtos na pós-comercialização (FDA, 2015).

Na União Europeia, a regulação dos medicamentos nanotecnológicos ocorre de forma semelhante pela *European Medicines Agency* (EMA). O Comitê Científico sobre Riscos à Saúde Emergentes e Recentemente Identificados (*Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks - SCENIHR*) identificou a necessidade de uma análise caso a caso na avaliação dos riscos dos nanomateriais (EMA, 2012).

No Brasil, as ações de regulação sanitária, visando à redução da nocividade ou risco para a saúde da população e do meio ambiente são atribuições do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária, em sua esfera federal, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), que tem o papel de regular a entrada de medicamentos no mercado, assim como fiscalizar e monitorar suas condições de produção, prescrição, comercialização, transporte, armazenamento e a ocorrência de eventos adversos advindos de seu uso (ALMEIDA FILHO, 2008).

Em que pese não haver uma legislação específica, há atualmente em tramitação, na Câmara dos Deputados, os Projetos de Lei nº 5.133/2013 e nº 6.741/2013 (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2013a; 2013b), que visam regulamentar a rotulagem de produtos da nanotecnologia e a política nacional de nanotecnologia, respectivamente.

2.2 A CONSTRUÇÃO DE TECNOLOGIAS PARA OS PROBLEMAS SOCIAIS

As políticas de nanotecnologia e o fomento a pesquisas para a área da saúde se amparam nas expectativas de acadêmicos, governos, *policy makers* e organizações internacionais (MNYUSIWALLA et al, 2003; SALAMANCA-BUENTELLO et al., 2005; JUMA; YEE-CHEOUNG, 2005) que argumentam que as aplicações nanotecnológicas podem contribuir para resolver variados problemas sociais.

Conforme esclarecem Invernizzi e Foladori (2006), essas expectativas se pautam em dois argumentos. O primeiro se refere à ideia de que essas tecnologias são tecnicamente superiores às tecnologias existentes quando surgem para solucionar problemas específicos, principalmente aqueles relacionados às populações de baixo poder aquisitivo; enquanto que o segundo argumento resulta das políticas de competitividade, uma vez que os países em desenvolvimento poderiam somar-se a essa nova onda tecnológica, melhorando a sua posição e atuação competitiva no mercado mundial, o que tenderia a melhorar as condições de vida de suas populações.

De acordo com Invernizzi e Cavichiolo (2009), essas promessas em torno de uma tecnologia emergente representam visões de futuro, ou seja, perspectivas de médio e longo prazo, orientadas a “demarcar e legitimar o campo, a assegurar o seu financiamento, a ganhar apoio público e, naturalmente, a influenciar o curso do desenvolvimento das próprias trajetórias [tecnológicas]”.

Conforme Kreimer e Zabala (2007), “há a crença de que o desenvolvimento de conhecimentos científicos é um método legítimo e eficaz para superar os problemas sociais das populações da América Latina”. Nesse sentido, o desenvolvimento da nanotecnologia seria uma alternativa, por exemplo, para a saúde pública, em especial para as populações acometidas por doenças negligenciadas.

Todavia, as promessas desse progresso científico geram críticas e debates sobre os possíveis riscos ou temores em relação às transformações e impactos das tecnologias emergentes (INVERNIZZI; CAVICHIOLO, 2009). Afinal, em que pese a ciência e tecnologia exercerem um papel crucial para solucionar os problemas sociais, elas poderão também ampliar e acentuar a desigualdade, como visto em outras áreas de tecnologias médicas (WOODSON, 2012).

Com efeito, observa-se na literatura que alguns posicionamentos buscam criar

uma aceitação e apoio público para o desenvolvimento das pesquisas, pautando-se na ideia de que a nanotecnologia pode solucionar os problemas da pobreza e estimular o desenvolvimento, compreendendo a tecnologia como um artefato neutro e tratando os problemas sociais como falta de acesso a tecnologias. Enquanto que outros posicionamentos reconhecem que as tecnologias envolvem artefatos condicionados socialmente, e que as desigualdades sociais são fatores-chave no contexto do desenvolvimento da trajetória da nanotecnologia, o que Invernizzi, Foladori e Maclurcan (2008) classificaram como posicionamentos instrumentais e contextuais, respectivamente.

Adotando uma perspectiva instrumentalista, Mnyusiwalla et al. (2003), do Centro de Bioética da Universidade de Toronto, argumentam que “a nanotecnologia tem o potencial de causar um impacto positivo na redução da pobreza, energia, água, saúde e biodiversidade se os seus riscos não se concretizarem ou forem apropriadamente administrados”, tendo em vista que há, pelo menos, dez aplicações da nanotecnologia que poderão beneficiar as nações mais pobres a alcançar os ODM, como por exemplo, os lab-on-chip, nanotubos, nanocápsulas e lipossomas (SALAMANCA-BUENTELLO et al., 2005).

Com a adoção dos ODM, a ONU passou a considerar a nanotecnologia como uma importante ferramenta para exercer um papel em relação à saúde nos países do Sul, não só diretamente, ao tratar as pessoas doentes com modernas vacinas e terapias baseadas em nanotecnologia, mas também indiretamente, ao aliviar as condições que conduzem à doença, tais como o consumo de água contaminada (JUMA; YEE-CHEOUNG, 2005).

Segundo o Informe Final da Consulta Global sobre Saúde das Nações Unidas (2013), em que pese os ODM terem conduzido a saúde ao mais nível político global, também contribuíram para abordagens fragmentadas do desenvolvimento: entre os diferentes ODM relativos à saúde, entre os ODM de saúde e outros ODM e entre os ODM e outras prioridades omitidas da Agenda do Milênio.

Legge (2014) alerta que os ODM ficaram longe de representar uma agenda do desenvolvimento, algo muito mais complexo do que elencar um conjunto de objetivos estreitos, ignorando que o verdadeiro desafio do desenvolvimento está na superação das múltiplas complexidades.

Cozzens et al. (2013) verificaram que as relações entre o desenvolvimento de tecnologias e a satisfação das necessidades sociais são muito mais complexas, uma

vez que os países mais pobres estão praticamente ausentes dessas áreas de pesquisa, com exceção de pesquisas em células solares, realizadas em alguns países africanos.

Destarte, as novas tecnologias podem acentuar ainda mais a desigualdade social, ao criarem “vencedores e perdedores” (ROYAL SOCIETY, 2004), além de se tornarem irrelevantes para as populações pobres se elas não forem acessíveis financeiramente, tendo em vista que as pessoas marginalizadas não têm acesso às tecnologias e tratamentos já existentes (ETC GROUP, 2006), o que resultaria na limitação dos benefícios das nanotecnologias apenas às minorias, uma vez que os países em desenvolvimento são menos preparados para enfrentar debates públicos e regulações (MERIDIAN INSTITUTE, 2005).

Entende-se, portanto, que as relações entre ciência e tecnologia são complexas e requerem um planejamento interdisciplinar para o seu entendimento, não só dos benefícios da tecnologia, mas também dos frequentemente ignorados efeitos colaterais (CUTCLIFFE, 2003).

Nesse sentido, Pinch e Bijker (2008) analisam que as diferentes tecnologias passam por um processo não linear de desenvolvimento no qual há disputas entre diversos grupos sociais que possuem diferentes interesses e demandas que podem ser atendidos por diversos artefatos que são modificados não por critérios de eficiência, como entendido pelo senso comum, e sim como formas de solucionar os problemas dos grupos sociais dominantes.

Destarte, o processo de escolha é completamente enviesado pelo código técnico definido em algum momento pelos interesses sociais dominantes, não sendo um processo neutro de negociação (FEENBERG, 2005).

Essa realização de interesses sobre a forma de uma solução tecnicamente coerente a um problema pode ser entendida como um código técnico que consiste em um critério de escolha aplicado a diversos projetos e tem como fundo a realização de um interesse particular (FEENBERG, 2005).

Ao refletirem historicamente sobre a produção de conhecimento científico a respeito da doença de Chagas na Argentina, Kreimer e Zabala (2007) observam que o “problema” da doença foi definido de acordo com os interesses das diferentes partes envolvidas no assunto, que reconheceram certos fatos e negligenciaram outros. Historicamente, as estratégias de intervenção consideradas adequadas também envolveram a ressignificação da doença de Chagas: primeiro vista como um problema

de condições de vida precárias e, depois, como uma questão de fumigação com objetivo de erradicar o vetor e, finalmente, como uma questão básica de pesquisa, para que a biologia molecular fosse priorizada.

Kreimer e Zabala (2007) partem de uma concepção de que os problemas sociais são como entidades cujo conteúdo se redefine em cada momento da história. Nesse sentido, entende-se que não há uma maneira melhor ou pior de desenvolver conhecimentos científicos, uma vez que eles devem ser apropriados conforme o tempo e o lugar em questão (PINCH; BIJKER, 2008).

Por essas razões, os conhecimentos científicos que buscam oferecer tecnologias, alternativas, técnicas de prevenção e controle do vetor precisam estar associados ao contexto social, uma vez que conforme assinala Hughes (1996), o sistema tecnológico não é composto apenas de máquinas, processos produtivos, dispositivos, comunicação e informação que os interconectam, mas também de pessoas e organizações, apresentando uma rica conexão com a economia, com a política e com a cultura.

O desenvolvimento de conhecimentos científicos produz uma materialidade que pode resultar em novas formas de organização social. Ou seja, os sistemas tecnológicos não consideram somente o contexto e os elementos presentes no desenvolvimento tecnológico, como também as mudanças que se desenvolvem a partir dele (PINCH; BIJKER; 2008).

Ademais, a ciência e a tecnologia, bem como os conhecimentos científicos provenientes delas, são construções sociais negociadas entre atores e não um resultado de uma busca pela verdade e a eficiência (PINCH; BIJKER, 2008)

Nesse sentido, ao situar a tecnologia junto à sociedade, à política e à economia, pauta-se no argumento central de que os conhecimentos científicos são socialmente construídos por “grupos sociais relevantes” no âmbito do “tecido sem costuras” da sociedade (HUGHES, 1996).

Esse processo de construção sociotécnica, por meio do qual artefatos tecnológicos têm suas características definidas por meio de uma negociação entre grupos sociais relevantes, com preferências e interesses diferentes (PINCH; BIJKER, 2008).

Feenberg (2005) argumenta que a relação entre tecnologia e sociedade é o de poder tecnocrático, relativo à capacidade de controlar decisões de natureza técnica. Por conseguinte, defende a tese de que é possível introduzir controles mais

democráticos e reformular a tecnologia a fim de acolher maiores inputs de perícia e iniciativa.

No caso da doença de Chagas, Kreimer e Zabala (2007) afirmam que a estrutura da comunidade científica local é crucial para compreender a tradução de um problema social como um objeto de investigação científica, e sua ressignificação de acordo com os interesses, práticas e possibilidades dos atores.

Afinal, a leitura de cada grupo a respeito das doenças negligenciadas enquanto um problema social ou em relação às tecnologias adequadas para o seu tratamento pode ser distinta, gerando artefatos semanticamente também distintos, o que Pinch e Bijker (2008) chamaram de “flexibilidade interpretativa”.

Haveria, então, um processo de negociação entre os diversos grupos, influenciado pela arquitetura de poder e pelas alianças estabelecidas entre eles. Por essa razão, só é possível entender o desenvolvimento de um artefato tecnológico estudando o contexto sócio-político e a relação de forças entre os diversos grupos com ele envolvidos (PINCH; BIJKER, 2008).

Como estratégia facilitadora dessa negociação, Feenberg (2005) argumenta que a apropriação e o reprojeto da ciência e tecnologia (C&T) por novos atores são condições necessárias - ainda que não suficientes - para a geração de trajetórias coerentes de produção de conhecimentos científicos. No caso das doenças negligenciadas, envolveria a participação, por exemplo, de associações de pacientes e também as populações em áreas de iminente risco e contato com o vetor.

Knell (2011, p. 304) utiliza a construção social da tecnologia para propor que a política de nanotecnologia brasileira é insuficiente para assegurar a distribuição social dos benefícios, devido ao distanciamento dos problemas sociais na formulação da agenda de pesquisa, pouca participação pública e no fomento a pesquisas sobre riscos e impactos da nanotecnologia e medidas para evitar ou compensar as desigualdades sociais.

A partir dessas contribuições, observa-se que no que tange às políticas brasileiras de nanotecnologia, os documentos, de um modo geral, fazem referências escassas aos problemas sociais. No entanto, constata-se que o documento da Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2012-2015 assinala que a ciência e tecnologia são ferramentas poderosas para “contribuir para o desenvolvimento social, e que novas tecnologias e sua disseminação contribuem significativamente para a erradicação da pobreza extrema, inclusão social e redução

das desigualdades sociais e regionais existentes” (BRASIL, 2012b, p. 110).

Nesse sentido, a IBN relaciona a utilização da nanotecnologia para solucionar problemas sociais, ao afirmar que “no Brasil há uma grande quantidade de necessidades não atendidas relacionadas a universalizar e facilitar o diagnóstico de doenças negligenciadas” (BRASIL, 2012c, p. 42).

Por conseguinte, ao reforçar os setores com potencial de inovação em nanotecnologia, o documento da IBN expressa que em relação aos fármacos “o nicho a ser explorado é o tratamento e diagnóstico de doenças negligenciadas e tropicais, através de novas formas de administração de fármacos cujo potencial de inovação é de curto/médio prazo” (BRASIL, 2012c, p. 78).

Ademais, a IBN enfatiza que “o desenvolvimento sustentável das nanotecnologias dependerá do desenvolvimento da habilidade de controlar riscos sanitários e ambientais” (BRASIL, 2012c, p. 32), o que poderá resultar na eliminação e/ou minimização dos problemas futuros semelhantes àqueles enfrentados perante as tecnologias desenvolvidas no século passado, como no caso dos organismos geneticamente modificados.

Por fim, o recente documento da Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2016-2019 reafirma que “a erradicação da pobreza extrema e a redução das desigualdades sociais são desafios brasileiros importantes, que devem ser objetos de políticas públicas que articulem a ciência, tecnologia e a inovação, visando à inclusão social” (BRASIL, 2016a, p. 95).

2.3 AS IMPLICAÇÕES ÉTICAS E SOCIAIS DA NANOTECNOLOGIA

Desde as primeiras formulações de políticas para o estímulo da nanotecnologia, a União Europeia e os Estados Unidos financiaram projetos para a compreensão de riscos da nanotecnologia para o meio ambiente e a saúde pública, de modo semelhante ao que foi feito pioneiramente pelo Projeto Genoma Humano (HUNT, 2008; MILLS, 2008; INVERNIZZI; KÖRBES; FUCK, 2012).

Em dezembro de 2003, o Congresso Norte-Americano declarou que a Iniciativa Nacional de Nanotecnologia não deveria se limitar a questões técnicas, devendo também engajar-se em questões éticas, legais, sociais, ambientais, de saúde e de segurança (CAMERON, 2006).

De acordo com Lewenstein (2005), os estudos dos aspectos ELSI incluem a

análise de riscos, mas não se restringem a essa dimensão. Por isso, com o intuito de alcançar maior impacto, o referido autor defende que esses estudos devem ocorrer desde o momento inicial de desenvolvimento da tecnologia, pois permitem antecipar problemas e riscos, elaborar princípios éticos, articular mais amplamente fatores culturais, sociais e técnicos no desenho das políticas de ciência, tecnologia e inovação (CT&I), bem como projetar a participação do público no debate sobre a essa tecnologia emergente.

Afinal, como um conjunto, os estudos dos aspectos ELSI aplicados à nanotecnologia tendem a seguir o padrão das recentes investigações sobre as questões ELSI aplicadas a outras tecnologias, nas quais elas têm numerosos objetivos, tais como o engajamento e a educação dos membros do público, avaliação de percepções de riscos e aceitação da tecnologia, a informação da política de governo, bem como contribuir para uma efetiva regulação (SCHUMPERT et al., 2014).

O desafio para os nano-eticistas, então, é o de codificar suas pesquisas e conclusões em termos que possam ser rapidamente traduzidos para a elaboração de critérios, especificações e diretrizes, que por sua vez possam ser incorporados nas decisões e artefatos tecnológicos, uma vez que a tecnologia não se processa de maneira autônoma e independentemente das considerações sociais externas (FISHER, 2005).

Schumpert et al. (2014) realizaram uma revisão de artigos científicos sobre nanotecnologia e aspectos ELSI, que revelou uma significativa desconexão entre a literatura sobre as questões ELSI e a comunidade nanocientífica, uma vez que a maior parte da literatura sobre nanotecnologia e questões ELSI não faz distinção entre as diversas e variadas nanotecnologias.

O referido estudo apontou ainda que quase 64% das publicações revisadas se dirigem à nanotecnologia como uma simples e generalizada categoria, como se as preocupações sociais fossem uniformes em torno de todos os diferentes nanomateriais e tecnologias já estudados, e que somente 10% das publicações explicitamente debatem sobre as preocupações e as questões ELSI (SCHUMPERT et al., 2014).

Ademais, constatou-se que mais de 81% das publicações do estudo não identificam aplicações particulares que dariam surgimento às preocupações ELSI, ou de como aquelas preocupações e questões podem variar entre as diferentes aplicações nanotecnológicas (SCHUMPERT et al., 2014).

Ocorre que o simples fato de a nanotecnologia ser tratada como uma nova tecnologia, em relação à biotecnologia por exemplo, não significa que os desafios éticos surgidos, ou os princípios que norteiam as pesquisas, serão necessariamente diferentes (MACDONALD; WILLIAMS-JONES, 2012). Afinal, de acordo com Fisher (2005), “toda escolha tecnológica é potencialmente um ato ético e político, na medida que orienta e influencia a criação de um artefato social com implicações sociais”.

Em razão disso, MacDonald e Williams-Jones (2012) defendem que a ética deve ser uma parte integral da educação e orientação dos jovens cientistas e médicos, culminando na criação de uma “cultura da ética” na ciência e, por conseguinte, emergindo o desafio de como criar tal cultura.

Alinhada à criação dessa cultura da ética, entende-se que a evolução dos estudos sobre os aspectos ELSI aplicados à nanotecnologia sobre os possíveis benefícios sociais e riscos deve ser contínua, e que as preocupações sociais nos estágios iniciais das pesquisas podem facilitar os resultados benéficos e possivelmente evitar surpresas negativas (SCHUMPERT et al., 2014).

De acordo com Resnik e Tinkle (2007), a comunicação de riscos da nanotecnologia para os sujeitos da pesquisa, e para outros membros da sociedade, representa um difícil desafio, uma vez que as regras éticas e legais exigem que um investigador informe a um potencial sujeito de pesquisa (ou a seu representante) sobre a finalidade do estudo, procedimentos, benefícios, riscos, alternativas, proteção de confidencialidade, e outras informações que o sujeito precisará para decidir se aceita participar do estudo.

Todavia, os sujeitos envolvidos na pesquisa frequentemente subestimam os riscos de participar de pesquisas, e superestimam os benefícios. Por consequência, os sujeitos também falham em entender que o principal objetivo de um estudo clínico é gerar novos conhecimentos que podem ajudar outros participantes, não para oferecer ótimos cuidados médicos para as pessoas que estão participando do estudo (RESNIK; TINKLE, 2007).

Por isso, é importante que os pesquisadores informem aos sujeitos de pesquisa sobre como a nanotecnologia pode ser utilizada na medicina, os seus benefícios e riscos, considerando que quando as pessoas não estão bem informadas sobre uma nova tecnologia, elas ficam propensas a verem a tecnologia como algo perigoso ou disruptivo (RESNIK; TINKLE, 2007).

Nesse sentido, Resnik e Tinkle (2007) relembram o episódio da reação dos

cidadãos europeus aos organismos geneticamente modificados, que ilustra a importância do engajamento do público em um diálogo a respeito de uma nova tecnologia. Uma das razões que fez com que houvesse desconfiança, medo e repulsa aos geneticamente modificados é que os fabricantes e os representantes das indústrias tentaram forçar sua agenda aos europeus, e não engajaram o público em uma discussão aberta sobre os organismos geneticamente modificados. Na ocasião, muitos europeus ressentiram essa falta de respeito por suas opiniões, e falta de preocupação sobre a segurança dessa tecnologia.

Assim, para evitar a repetição dos erros ocorridos com outras tecnologias emergentes, os fabricantes e pesquisadores da nanomedicina, bem como as agências governamentais, precisam educar e informar o público sobre a nanomedicina, desenvolver um programa integrado, para engajar em uma discussão honesta e aberta sobre as questões éticas, sociais e legais que surgem (RESNKI; TINKLE, 2007).

Batista e Pepe (2014) defendem que a avaliação de risco seja feita caso a caso, seguindo os modelos implantados pelo FDA e pelo EMA. Para tanto, as autoras destacam que as principais ações que devem ser contempladas na regulação dos medicamentos nanotecnológicos são:

- a) Registro como medicamento novo;
- b) Acompanhamento estreito do Programa de Farmacovigilância da indústria produtora;
- c) Efetivação de programas de investigação dos efeitos toxicológicos dos medicamentos nanotecnológicos;
- d) Comunicação à população e aos profissionais de saúde sobre a nanotecnologia e (a falta de informação sobre) seus efeitos, tanto pela inserção de informações no sítio da ANVISA como pela utilização de outras estratégias;
- e) Obrigatoriedade de informar claramente na embalagem e na bula que se trata de um produto nanotecnológico; e
- f) Programa de monitoramento específico do desenvolvimento clínico e do uso do medicamento pelo produtor

Nessa seara, Silva et al. (2014) destacam a necessidade de considerar e incentivar os estudos da nanotoxicologia, que desempenha um papel importante, pois investiga os efeitos dos nanodispositivos e nanoestruturas em sistemas biológicos, contribuindo para uma série de questões ligadas à utilização de nanomateriais em produtos comerciais.

Da mesma forma, Cancino, Marangoni e Zucolotto (2014, p. 523) defendem a necessidade de estudos em nanotoxicologia, com intuito de compreender

como é a interação entre nanomateriais e sistemas biológicos, e quais são as limitações e mecanismos associados a essa exposição em curto, médio e longo prazo. Para isso, metodologias analíticas e biológicas clássicas estão sendo adaptadas para investigações toxicológicas entre nanomateriais e sistemas biológicos [...] Dentre elas estão a citometria de fluxo, proliferação celular, fragmentação do DNA, ciclo celular, histologia, biodisponibilidade e biodispersão. As análises in vitro e in vivo são as mais utilizadas, porém as informações hoje disponíveis ainda são contraditórias e pouco precisas

No Brasil, os primeiros anos da política de nanotecnologia foram marcados pelo isolamento quase total dos elementos ELSI, e ao final de uma década da referida política alguns pequenos avanços podem ser observados (INVERNIZZI; KÖRBES; FUCK, 2012).

Os documentos centrais da política fazem referências escassas a esses elementos, como é o caso do primeiro programa de nanotecnologia no PPA do período de 2003-2007, que tinha como um de seus objetivos específicos: “Informação da sociedade sobre os impactos da Nanotecnologia na vida do cidadão, as novas oportunidades e os riscos de obsolescência que ela cria para produtos e processos atuais” (BRASIL, 2003, p. 9).

Já o PPA de 2007 a 2010 apresentou, entre as ações prioritárias do Programa de CT&I para Nanotecnologia: “estabelecer políticas sobre as questões éticas e de impacto social do uso de produtos baseados na nanotecnologia” (BRASIL, 2007, p. 144), e fortalecer a “divulgação e educação científica em Nanotecnologia, por meio de atividades em museus de ciência, escolas e centros de treinamento de trabalhadores” (BRASIL, 2007, p. 146).

O tema de riscos começou a ser discutido em 2009 com a criação do Fórum de Competitividade em Nanotecnologia, no Grupo de Trabalho “Marco Regulatório”. Segundo o referido grupo, em alguns setores os riscos associados com a nanotecnologia podem ser similares aos de tecnologias já regulamentadas, enquanto que em outros casos pode haver necessidade de se estabelecer novos parâmetros, sendo recomendável, portanto, uma avaliação caso a caso (POHLMANN; GUTERRES, 2010).

Verifica-se que nos últimos anos, os “temas ELSI” têm começado a aparecer com mais frequência nos documentos sobre nanotecnologia de centros e instituições relevantes para a formulação e execução das políticas de Ciência, Tecnologia e Inovação e industriais.

Como no caso do documento Convergência Tecnológica elaborado pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE, 2008, p. 39), que alerta que é

necessário realizar atividades de acompanhamento e avaliação de riscos e usos da tecnologia de maneira integrada ao processo de construção da agenda e da elaboração de políticas públicas.

Em um documento da Associação Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), além de se fazer referência à necessidade de regulamentação da nanotecnologia, considera-se importante desenvolver a nanoética, compreendendo aspectos como riscos para a saúde e para o meio ambiente, e a adoção de normas e códigos de conduta para a pesquisa e o desenvolvimento em nanotecnologia (ABDI, 2010, p. 126).

Conforme documento da IBN, um dos critérios para a seleção final dos setores prioritários para a nanotecnologia brasileira é a “análise dos riscos ao homem e ao meio ambiente” (BRASIL, 2012c, p. 76). O referido documento ainda enfatiza que a divulgação e a educação da sociedade, com relação aos benefícios e aos riscos presentes na nanotecnologia, devem ser incorporadas em um programa que compartilhe responsabilidades entre os vários atores: academia, indústria, governo, terceiro setor e organismos internacionais (BRASIL, 2012c, p. 3).

Apesar desses avanços no reconhecimento das dimensões sociais, éticas e de riscos do desenvolvimento tecnológico, nota-se que esses temas são incorporados de forma bastante genérica, sem que seja dada atenção específica nos textos das políticas, e sem considerar como estas questões se colocam no nosso país, com seus problemas sociais e, em especial, no que se refere ao tratamento das doenças negligenciadas.

2.4 SÍNTESE DO CAPÍTULO

Neste capítulo foi possível identificar que a nanotecnologia se configura como área estratégica, sendo que as aplicações nanotecnológicas para a saúde representam um nicho de mercado nos diferentes documentos de políticas analisados. Ademais, há uma forte referência ao incentivo a essa tecnologia emergente para o aumento da competitividade, pautando-se no argumento de que o incentivo à atuação competitiva dos países tenderia a melhorar as condições de vida de suas populações.

Constatou-se ainda que há pouca referência à necessidade de um marco legal nos documentos de políticas. Contudo, foi possível perceber que as principais ações estruturantes das políticas de incentivo à nanotecnologia se concentram em três

dimensões: a) consolidação de infraestrutura de laboratórios; b) apoio à criação de redes temáticas; e c) incentivo ao programa de formação e capacitação em recursos humanos.

Da mesma forma, há escassa referência às tecnologias emergentes como alternativas para solucionar os problemas sociais nos documentos das políticas brasileiras de nanotecnologia, compreendendo a tecnologia como um artefato neutro e tratando os problemas sociais como falta de acesso a tecnologias.

Todavia, a IBN relaciona a utilização da nanotecnologia para solucionar os problemas sociais e aponta o tratamento e diagnóstico de doenças negligenciadas e tropicais como o nicho a ser explorado.

Por fim, no que tange aos aspectos ELSI e riscos, ficou evidente que os primeiros anos das políticas de incentivo à nanotecnologia no Brasil foram marcados pelo isolamento quase total desses elementos, mas que alguns pequenos avanços podem ser observados ao final da década das primeiras políticas e também nos últimos anos.

Ante o exposto, emerge a necessidade de abordar as doenças negligenciadas enquanto problemas sociais e de se investigar a nanotecnologia como área estratégica para o tratamento dessas doenças. Por essas razões, o capítulo a seguir visa analisar as principais técnicas e aplicações dessa tecnologia emergente, a situação das doenças negligenciadas no Brasil e o fomento à pesquisa para essa área.

3 A NANOTECNOLOGIA APLICADA ÀS DOENÇAS NEGLIGENCIADAS

Dentre as várias aplicações da nanotecnologia, algumas das mais promissoras e com maior potencial para produzir impacto direto na vida dos seres humanos estão relacionadas com as ciências biomédicas, sendo que o crescente interesse nas aplicações médicas dessa tecnologia emergente levou ao surgimento de uma área conhecida como nanomedicina (FIGUEIRAS; COIMBRA; VEIGA, 2014).

A nanomedicina refere-se à aplicação da nanotecnologia no tratamento, diagnóstico, monitoramento, prevenção e controle de sistemas biológicos, tendo como principal objetivo melhorar a qualidade de vida das populações (FREITAS, 2005), compreendendo três principais áreas de aplicação, quais sejam: nanoterapia, nanodiagnóstico e medicina regenerativa (ALLHOFF, 2009; ETP NANOMEDICINE–NANOMED2020, 2013; SOLANO-UMAÑA et al., 2015).

As doenças negligenciadas enquanto problemas sociais passaram a ter importante presença na Agenda do Milênio (2000-2015), constituindo um dos ODM e na Agenda do Desenvolvimento pós-2015 (2015-2030) com os ODS, sendo que as aplicações da nanomedicina representam alternativas para alcançar os referidos objetivos pactuados no sentido de tratar e erradicar essas enfermidades, bem como de estimular o desenvolvimento do país (JUMA; YEE-CHEOUNG, 2005).

Este capítulo se dedica às aplicações nanotecnológicas para as doenças negligenciadas a partir da literatura internacional e nacional, bem como apresenta um panorama sobre a situação dessas doenças no Brasil. Ademais, este capítulo oferece uma análise sobre os editais de pesquisa para a área de nanotecnologia aplicada à saúde e, especialmente, a doenças negligenciadas, financiados no âmbito do CNPq, da CAPES, da FINEP e do DECIT no Ministério da Saúde.

Para tanto, o capítulo está estruturado em quatro seções. A primeira contempla os benefícios e riscos das principais áreas da nanomedicina, indicando ainda as principais técnicas e aplicações nanotecnológicas para as doenças negligenciadas. Na segunda seção, apresenta-se a situação das doenças negligenciadas no Brasil, com a caracterização de cada doença, as técnicas convencionais utilizadas no tratamento e as principais técnicas e aplicações nanotecnológicas que têm sido desenvolvidas para cada doença negligenciada e os resultados já encontrados. A terceira seção envolve o mapeamento dos editais de fomento à a área de nanotecnologia aplicada à saúde e, especialmente, a doenças

negligenciadas, financiados no âmbito do CNPq, da CAPES, da FINEP e do DECIT no Ministério da Saúde. Por último, a quarta seção traz a síntese do capítulo, com as principais contribuições das seções anteriores.

3.1 NANOMEDICINA: PRINCIPAIS TÉCNICAS E APLICAÇÕES

As principais áreas da nanomedicina compreendem a terapia, incluindo a liberação de fármacos e o desenvolvimento de vacinas, o diagnóstico e a medicina regenerativa (SENJEN, 2013). Em todos os campos de aplicação, são apresentados benefícios e riscos, conforme o Quadro 1 a seguir:

QUADRO 1 – BENEFÍCIOS E RISCOS DAS PRINCIPAIS ÁREAS DA NANOMEDICINA

	Terapia	Diagnóstico	Medicina Regenerativa
Principais benefícios	Facilidade de administração do fármaco para o paciente; acumulação do fármaco na área de ação desejada; redução da toxicidade e efeitos colaterais ao paciente, menor quantidade de drogas sendo excretadas e liberadas no meio ambiente; aumento da biodisponibilidade e solubilidade; melhora do perfil farmacocinético do fármaco; promoção da vacina contra a degradação extracelular; redução da frequência da dose e duração do tratamento.	As ferramentas de diagnóstico podem se tornar mais baratas, mais portáteis e produzir menos resíduos; podem produzir uma análise mais rápida e mais precoce da doença, inclusive no ponto de atendimento; revestimentos antimicrobiano mais eficazes para implantes e dispositivos médicos.	Aperfeiçoamento da funcionalidade, reparação e substituição de tecidos e funções dos órgãos; possível superação de problemas de contaminação química que ocorrem com próteses convencionais; vantagens mecânicas, tais como materiais mais leves e fortes quando comparados com próteses convencionais; toxicidade potencialmente reduzida.
Principais riscos	O aumento da	Aspectos relacionados	Toxicidade dos

	<p>biodisponibilidade de nanoformulações pode provocar danos ao meio ambiente; o dispositivo de liberação (nanocarreador) pode ser tóxico ou ter efeitos colaterais não previstos ao paciente; problemas de saúde aos trabalhadores que produzem e administram os nanomateriais; o meio ambiente pode ser exposto a nanomateriais tóxicos a partir das liberações que podem ocorrer durante a produção, uso e descarte.</p>	<p>à saúde e segurança, tais como a toxicidade de nanomateriais; eliminação de resíduos de nanomateriais utilizados em dispositivos médicos; resistência aos nanomateriais antimicrobianos se for utilizado em demasia.</p>	<p>nanomateriais utilizados nos implantes; riscos ambientais na fabricação dos nanomateriais e em relação ao uso e descarte.</p>
--	---	---	--

FONTE: Elaborado pela autora a partir de Senjen (2013), Santos-Magalhães e Mosqueira (2010), Durán et al. (2009) e ETC Group (2006).

Em que pese o Quadro 1 apontar os riscos das áreas da nanomedicina, o enfoque deste capítulo se concentra nas principais aplicações e potencialidades das nanotecnologias. Contudo, os principais riscos identificados anteriormente servem para analisar os resultados já encontrados, em termos de eficácia e toxicidade.

O desenvolvimento de tecnologias inovadoras sugere que as nanopartículas podem ser incorporadas em várias formas sólidas de dosagem (micropartículas, grânulos ou comprimidos), que podem liberar as nanopartículas no local de ação, preservando as suas propriedades originais e, como resultado, melhorando a eficácia e a praticidade dessas formulações (KUMAR et al., 2011). Os sistemas de nanotecnologia podem, portanto, permitir um resultado terapêutico melhor, alvejando drogas especificamente no seu local de ação, reduzindo o potencial de toxicidade (DURÁN et al., 2009).

As nanopartículas de lipídios sólidos têm sido propostas como um novo tipo

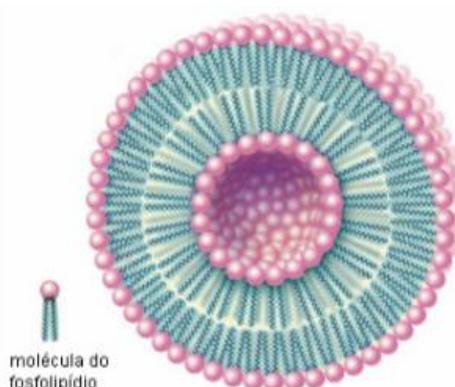
de sistema transportador de fármacos coloidais, adequado principalmente para o sistema de administração intravenosa. Essas nanopartículas não só combinam as vantagens dos sistemas veiculares de fármacos coloidais tradicionais, como lipossomas, nanopartículas poliméricas e emulsões, mas também evitam os problemas associados a eles (KUMAR et al., 2011).

Os lipossomas são vesículas microscópicas que compreendem uma ou mais bicamadas de fosfolipídios que rodeiam um núcleo aquoso. Eles são preparados a partir de fosfolipídios naturais ou sintéticos e colesterol, e podem incluir também, adicionalmente, outros lipídios e proteínas (KUMAR et al., 2011). Em outras palavras, um lipossoma pode ser compreendido como uma pequena bolha artificialmente preparada com duas camadas de lipídios, sendo que o espaço interno pode ser utilizado para fins de transporte (RYE, 2013).

Os lipossomas são uma excelente forma de liberação controlada de fármacos devido à sua flexibilidade estrutural, capacidade de incorporar variedade de compostos hidrofílicos (ANDRADE et al., 2004) e hidrofóbicos (PONTES et al., 1999), sendo os nanocarreadores mais estabelecidos clinicamente para a entrega de fármacos citotóxicos, genes e vacinas (DIEBOLD et al., 2006).

Ademais, os lipossomas não apenas possibilitam a vetorização e a proteção do fármaco, como também permitem o possível direcionamento para sítios específicos de células ou órgãos (BERGSTRAND et al., 2003).

FIGURA 1 – ESTRUTURA ESQUEMÁTICA DE LIPOSSOMA FORMADO POR FOSFOLIPÍDIOS.



FONTE: Enciclopédia Britânica (2007) *apud* Rodovalho (2007).

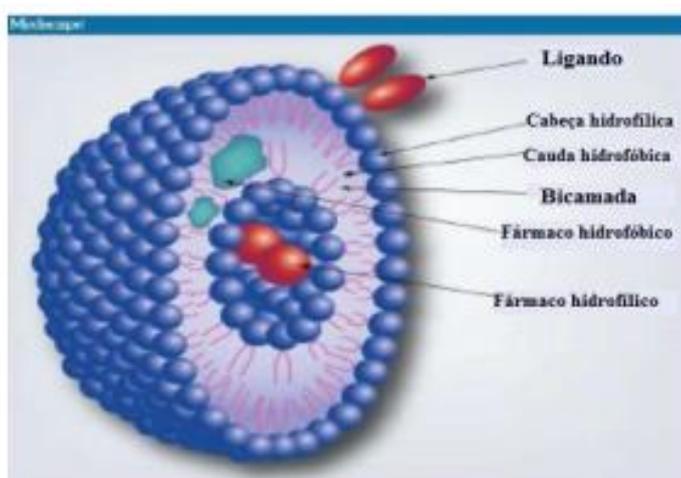
A utilização de lipossomas tem sido estendida ao encapsulamento de fármacos e compostos biologicamente ativos, além de servirem como adjuvantes

imunológicos em vacinação. Embora os lipossomas apresentem numerosos desafios em termos de estabilidade, devido às suas propriedades multifuncionais versáteis, eles permanecem como a melhor escolha para o transporte de drogas e o desenvolvimento de vacinas (SANTOS-MAGALHÃES; MOSQUEIRA, 2010).

Em geral, a formulação com lipossomas parece superior quando comparada com o tratamento com medicamentos livres. Em muitos exemplos, a toxicidade do medicamento foi drasticamente reduzida, por se direcionar grandes quantidades da droga, por exemplo, para um tecido infectado. Além disso, a encapsulação de antibióticos em lipossomas ou em nanopartículas aumenta a dose máxima tolerada, e também o índice terapêutico dos antibióticos, comparados com as drogas livres (DURÁN et al, 2009).

Os niossomas (FIGURA 2), por sua vez, são vesículas de lipossomas estáveis produzidos com a hidratação do colesterol, componentes indutores de carga tais como fosfolípidios com carga e agentes tensoativos não-iônicos (KUMAR et al., 2011). Eles são biodegradáveis, não tóxicos, e mais estáveis e baratos do que os lipossomas. Ademais, os niossomas não precisam de condições especiais de preparação (por exemplo, baixa temperatura, vácuo ou atmosfera de nitrogênio) para serem produzidos e estocados (HENRIQUES et al., 2014).

FIGURA 2 – ESTRUTURA DOS NIOSSOMAS



FONTE: Chandu *et al.* (2012).

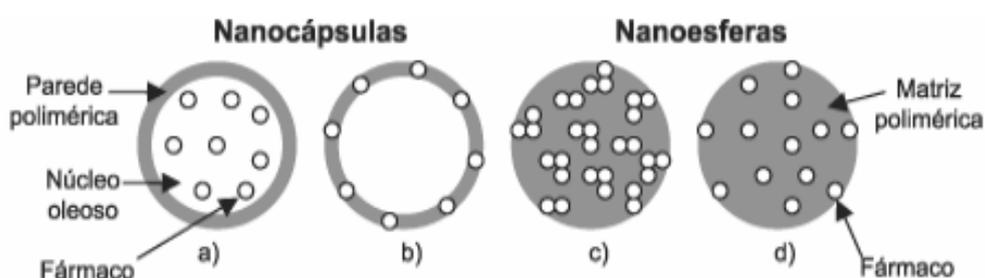
Os dendrímeros são moléculas como ramos de árvore que têm sido extensivamente utilizados em sistemas de distribuição de medicamentos. As suas características únicas, tais como simetria, solubilidade em água, habilidade de

encapsulação, por exemplo, fazem com que eles sejam ideais como veículos de liberação de medicamentos. Atualmente, o uso clínico de dendrímeros é limitado devido à sua significativa citotoxicidade *in vitro*, e à sua habilidade de romper os glóbulos brancos e vermelhos (RYE, 2013).

As nanoesferas poliméricas (FIGURA 3) representam os nanocarreadores mais investigados para a distribuição de medicamentos, depois dos lipossomas. As propriedades de superfície das nanoesferas podem ser moduladas utilizando uma vasta variedade de polímeros, a fim de se obter um corpo de segmentação passivo ou ativo (SANTOS-MAGALHÃES; MOSQUEIRA, 2010).

As nanocápsulas (FIGURA 3) são sistemas coloidais vesiculares de tamanho nanométrico, em que o fármaco está confinado em uma cavidade oca ou oleosa, estabilizada por membrana polimérica (LEGRAND *et al.*, 1999; BRIGGER *et al.*, 2002). As altas eficiências de encapsulação de drogas lipofílicas e a sua baixa toxicidade são as principais vantagens das nanocápsulas, em comparação com outros nanocarreadores (SANTOS-MAGALHÃES; MOSQUEIRA, 2010). As vantagens terapêuticas das nanocápsulas incluem ainda a solubilização em água, proteção contra inativação de drogas no trato gastrointestinal, a proteção contra a toxicidade do fármaco, a reforçada permeação de fármacos através de superfícies mucosas e o prolongamento da circulação das drogas injetáveis no sangue (SANTOS-MAGALHÃES; MOSQUEIRA, 2010).

FIGURA 3 – REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DE NANOCÁPSULAS E NANOESFERAS POLIMÉRICAS: a) fármaco dissolvido no núcleo oleoso das nanocápsulas; b) fármaco adsorvido à parede polimérica das nanocápsulas; c) fármaco retido na matriz polimérica das nanoesferas; d) fármaco adsorvido ou disperso molecularmente na matriz polimérica das nanoesferas.

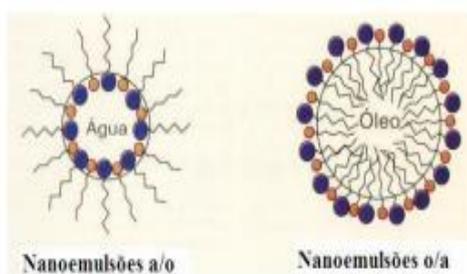


FONTE: Schaffazick *et al.* (2003).

As nanoemulsões (FIGURA 4) são suspensões de óleo-em-água ou de água-em-óleo, transparentes ou translúcidas, cineticamente estáveis e com grande

estabilidade, devido a seu pequeno tamanho de gota (KUMAR et al., 2011). Enquanto que as nanosuspensões (FIGURA 5) são sub-micro dispersões coloidais de uma droga solúvel em água estabilizada por surfactantes (SANTOS-MAGALHÃES; MOSQUEIRA, 2010).

FIGURA 4 – ESTRUTURA DAS NANOEMULSÕES



FONTE: Formariz (2005).

FIGURA 5 – ESTRUTURA DAS NANOSUSPENSÕES



FONTE: Bushrab; Muller (2003)

Esses nanocarreadores, que constituem sistemas de transporte e liberação dos medicamentos, têm recebido um grande interesse para o tratamento das doenças negligenciadas, por causa da possibilidade de uma liberação continuada, rápida e sustentada, que diminui a toxicidade e o número de dosagens (DURÁN et al., 2009).

3.2 A SITUAÇÃO DAS DOENÇAS NEGLIGENCIADAS NO BRASIL

Conforme o Primeiro Relatório da Organização Mundial da Saúde (OMS) sobre as doenças tropicais negligenciadas, divulgado no ano de 2010, estima-se que um bilhão de pessoas são afetadas por uma diversidade de doenças negligenciadas em todo o mundo, aquelas que não são objeto de pesquisa por parte da indústria farmacêutica, porque atingem parcelas da população com renda mais baixa (OMS, 2010).

Trata-se de doenças que não só prevalecem em condições de pobreza, mas também contribuem para a manutenção do quadro de desigualdade, já que representam forte entrave ao desenvolvimento dos países (BRASIL, 2010d).

3.2.1 Malária

A malária é causada por protozoários do gênero *Plasmodium*, transmitidos pela picada da fêmea do mosquito *Anopheles*, que se reproduz em regiões que combina, calor, umidade e vegetação (ALBUQUERQUE, 1999). As espécies associadas à malária humana são: *Plasmodium falciparum*, *P. vivax*, *P. malariae* e *P. ovale*, em que pese o Brasil nunca ter registrado casos de transmissão por esta última espécie, por ser restrita a determinadas regiões da África (BRASIL, 2010e).

A infecção inicia-se quando os parasitos são inoculados na pele pela picada do vetor do gênero *Anopheles*, os quais irão invadir as células do fígado. Nessas células multiplicam-se e dão origem a milhares de novos parasitos, que rompem os hepatócitos e, ingressando na circulação sanguínea, atingem as hemácias, dando início à segunda fase do ciclo, onde aparecem os sintomas da malária (BRASIL, 2010e).

O índice parasitário anual (IPA) de malária, para o ano-base de 2000, era de 3,62, ao passo que no ano-base de 2012 o IPA diminuiu para 1,21 (BRASIL, 2012d). Salienta-se que conforme o Sistema de Informações de Agravos de Notificação (SINAN) do Ministério da Saúde, foram registrados 7663 casos de malária no período entre os anos de 2007 a 2015 (BRASIL, 2016o).

De acordo com Santos-Magalhães e Mosqueira (2010), há vários fatores que agravam as dificuldades para a erradicação da malária, tais como: as características intrínsecas da doença; a complexidade do ciclo de vida do parasita; o desenvolvimento de resistência aos fármacos; a redução da aceitação pelo paciente; o elevado custo, em razão da combinação de dois ou mais fármacos; e o aumento do número de pacientes que sofrem de malária e AIDS.

Ademais, deve-se considerar também as falhas técnicas e operacionais na implementação de campanhas de combate à malária; a má qualidade dos medicamentos distribuídos em diferentes países; as interações medicamentosas; a indisponibilidade de drogas menos tóxicas; a resistência do vetor aos inseticidas; e condições socioeconômicas das populações afetadas (SANTOS-MAGALHÃES;

MOSQUEIRA, 2010).

Em novembro de 2015, com o objetivo de combater a malária e erradicar a doença no Brasil, o MS lançou o Plano de Eliminação da Malária, medida que integra os ODS, lançados pela ONU em substituição aos ODM, que apresenta como meta a redução de pelo menos 90% dos casos até 2030, e da eliminação de malária em pelo menos 35 países (UNASUS, 2015).

Na ocasião do lançamento do referido plano, também foi apresentada a Estratégia Técnica Global da Organização Mundial de Saúde para a Malária 2016-2030, aprovada pela Assembleia Mundial da Saúde em maio de 2015, que busca fornecer orientação técnica e um plano de ação e de investimentos para se atingir as metas de eliminação de malária (OMS, 2015). Entre as ações propostas por este documento, destacam-se: a) maximizar o impacto do controle dos vetores; b) manter vigilância e monitorização entomológica adequada; c) gerir a resistência aos inseticidas e a transmissão residual; d) expandir o tratamento preventivo, para evitar a doença nos grupos mais vulneráveis; e) garantir tratamento de qualidade a todos os doentes; f) reforçar os testes diagnósticos e o tratamento com base nas comunidades; g) conter a resistência aos medicamentos; h) manter vigilância em zonas de elevada e baixa transmissão; i) garantir investimento em sistemas de informação; e j) retirar do mercado todos os medicamentos antimaláricos inapropriados (OMS, 2015).

Salienta-se, todavia, que o citado documento não apresenta qualquer orientação e/ou destaque para as aplicações nanotecnológicas no combate e no tratamento da malária.

No que tange aos fármacos utilizados no tratamento da malária, a cloroquina tem várias vantagens farmacocinéticas e farmacológicas sobre todos os outros medicamentos, o que reafirma o seu excelente desempenho ao longo de oito décadas de terapia da malária, apesar da resistência à cloroquina desenvolvida por variedades de *Plasmodium*. As suas principais vantagens são uma ação rápida em estágios do parasita no sangue, baixa toxicidade, boa biodisponibilidade, solubilidade em água, alto volume de distribuição no corpo e baixo custo (SANTOS-MAGALHÃES; MOSQUEIRA, 2010).

O esteio da terapia da malária cerebral é a utilização de quinina ou artemisinina, sendo que ambos são antimaláricos eficazes por parte da via parentérica. No entanto, a quinina apresenta elevada toxicidade quando administrada por via intravenosa (SANTOS- MAGALHÃES; MOSQUEIRA, 2010).

A primaquina é um fármaco utilizado contra todos os tipos de malária, prevenindo a sua instalação primária. Mais recentemente, há o desenvolvimento da tafenoquina, um análogo da primaquina, que representa uma alternativa potencialmente eficaz para prevenir a infecção e para a cura radical da malária (SANTOS-MAGALHÃES; MOSQUEIRA, 2010).

O uso racional de medicamentos no combate à malária é crucial para reduzir a doença e as mortes associadas. Nesse sentido, a nanotecnologia farmacêutica pode fornecer oportunidades ilimitadas para melhorar a eficácia dos fármacos antimaláricos atualmente utilizados, minimizando problemas como a baixa solubilidade, a instabilidade química, o perfil da biodisponibilidade e a toxicidade (DURÁN et al, 2009).

Bayomi et al. (1998) desenvolveram formulações lipossômicas contendo artemeter, uma substância derivada de artemisinina, efetiva contra os estágios do *P. falciparum* resistente à cloroquina e à mefloquina (BROSSI et al., 1988). Os resultados mostraram aumento significativo da biodisponibilidade do fármaco, quando administrado em lipossomas por via oral (97,91%), comparado com os 31,83% quando administrado sob a forma de suspensão oral.

Em outro experimento realizado, Chimanuka et al. (2002) desenvolveram a encapsulação do antimalárico arteméter em lipossomas, resultando na eficácia terapêutica de 100% de cura, após 22 dias de infecção.

Os lipossomas com artesunato, derivado da artemisinina, foram utilizados para reduzir a frequência de administração e a resistência à malária, conforme observado por Durán et al. (2009). Esses nanocarreadores têm sido extensivamente utilizados em terapia experimental antimalárica, uma vez que eles reduzem a toxicidade, proporcionam uma melhor eficácia terapêutica contra parasitas da malária, modificam a farmacocinética e asseguram uma prolongada liberação do medicamento (SANTOS-MAGALHÃES; MOSQUEIRA, 2010).

Destaca-se ainda que há algumas vacinas contra a malária à base de lipossomas, utilizando diferentes estratégias, tais como antígenos encapsulados e vacinas de peptídeos sintéticos, que estão atualmente sob investigação clínica. Todavia, uma das barreiras a serem vencidas é a associação das vacinas com

adjuvantes², que permitem estímulo da resposta imune com níveis de anticorpos elevados por períodos de tempo prolongado (CUI; MUMPER, 2003).

Mosqueira et al. (2006) desenvolveram formulações de nanocápsulas contendo halofantrina para a avaliação da eficiência e farmacocinética, em estudos com camundongos infectados pelo *P. berghei*. Como resultado, verificou-se que a nanoencapsulação da halofantrina promoveu perfil farmacocinético mais favorável, e reduziu a cardiotoxicidade, sugerindo-se o uso de halofantrina nanoencapsulada, por via parenteral, para o tratamento da malária grave, com menor possibilidade de efeitos adversos.

De acordo com Santos-Magalhães e Mosqueira (2010), há também investigações sobre a solubilização de um fármaco antimalárico potente e muito hidrofóbico em dendrímeros de arteméter, mas sem registros de estudos sobre a eficácia de dendrímeros como nanocarreadores para a malária.

As nanoemulsões com diâmetro menor ou igual a 500nm (na escala nanométrica) também foram investigadas como transportadores antimaláricos, e apresentaram baixo custo e disponibilidade como formas de administração oral (SANTOS-MAGALHÃES; MOSQUEIRA, 2010).

3.2.2 Leishmanioses

As leishmanioses são um conjunto de doenças causadas por protozoários do gênero *Leishmania* e da família *Trypanosomatidae*. O protozoário é transmitido ao homem (e também a outras espécies de mamíferos) por insetos vetores ou transmissores, conhecidos como flebotomíneos. A transmissão acontece quando uma fêmea infectada de flebotomíneo passa o protozoário a uma vítima sem a infecção, enquanto se alimenta de seu sangue. Tais vítimas, além do homem, são vários mamíferos silvestres (como a preguiça, o gambá, roedores, canídeos) e domésticos, como por exemplo, o cão, cavalo, etc (FIOCRUZ, 2013b).

As leishmanioses se classificam em visceral e tegumentar americana. A primeira é causada por um protozoário da espécie *Leishmania chagasi*. O ciclo

² Substâncias adicionadas a vacinas que aumentam ou modulam a imunogenicidade do(s) antígenos presentes na formulação. FERREIRA, L. C. de S. Laboratório de Desenvolvimento de Vacinas. Universidade de São Paulo. Disponível em: <https://www.abc.org.br/IMG/pdf/doc-4525.pdf>

evolutivo apresenta duas formas: amastigota, que é obrigatoriamente parasita intracelular em mamíferos, e promastigota, presente no tubo digestivo do inseto transmissor (BRASIL, 2016f).

Já a leishmaniose tegumentar americana é uma doença infecciosa não contagiosa, causada por diferentes espécies de protozoários do gênero *Leishmania* (*amazonensis*, *guyanensis* e *braziliensis*), que acomete pele e mucosas. Primariamente, é uma infecção zoonótica, afetando outros animais que não o ser humano, o qual pode ser envolvido secundariamente (BRASIL, 2016e).

Conforme os dados do SINAN do Ministério da Saúde, foram registrados 33.488 casos de leishmaniose visceral e 202.026 casos de leishmaniose tegumentar no período entre os anos de 2007 a 2015 (BRASIL, 2016n).

Não há vacina contra as leishmanioses humanas, sendo que as medidas mais utilizadas para o combate da enfermidade se baseiam no controle de vetores e dos reservatórios, proteção individual, diagnóstico precoce e tratamento dos doentes, manejo ambiental e educação em saúde (FIOCRUZ, 2013b).

Há vacinas contra a leishmaniose visceral canina licenciadas no Brasil e na Europa. O cão doméstico é considerado o reservatório epidemiologicamente mais importante para a leishmaniose visceral americana, mas o Ministério da Saúde do Brasil não adota a vacinação canina como medida de controle da leishmaniose visceral humana (FIOCRUZ, 2013b).

A atual terapia medicamentosa para as leishmanioses é baseada no uso de aproximadamente de 25 agentes ativos, como por exemplo, antimoniato de meglumina, stibogluconato de sódio, Anfotericina B, pentamidina e miltefosina, para citar só os mais representativos (HENRIQUES et al., 2014).

Em geral, todas essas moléculas de medicamentos são caracterizadas por uma eficácia limitada (dada as suas incapacidades de atingir os parasitas dentro dos macrófagos), por uma severa toxicidade, e pelo desenvolvimento de resistências aos medicamentos pelos parasitas (HENRIQUES et al., 2014).

Por essas razões, há propostas da introdução da nanotecnologia na administração da doença, haja visto que os resultados de pesquisas demonstraram a otimização do diagnóstico (por ser uma técnica mais seletiva, não-invasiva e baixo custo), o aprimoramento da eficácia, a minimização da toxicidade e a minimização das resistências aos medicamentos (HENRIQUES et al., 2014).

Falcão, Rodrigues Furtado e Rossi-Bergmann (2005), ao realizarem

pesquisas sobre os dendrímeros como carreadores de fármacos para o tratamento das leishmanioses, avaliaram que, apesar das extensas aplicações dos dendrímeros, como por exemplo a versatilidade na entrega de drogas e a alta funcionalidade, cujas propriedades se assemelham às de biomoléculas, o seu uso em sistemas biológicos é limitado, devido a problemas de toxicidade associados a eles, sendo necessário buscar diferentes estratégias para sua síntese, administração de medicamentos e direcionamento, entrega de genes e outras aplicações biomédicas.

Rossi-Bergmann et al. (2012) realizaram experimentos com a utilização de nanopartículas de prata para o tratamento de feridas da leishmaniose tegumentar americana que acomete a pele e mucosas, e apontaram que esse potencial terapêutico pode ajudar no tratamento desta condição.

Nos últimos anos, novas formulações e sistemas de distribuição de medicamentos reduziram a toxicidade, e aperfeiçoaram a atividade de compostos antileishmaniose. Além disso, experimentos *in vivo* mostraram que a Anfotericina encapsulada por lipossoma pode ser mais efetiva do que a Anfotericina livre, dependendo do modelo experimental utilizado e do tipo de lipossoma. Já a quercetina encapsulada pelo lipossoma se mostrou menos tóxica do que na forma livre (DURÁN et al., 2009).

A Anfotericina B tem sido formulada como uma nanosuspensão para o tratamento da leishmaniose visceral. De Carvalho et al. (2013) conceberam um novo sistema de liberação de Anfotericina B encapsulada, e concluíram que se trata de um sistema mais efetivo do que a terapia com a Anfotericina B livre, uma vez que reduz a frequência da dosagem requerida para alcançar o mesmo nível terapêutico.

Recentemente, diferentes formulações baseadas em lipossomos ingressaram na arena da leishmaniose visceral e cutânea, sendo comercializadas como Fungizone®, Abelcet®, Amphocil® e AmBisome®, para citar alguns exemplos (HENRIQUES et al., 2014).

Mais recentemente, lipossomas carregados com meglumina, paromomicina e miltefosina têm sido desenvolvidos contra a leishmaniose cutânea. Notavelmente, somente os lipossomas carregados com miltefosina foram capazes de reduzir significativamente o número de amastigotas e o tamanho da lesão na pele, comparados aos grupos de controle. Apesar de sua eficácia contra a leishmaniose, tais sistemas por lipossomas não são frequentemente usados contra a doença em países em desenvolvimento, dado o seu alto custo (HENRIQUES et al., 2014).

Colhone et al. (2015) destacam que os lipossomas são protótipos promissores para a imunização contra a leishmaniose, uma vez que são adjuvantes potentes para uma vasta gama de antígenos, assim como transportadores de antígenos adequados para a geração de resposta *in vivo* de anticorpos.

No desenvolvimento de vacinas, Souza (2007) buscou aperfeiçoar a vacina gênica intranasal contra leishmaniose cutânea e visceral utilizando nano e micro sistemas catiônicos de entrega, como lipossomas catiônicos e micropartículas de quitosana. Rossi-Bergmann e Frézard (2007) também destacaram a produção de métodos de prevenção, por meio do desenvolvimento de imunobiológicos, especialmente vacinas, para a leishmaniose como possibilidade de síntese da nanotecnologia com a manipulação de sistemas biológicos.

Perinotto et al. (2010) desenvolveram um biosensor para o diagnóstico eficiente da leishmaniose tegumentar americana, em relação à doença de Chagas por meio de um sistema de biosensor de baixo custo feito por filmes nanoestruturados contendo antígenos específicos da *Leishmania amazonenses* e *Trypanossoma cruzi*.

Considerando as técnicas de imagem, Henriques et al. (2014) esclarecem que os meios de contraste podem aumentar a sensibilidade, quando carregados com sistemas de distribuição de nanopartículas, facilitando o diagnóstico de doenças não detectadas previamente. As técnicas de fluorescência (envolvendo o uso de fluoróforos e proteínas fluorescentes combinadas com sistemas de partículas) podem ser usadas no diagnóstico da leishmaniose.

Apesar desses sistemas de distribuição de medicamentos e de agentes diagnósticos, que podem oferecer promissores resultados pré-clínicos e clínicos no tratamento da leishmaniose, uma seletividade mais adequada da nanomedicina ainda é um desafio.

3.2.3 Doença de Chagas

A doença de Chagas (ou tripanossomíase americana) é a infecção causada pelo protozoário *Trypanosoma cruzi*. Apresenta uma fase aguda que pode ser identificada ou não, e pode evoluir para as formas crônicas, caso não seja tratada precocemente com medicamento específico (BRASIL, 2016b). Conforme os dados do SINAN do Ministério da Saúde, foram registrados 1349 casos no período entre os anos de 2007 a 2014 (BRASIL, 2016j).

Os vetores são os triatomíneos, popularmente conhecidos como barbeiros ou bicudos. Qualquer mamífero pode albergar o parasito, enquanto aves e répteis são refratários à infecção. Os principais reservatórios no ciclo silvestre são gambás, tatus, cães, gatos, ratos, etc. Já no ciclo doméstico, em função da proximidade das habitações do homem com o ambiente silvestre, os reservatórios são seres humanos e mamíferos domésticos ou sinantrópicos, como cães, gatos, ratos e porcos (BRASIL, 2016b).

Uma das formas de prevenção da doença de Chagas é evitar que o inseto “barbeiro” forme colônias dentro das residências. Em áreas onde os insetos possam entrar nas casas voando pelas aberturas ou frestas, pode-se usar mosquiteiros ou telas metálicas. Recomenda-se usar medidas de proteção individual (repelentes, roupas de mangas longas, etc) durante a realização de atividades noturnas (caçadas, pesca ou pernoite) em áreas de mata. Para a prevenção da transmissão oral é importante seguir todas as recomendações de boas práticas de higiene e manipulação de alimentos, em especial aqueles consumidos in natura (FIOCRUZ, 2013a).

A existência de habitações cujas condições físicas favorecem a colonização de triatomíneos associados à dificuldade de êxito no controle desses vetores, com inseticidas, constituem fatores que recomendam a melhoria da habitação como medida essencial no controle da Doença de Chagas (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2016).

No que tange aos fármacos para o tratamento da doença, Romero e Morilla (2009) observam que depois de mais de 45 anos de utilização do nifurtimox e benzonidazol, como as primeiras escolhas de medicamentos, nenhum deles ainda pode ser substituído para o tratamento da doença de Chagas.

O nifurtimox e o benzonidazol apresentam atividade significativa na fase aguda (superior a 80%) e no início da fase crônica (superior a 60%). Contudo, apresentam baixa efetividade na fase crônica da doença (inferior a 20%), que é a apresentação mais frequente na América Latina. Tais variações regionais na eficácia seriam devidas à resistência natural das variedades do *Trypanossoma cruzi*, à alta taxa de não adesão dos pacientes devido aos efeitos colaterais, ao longo período de tratamento (30-60 dias), e à toxicidade das drogas. Além disso, há a necessidade de tratamento supervisionado (ROMERO; MORILLA, 2009).

Ao observar as aplicações dos nanocarreadores à doença de Chagas, Romero e Morilla (2009) esclarecem que a Anfotericina B não pode ser utilizada *in vivo* como agente anti-trypanossoma devido à sua alta toxicidade; enquanto que o

mesmo agente ativo, carregado em um nanocarreador lipídico (AmBisome®), é menos tóxico e uma boa alternativa terapêutica.

Contudo, há poucos esforços para testar a utilidade de lipossomas no tratamento da Doença de Chagas, de acordo com o pequeno número de publicações que evidenciam o uso da Anfotericina B formulada em lipossomas, como o AmBisome®, Amphocil® ou Abelect® para a Doença de Chagas (DURÁN et al, 2009).

Barros et al. (2002) avaliaram a atividade e a eficácia de diferentes formulações, por diferentes vias e em diferentes regimes posológicos, para o tratamento da doença de Chagas por meio do desenvolvimento de formulações de nanocápsulas contendo benzonidazol, miconazol, cetoconazol, itraconazol e albaconazol. Os resultados desses experimentos demonstraram que o albaconazol associado às nanocápsulas foi o fármaco que apresentou melhor resultado na supressão da parasitemia.

Os dados da pesquisa realizada sugerem que, nas mesmas doses, o albaconazol na forma livre é mais rapidamente liberado para o sangue e exerce seu efeito, ao passo que as nanocápsulas provavelmente retêm a droga a elas associadas por maior tempo, reduzindo a concentração que chega ao sangue e a velocidade de absorção, sendo nesse caso menos ativas. Entretanto, em doses maiores, as nanocápsulas foram mais ativas que o fármaco livre e muito menos tóxicas, indicando que são necessárias doses maiores para que a fração de dose liberada rapidamente reduza a parasitemia (BARROS et al, 2002).

Branquinho et al. (2014) reforçam que os medicamentos disponíveis para o tratamento da doença de Chagas são tóxicos e ineficazes. Para tanto, desenvolveram a atividade in vivo de uma nova droga, a lychnopholide (LYC), que foi carregada em nanocápsulas e seus efeitos foram comparados à LYC livre e ao benzonidazol. Os resultados mostraram que a LYC carregada em nanocápsulas apresentam uma taxa maior de cura e uma parasitemia reduzida, configurando-se como um potencial novo tratamento para a doença de Chagas.

Apesar dos recentes avanços, ressalta-se que os principais desafios na farmacoterapia de Chagas são ainda a redução da frequência da administração, para aprimorar o cumprimento e aderência, e o uso de doses menores, para prevenir os efeitos adversos, além de um diagnóstico mais preciso e detalhado (DURÁN et al, 2009).

3.2.4 Tuberculose

A tuberculose é uma doença infecciosa e transmissível causada pelo *Mycobacterium tuberculosis*, que afeta prioritariamente os pulmões, embora possa acometer outros órgãos e sistemas. A apresentação pulmonar, além de ser mais frequente, é também a mais relevante para a saúde pública, pois é a principal responsável pela transmissão da doença (BRASIL, 2016h).

A doença pode ser causada por qualquer uma das sete espécies que integram o complexo *Mycobacterium tuberculosis*: *M. tuberculosis*, *M. bovis*, *M. africanum*, *M. canetti*, *M. microti*, *M. pinnipedi* e *M. caprae*. Entretanto, do ponto de vista sanitário, a espécie mais importante é a *M. tuberculosis* (BRASIL, 2016h). Conforme os dados do SINAN do Ministério da Saúde, foram registrados 1.315.347 casos de tuberculose entre os anos de 2001 a 2015 (BRASIL, 2016m).

Para prevenir a doença é necessário imunizar as crianças obrigatoriamente no primeiro ano de vida ou no máximo até quatro anos, com a vacina BCG (*Bacillus Calmette-Guérin*). Crianças soropositivas ou recém-nascidas que apresentam sinais ou sintomas de AIDS não devem receber a vacina. A prevenção inclui evitar aglomerações, especialmente em ambientes fechados, mal ventilados e sem iluminação solar, sendo que a tuberculose não se transmite por objetos compartilhados (BRASIL, 2016h).

Kumar et al. (2011) afirmam que é possível observar que, nos últimos anos, não houve alterações radicais no tratamento da tuberculose para adultos ou crianças. No entanto, novas drogas estão no horizonte, e não há uma valorização crescente dos requisitos especiais de adultos e crianças para determinar as doses dos medicamentos. Há, no momento, cinco agentes antituberculose de “primeira linha”: INH (isoniazida), RIF (rifampicina), PYZ (pirazinamida), ETB (etambutol), SM (estreptomicina) e rifabutina.

Conforme Kumar et al. (2011), as plataformas baseadas em nanotecnologia, para distribuição sistêmica de medicamentos antituberculose, podem melhorar as suas meias-vidas e manter os medicamentos em circulação, em concentrações terapêuticas, por longos períodos de tempo, melhorando a aderência aos medicamentos e modulando a distribuição de fármacos hidrofóbicos e hidrofílicos em e dentro de tecidos diferentes, devido ao seu pequeno tamanho.

A eficácia da pirazinamida em lipossomas apresentou uma redução

significativa em quantidades de bactérias para o tratamento da tuberculose (DURÁN et al., 2009). Com o objetivo de melhorar a atividade antituberculose, os lipossomas carregados com fármaco foram produzidos e pré-clinicamente avaliados em infecções agudas e crônicas. O encapsulamento reduziu a toxicidade *in vivo* e *in vitro* da droga, e reforçou a atividade contra a tuberculose em ambos os modelos agudos e crônicos. Esta inibição foi marcadamente maior no fígado e pulmão. Em investigações mais recentes, os lipossomas contendo a pirazinamida e rifabutina foram também produzidas, destacando a grande versatilidade e potencial destes nanocarreadores (KUMAR et al., 2011).

De acordo com Kumar et al. (2011), as vantagens potenciais da distribuição direta do fármaco antituberculose para os pulmões incluem a redução da toxicidade, bem como a obtenção de concentração de droga mais elevada no principal local de infecção. Ademais, a elevada estabilidade, alta capacidade de carga de drogas hidrófilas e hidrófobas, e a viabilidade da administração por diferentes vias, conferem destaque às nanopartículas poliméricas no que tange à encapsulação de drogas para a tuberculose.

Os referidos autores arrazoam que as nanopartículas têm um potencial considerável para o tratamento da tuberculose, apresentando como vantagens a melhoria da biodisponibilidade de drogas, a redução da frequência de dosagem e a viabilidade das versáteis vias de administração de drogas, incluindo as vias oral e por inalação.

Salienta-se ainda que, enquanto a maioria das novas vacinas contra a tuberculose continuam a pedir uma injeção com agulha, a vacina em aerossol pode fornecer proteção mais segura, mais consistente, eliminando essas injeções e a necessidade de armazenamento refrigerado. Na vacina de aerossol há a formação de partículas em escalas micrométricas e nanométricas, e em formas esféricas e alongadas; por conseguinte, têm-se uma combinação que parece melhorar a dispersão na boca, e contornar os problemas tradicionais associados com a manutenção de vacinas refrigeradas (KUMAR et al., 2011).

Salienta-se que os sistemas de nanocarreadores podem ser projetados para permitir a liberação controlada de fármacos em um destino específico. Ademais, as propriedades dos sistemas de nanocarreadores permitem melhorar a biodisponibilidade de drogas, reduzir a dosagem, a frequência de administração, e o problema da não-adesão à terapia prescrita, que é um grande obstáculo para o

controle da tuberculose (DA SILVA et al., 2016).

No caso da tuberculose, em geral um aumento significativo na concentração total do fármaco nos pulmões, fígado, rins e no soro sanguíneo foi evidente para niossomas carregados com rifampicina. Em contraste, a administração de rifampicina livre resultou em uma distribuição menos seletiva para os órgãos (KUMAR et al., 2011).

Devido à estrutura única dos dendrímeros, estas moléculas também representam atrativos para o encapsulamento e liberação de agentes antituberculose para diversas vias de administração, embora apenas alguns trabalhos de investigação têm sido relatados (KUMAR et al., 2011).

Utilizando um outro nanocarreador, Ferraz-Carvalho et al. (2016) propõem o uso de ácido úsnico (UA) - um composto natural para o encapsulamento de lipossomas, como uma nova abordagem na terapia da tuberculose multirresistente (MDR-TB). Assim, buscaram avaliar o efeito do encapsulamento do UA em lipossomas, bem como sua combinação com agentes antituberculose, como a rifampicina (RIF) e isoniazida (INH). Os resultados mostraram que, em relação à INH, a combinação de lipossoma de UA não revelou qualquer efeito significativo. Todavia, verificou-se que o lipossoma de UA pode ser utilizado como uma forma de administração para melhorar a atividade antimicobacteriana de RIF, um fármaco de primeira linha para o tratamento de infecções provocadas pelo *M. tuberculosis* (FERRAZ-CARVALHO et al., 2016).

Por fim, no que tange à área de diagnóstico, Costa et al. (2014) desenvolveram um biosensor à base de nanopartículas de magnetita que, ao interagir com certas concentrações de DNA, resulta em mudanças da resistência da transferência de carga, indicando um possível uso para o diagnóstico da tuberculose.

3.2.5 Esquistossomose

Das seis espécies de *Schistossoma* que parasitam o homem, somente o *Schistossoma mansoni* existe nas Américas do Sul e Central. A esquistossomose mansoni é uma doença parasitária, cujas formas adultas habitam os vasos mesentéricos do hospedeiro definitivo (homem), e as formas intermediárias se desenvolvem em caramujos gastrópodes aquáticos do gênero *Biomphalaria*. Trata-se de uma doença inicialmente assintomática, que pode evoluir para formas clínicas

extremamente graves, e levar o paciente a óbito. A magnitude de sua prevalência, associada à severidade das formas clínicas e à sua evolução, conferem à esquistossomose uma grande relevância como problema de saúde pública (BRASIL, 2016c).

A OMS estima que as esquistossomoses afetam 200 milhões de pessoas e representam ameaça para mais de 600 milhões de indivíduos que vivem em áreas de risco. A esquistossomose mansoni ocorre em 54 países endêmicos. No Brasil, conforme dados do Sistema de Informações de Agravos de Notificação (SINAN) do Ministério da Saúde, foram registrados 129.509 casos de esquistossomose no período entre os anos de 2007 a 2015 (BRASIL, 2016l).

Outros fatores, além do saneamento, atuam como condicionantes e contribuem para a ocorrência da esquistossomose numa localidade. Entre esses, destacam-se: nível socioeconômico, ocupação, lazer, e graus de educação e de informação da população exposta ao risco da doença. Esses fatores se relacionam e favorecem a transmissão da doença em maior ou menor intensidade, de acordo com a realidade local (BRASIL, 2014b).

Devido à complexidade do mecanismo de transmissão da esquistossomose, e à diversidade dos fatores condicionantes, o controle da doença depende de várias ações preventivas: a) diagnóstico precoce e tratamento oportuno; b) vigilância e controle dos hospedeiros intermediários; c) ações educativas em saúde; e d) ações de saneamento para modificação das condições domiciliares e ambientais favoráveis à transmissão (BRASIL, 2014b).

Há alguns estudos sobre lipossomas e outros nanocarreadores coloidais que mostraram que esses são os meios mais efetivos para aprimorar a eficácia contra a esquistossomose, como ocorre na atividade do praziquantel (PZQ). O praziquantel é a droga de escolha contra todas as espécies de *Schistosoma*, mas, apesar de amplamente utilizado, o PZQ apresenta baixa e irregular biodisponibilidade (DURÁN et al., 2009). Por isso, os nanocarreadores são empregados para melhorar a eficácia e a biodisponibilidade do fármaco (SANTOS et al., 2015).

Nesse sentido, Fonseca (2012) buscou sintetizar o polímero poli (metacrilato de metila) com o PZQ encapsulado, e obteve resultados satisfatórios que demonstraram a incorporação do fármaco e a ausência de interação química com o polímero. Os estudos de toxicidade também foram eficazes, porém o mascaramento do sabor não foi completamente satisfatório.

Utilizando-se outro fármaco, Oliveira (2011) buscou caracterizar nanopartículas de quitosana como novo sistema de liberação da vacina contra a esquistossomose, e concluiu que elas apresentam um tamanho e potencial adequados para sua utilização como vacinas orais, e ainda boa estabilidade quando submetidas aos meios que simulam o fluido gástrico e intestinal.

3.2.6 Hanseníase

A hanseníase é uma doença crônica, infectocontagiosa, cujo agente etiológico é o *Mycobacterium leprae* (*M. Leprae*). Este bacilo tem alta infectividade e baixa patogenicidade, isto é, infecta muitas pessoas, porém, só poucas adoecem. A doença atinge pele e nervos periféricos, podendo levar a sérias incapacidades físicas e de acordo com os dados do SINAN do Ministério da Saúde, foram registrados 705.642 casos de hanseníase entre os anos de 2001 a 2015 (BRASIL, 2016m).

Embora não se possa enquadrar a hanseníase entre as doenças de prevenção primária, pois a vacina BCG não impede o adoecimento, as evidências de atenuação, ao evitar as formas multibacilares, corroboram sua indicação. Medidas de promoção à saúde, visando reduzir as situações de vulnerabilidade, como os fatores de risco relacionados à pobreza e acesso a melhor qualidade de vida, são imprescindíveis (OLIVEIRA, 2008).

Ações educativas, populacionais (divulgação de massa) e individuais (contatos domiciliares, família) visam aumentar a percepção do risco de adoecer e identificar sinais e sintomas iniciais da doença, contribuindo para o diagnóstico precoce (prevenção secundária). Todos esses fatores trabalhados irão reduzir fontes de infecção e interferem na produção de novos casos, em longo prazo (OLIVEIRA, 2008).

Nos indivíduos infectados e adoecidos, a aplicação de medidas de prevenção secundária constitui o componente central da intervenção para os serviços de saúde, sendo o grande desafio o diagnóstico precoce e tratamento imediato de todos os casos existentes (OLIVEIRA, 2008).

Já no caso da hanseníase, há estudos sobre a encapsulação da clofazimina em lipossoma para uma aplicação tópica, que pode protegê-la da absorção para a circulação sanguínea e aumentar o seu tempo de permanência dentro da pele (DURÁN et al., 2009).

Outro fármaco para o tratamento da doença é a dapsona (DAP), que, devido a suas propriedades bacteriostática e anti-inflamatória, estudos estendem a sua aplicabilidade a diversas enfermidades cutâneas de cunho inflamatório. Entretanto, a DAP não apresenta características ideais para veiculação tópica em formulações convencionais, pois o estrato córneo representa uma barreira eficaz à penetração do fármaco (BORGES, 2011).

Por essas razões, Borges (2011), utilizou as microemulsões como nanosistemas coloidais para a veiculação de DAP, com intuito de aumentar a solubilização da DAP e promover a permeação cutânea. Como resultado, concluiu-se que a incorporação de DAP em microemulsão apresenta-se como um sistema promissor, estável e eficaz na administração tópica do fármaco capaz de promover a permeação cutânea.

3.2.7 Dengue

A dengue é transmitida pelo mosquito *Aedes Aegypti* e é causada pelo dengue vírus da família *Flaviviridae*, que possui quatro sorotipos: DEN-1, DEN-2, DEN-3 e DEN-4 (WESTAWAY, E.G; BLOK, J., 1997) e conforme dados do SINAN do Ministério da Saúde, foram registrados 3.730.532 casos de malária no período entre os anos de 2007 a 2012 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2016).

Diante do cenário alarmante para a dengue, os maiores problemas e desafios no controle da dengue

são a inexistência de vacinas, áreas extensas de disseminação do mosquito, conhecimento científico insuficiente para a redução das populações do vetor, problemas na detecção e notificação precoce dos casos da doença e fragilidade da integração entre a vigilância epidemiológica (MAGALHÃES; ANTUNES; BOECHAT, 2012, p. 28).

Em razão disso, a ausência de vacinas eficazes e tratamentos específicos para a dengue tornam necessário um diagnóstico precoce e preciso para esta doença, possibilitando assim a terapêutica adequada, com oportunas intervenções para prevenir as graves morbidade e mortalidade (RIBEIRO et al., 2014).

Nesse sentido, Ribeiro et al. (2014) sugerem que as nanopartículas de ouro, como biomarcadores, podem ser utilizadas para um diagnóstico de baixo custo de produção e ser ainda mais rápido, preciso e prático que as técnicas já existentes.

Em um outro experimento realizado, Luna et al. (2015) obtiveram quatro

diferentes imuno-sensores capazes de reconhecer todos os quatro sorotipos de dengue estudados, mostrando sensibilidade e seletividade. A nova plataforma de sensor consiste de um único método, mais acessível do que os convencionais imuno-ensaios, e cria expectativa sobre a futura produção de novos dispositivos – em tempo real – para o diagnóstico de patologias causadas por vírus, utilizando também nanopartículas de ouro.

Observa-se, assim, que a maioria dos sistemas de nanocarreadores (lipossomas, carreadores lipídicos nanoestruturados e nanopartículas poliméricas) frequentemente empregados têm resultados promissores no tratamento de muitas doenças negligenciadas, com a diminuição da toxicidade, aumento da eficácia e redução do número de dosagens. Contudo, apesar dos resultados promissores, poucos nanocarreadores têm sido utilizados em testes clínicos (DURÁN et al., 2009).

Por essas razões, Santos-Magalhães e Mosqueira (2010) reforçam que é essencial ter pesquisadores altamente interdisciplinares, com experiência nas áreas de parasitologia, tráfico intracelular, biomateriais, ciência de polímeros, nanotecnologia, patologia, toxicologia, e imunologia molecular e celular. Além disso, a incorporação clínica completa e a longo prazo, do uso de todos esses sistemas de distribuição de nanopartículas, adicionalmente depende de um melhor conhecimento dos distúrbios causadores da doença, e da elucidação de aspectos sobre a nanotoxicidade.

3.3 O FOMENTO DA PESQUISA EM NANOTECNOLOGIA PARA AS DOENÇAS NEGLIGENCIADAS

No âmbito do CNPq, assim como no DECIT do MS, os editais de fomento para pesquisa na área de nanotecnologia aplicada a doenças negligenciadas são escassos, analisando-se o período de 2002 a 2016. Dos editais publicados no âmbito do CNPq, há 26 chamadas para as áreas de “nanotecnologia”, “nanociência”, “nanomedicina”, “nanobiotecnologia” e “nanotoxicologia”, desconsiderando a repetição de resultados.

Desse total, 24 contemplam, dentre outras áreas de conhecimento, a área da saúde e apenas duas dessas chamadas são exclusivas para a referida área. Reconhece-se assim um forte interesse no fomento da pesquisa em nanotecnologia aplicada à saúde

No âmbito do DECIT do MS, foram identificados 167 editais para o mesmo período. Porém, há apenas um edital que prevê a seleção de propostas relacionadas aos estudos de novas formulações terapêuticas nanoestruturadas para doenças negligenciadas, sendo que esse edital é o mesmo identificado no âmbito do CNPq, uma vez que foi realizado em rede de colaboração entre os órgãos.

Contudo, cabe salientar que 98 chamadas do DECIT tratam de doenças negligenciadas, demonstrando que, apesar de não haver chamadas específicas, não há um interesse marginal para o fomento da área de doenças negligenciadas.

O Quadro 2 a seguir relaciona os editais e os respectivos valores globais estimados, referentes ao fomento para a área da nanotecnologia aplicada à saúde no âmbito do CNPq, do DECIT, da CAPES e da FINEP:

QUADRO 2 – EDITAIS DE FOMENTO À PESQUISA NA ÁREA DE NANOTECNOLOGIA APLICADA À SAÚDE E ÀS DOENÇAS NEGLIGENCIADAS.

Órgão	Edital	Ementa	Valor global de financiamento
CAPES	Programa Nacional de Nanotecnologia na CAPES - 2003	Induzir ação específica para acelerar as áreas de Nanotecnologia e Nanociência no país, implementando assim o Programa Nacional de Nanotecnologia bem como o Centro Nacional de Referência em Nanotecnologia. Concessão de seis bolsas de estudos de doutorado pleno ao Laboratório Nacional de Luz Síncrotron, por 48 meses e em caráter piloto.	R\$ 77.248,08
CNPq	MCT/CNPq nº 021/2004 – RHAIE-Inovação	Engajar recursos humanos em semicondutores, softwares, fármacos, bens de capital, biomassa, biotecnologia e nanotecnologia	R\$7.100.000,00
FINEP	Chamada Pública MCT/FINEP/FNDCT – Nanotecnologia nº 01/2004	Selecionar propostas visando o apoio financeiro a projetos de pesquisa aplicada ao desenvolvimento de novos produtos, processos ou prestação de serviços baseados em nanotecnologia, em todo o território nacional, desenvolvidas de forma cooperativa entre empresas públicas ou privadas (estas últimas como intervenientes do projeto) e grupos de pesquisa atuantes na área. No âmbito desta Chamada Pública, serão apoiados projetos relacionados às seguintes linhas de pesquisa: Nanobiotecnologia; Sensores; Materiais nanoestruturados; Materiais nanomagnéticos.	R\$ 930.000,00
CNPq	Edital MCT/CNPq nº 028/2005	Dar continuidade ao processo de expansão e consolidação de competências nacionais em Nanociência, Nanotecnologia e Nanobiotecnologia, apoiando jovens pesquisadores com até cinco anos de doutorado, preferencialmente vinculados a centros de pesquisa sem fins lucrativos ou em estreita cooperação com grupos no país já	R\$ 3.000.000,00

		envolvidos com essas áreas.	
CNPq	Edital MCT/CNPq nº 029/2005	Dar continuidade ao processo de expansão e consolidação de competências nacionais em Nanociência, Nanotecnologia e Nanobiotecnologia, apoiando a formação de Redes Cooperativas Integradas de Pesquisa Básica e Aplicada.	R\$ 12.000.000,00
CNPq	Edital MCT/CNPq nº 031/2005	Apoiar atividades de cooperação internacional em projetos conjuntos de pesquisa científica, tecnológica e de inovação com a França, no âmbito do Programa Nacional de Nanotecnologia do Brasil. O apoio é específico para a mobilidade de pesquisadores atuantes em projetos de P&D&I, em nanociência, nanotecnologia ou nanobiotecnologia que, preferencialmente, apresentem contrapartida financeira de fontes nacionais ou internacionais.	R\$300.000,00
CNPq	Edital MCT/CNPq/CT-BIOTEC nº 058/2005	Apoiar processos de incubação e pré-incubação de empresas com foco específico no desenvolvimento de produtos e processos inovadores baseados em Nanotecnologia e Nanociência com vistas à aplicação comercial e/ou social.	R\$ 1.000.000,00
FINEP	Chamada Pública MCT/MS/FINEP – Bioprodutos – Ação Transversal nº 02/2005	Selecionar projetos obrigatoriamente apresentados em sistema de parceria entre ICTs e Empresas brasileiras, grupos de empresas brasileiras ou consórcio de empresas brasileiras formalmente constituído, voltados ao desenvolvimento de Bioprodutos com potencial de uso terapêutico humano, estando o efeito terapêutico baseado em ações farmacológicas das matérias-primas obtidas, extraídas ou modificadas da biodiversidade brasileira, nativa ou exótica adaptada. Iniciar novo ciclo de desenvolvimento tecnológico de Bioprodutos de uso terapêutico, podendo os projetos apresentar, como exemplo, a utilização de nanotecnologia. São consideradas prioritárias as linhas de pesquisas que contemplem as seguintes doenças identificadas pelo Ministério da Saúde - MS como importantes: Arboviroses e Roboviroses; Asma; Chagas; Dengue; Diabetes Mellitus; Doença arterial coronária; Doença arterial periférica; Doença cerebrovascular; Doença pulmonar obstrutiva crônica; Doenças sexualmente transmissíveis; Esquistossomose; Hepatites; Hipertensão arterial; Leishmaniose tegumentar americana; Leishmaniose visceral (calazar); Malária; Tuberculose	R\$ 12.000.000,00

FINEP	Chamada Pública MCT/FINEP/Ação Transversal – Nanotecnologia – 03/2005	Selecionar propostas visando o apoio financeiro a projetos de pesquisa aplicada ao desenvolvimento de novos produtos, processos ou prestação de serviços baseados em nanotecnologia, em todo o território nacional, desenvolvidas de forma cooperativa entre empresas brasileiras, grupos de empresas brasileiras ou consórcio de empresas brasileiras formalmente constituído e Instituições Científicas e Tecnológicas – ICTs, atuantes na área. No âmbito da Chamada Pública, serão apoiados projetos de inovação relacionados às aplicações da nanotecnologia nos seguintes segmentos: Cadeia produtiva do agronegócio; Setor de	R\$ 10.500.000,00
		energia; Setor eletro-eletrônico; Setor de pigmentos e tintas; Saneamento básico e recursos hídricos; Siderurgia, vidros e cerâmicos; Setores químico e petroquímico; Setor têxtil; Setor de cosméticos; Setor de saúde (humana e animal).	
CNPq	Edital MCT/CNPq nº 42/2006	Dar continuidade ao processo de expansão e consolidação de competências nacionais em Nanociência e Nanotecnologia, ao apoiar pesquisadores com até cinco anos de doutorado. Além de projetos de pesquisa básica, experimental ou teórica, este Edital visa fomentar a inovação, mediante o apoio a projetos de desenvolvimento de novos produtos e processos baseados em Nanotecnologia, bem como pesquisas sobre seus impactos éticos, sociais e ambientais.	R\$ 1.830.000,00
CNPq	Edital MCT/CNPq nº 43/2006 - PITCE - Projetos de Melhoria de Infra-estrutura Laboratorial em Nanotecnologia	Dar continuidade ao processo de expansão e consolidação da infraestrutura laboratorial em nanotecnologia, de forma a: i) Viabilizar a aquisição de equipamentos multiusuários, para pesquisas em nanotecnologia; ii) Fomentar o desenvolvimento da pesquisa cooperativa; iii) Acelerar o processo de desenvolvimento cooperativo e comercialização de novos produtos e processos baseados em Nanotecnologia, por meio da articulação entre Instituições Científicas e Tecnológicas e empresas.	R\$ 3.975.000,00
CNPq	Edital CNPq/MCT nº 09/2007	O presente Edital tem por objetivo apoiar atividades de pesquisa científica, tecnológica e de inovação, visando dar continuidade ao processo de expansão e consolidação de competências nacionais em Nanociência e Nanotecnologia e o avanço do conhecimento na área. Além de projetos de pesquisa básica, experimental ou teórica, este Edital visa fomentar a inovação, mediante o apoio a projetos de desenvolvimento de novos produtos e processos baseados em Nanotecnologia, bem como pesquisas sobre seus impactos éticos, sociais e ambientais.	R\$1.900.000,00

CNPq	Edital MCT/CNPq nº 10/2007- Melhoria de Infraestrutura Laboratorial em Nanotecnologia	Apoiar atividades de pesquisa científica, tecnológica e de inovação, mediante financiamento a projetos que visem dar continuidade ao processo de expansão e consolidação da infraestrutura laboratorial em nanotecnologia, de forma a: i) Viabilizar a aquisição e instalação e recuperação de equipamentos multiusuários para pesquisas, preferencialmente, multidisciplinar em nanotecnologia; ii) Fomentar o desenvolvimento da pesquisa cooperativa; e iii) Acelerar o processo de desenvolvimento cooperativo e a geração de novos produtos e processos baseados em Nanotecnologia, visando, preferencialmente, atender demandas científicas e tecnológicas de empresas.	R\$4.000.000,00
CAPES	Edital nº 04/CII-2008 – Rede Nanobiotec Brasil	Estimular e apoiar no País a realização de projetos conjuntos de pesquisa utilizando-se de recursos humanos e de infraestrutura disponíveis em diferentes IES, institutos de pesquisa, empresas e/ou demais instituições enquadráveis nos termos deste Edital, possibilitando a produção de pesquisas científicas e tecnológicas por meio de formação de recursos humanos pós-graduados e a formação complementar de RH em outros níveis. O Programa Rede-Nanobiotec Brasil contempla apoio à formação de RH que atuem prioritariamente em áreas relacionadas ao estudo de produtos, processos, e serviços nanotecnológicos com ênfase em suas implicações em saúde, meio ambiente, agronegócio e alimentos e outras que venham a se mostrar de interesse. Confere ênfase, ainda, a aspectos que possam atender às novas demandas da Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE), aumentar a competitividade brasileira e projetar o Brasil no cenário internacional de Nanotecnologia e sua inserção virtuosa na globalização.	R\$ 2.400.000,00
CNPq/DECIT	Edital MCT/CNPq/CT-Saúde/MS/SCTIE/DECIT Nº 034/2008	Seleção pública de projetos e pré-projetos de pesquisa sobre Doenças Negligenciadas, que abordem um dos temas: Dengue, Doença de Chagas, Esquistossomose, Hanseníase, Leishmanioses, Malária e Tuberculose.	R\$17.000.000,00
CNPq	Edital MCT/CNPq Nº 62/2008	Gerar conhecimento por meio do apoio à pesquisa fundamental em Nanociências, preferencialmente voltada a fomentar a inovação e impulsionar aplicações tecnológicas, possibilitando o desenvolvimento de novos produtos e de processos baseados em Nanotecnologia, mediante o apoio a projetos conduzidos por jovens pesquisadores.	R\$ 16.571.000,00

FINEP	Chamada Pública MCT/FINEP/Ação Transversal – Nanotecnologia nº 5/2009	Selecionar propostas visando o apoio financeiro a projetos de pesquisa aplicada ao desenvolvimento de novos produtos e/ou protótipos industriais, processos ou serviços baseados em nanotecnologia, em todo o território nacional, desenvolvidos de forma cooperativa entre empresas brasileiras, públicas ou privadas, e grupos de pesquisa pertencentes a Instituições Científicas e Tecnológicas – ICTs, atuantes na área. No âmbito da Chamada Pública, serão apoiados projetos de inovação relacionados às aplicações da nanotecnologia nos seguintes segmentos: Nanocatálise; Nanotecnologia em Dispositivos Orgânicos; Nanotecnologia em Biomateriais; Nanotubos; Nanocompósitos; Nanotecnologia para a indústria do aço; Nanotecnologia em Fármacos.	R\$15.000.000,00
CNPq	MCT/CNPq nº 74/2010	Seleção pública de propostas para apoio à formação de redes cooperativas de pesquisa e desenvolvimento em nanociência e nanotecnologia	R\$ 4.920.000,00
CNPq	Chamada MCTI/CNPq N° 17/2011 - Apoio à criação de redes cooperativas de pesquisa e desenvolvimento em Nanotoxicologia e Nanoinstrumentação	Apoiar projetos de pesquisa científica e tecnológica que visem contribuir significativamente para o desenvolvimento científico e tecnológico do País, dando continuidade ao processo de expansão e consolidação de competências nacionais em Nanociência e Nanotecnologia, apoiando a formação de Redes Cooperativas Integradas de Pesquisa Básica e/ou Aplicada, nas seguintes temáticas: Nanotoxicologia e Nanoinstrumentação.	R\$ 3.883.709,00
CNPq	MCTI/CNPq nº 20/2011	Apoio à execução de projetos conjuntos de pesquisa, desenvolvimento e inovação (P&D&I) em nanotecnologia no âmbito de cooperação internacional Brasil-Cuba	R\$ 950.000,00
CNPq	Chamada MCTI/CNPq nº 21/2011	Apoio à execução de projetos conjuntos de pesquisa, desenvolvimento e inovação (P&D&I) em Nanotecnologia no âmbito da cooperação internacional Brasil-México.	R\$ 950.000,00
CNPq	Chamada CNPq/FWO nº 52/2012 Programa de Cooperação entre o CNPq e a Fundação de Pesquisa Flandres (FWO) da Bélgica	Apoiar projetos conjuntos de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (P&D&I), no âmbito do Programa de Cooperação CNPq e a Fundação de Pesquisa Flandres (FWO) da Bélgica, em uma ou mais áreas abaixo: Biotecnologia; Microeletrônica; Nanotecnologia; Pesquisa Aeroespacial; Energia Nuclear; Ciências Ambientais; Ecologia; Ciências Agrárias; e Ciências da Saúde.	R\$ 1.500.000,00

CAPES	Edital CAPES/CNPEM nº 024/2013	Estimular e apoiar o desenvolvimento da pesquisa científica e tecnológica nas áreas de energia e materiais, dentre elas, Biotecnologia, Bioenergia, Biomassa Bioetanol, Química Verde, Nanotecnologia e Luz Síncrotron, por meio da concessão de bolsas pela CAPES, estimulando a exploração de novas oportunidades de pesquisa, além de possibilitar a ampliação das oportunidades de cooperação entre grupos de pesquisas. Este Edital visa apoiar projetos em uma ou mais linhas de pesquisa dos Laboratórios Nacionais, que constituem o Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais – CNPEM, atualmente estruturados como Laboratório Nacional de Luz Síncrotron – LNLS, Laboratório Nacional de Biociências – LNBio, Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol – CTBE e Laboratório Nacional de Nanotecnologia – LNNano, relacionadas a seguir: (...) 7. Pesquisa básica em câncer, doenças negligenciadas e doenças cardiovasculares; (...) Materiais nanoestruturados produzidos a partir da biomassa e de minerais abundantes; nanotecnologia relacionada aos materiais vegetais; insumos para implementação de nanotecnologias (...);	R\$ 7.303.873,20
CNPq	Chamada Nº09/2013 - CNPq/JST - Programa de Cooperação entre o CNPq e a Agência Japonesa de Ciências e Tecnologia (JST)	Apoiar projetos conjuntos de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (P&D&I) em nanobiotecnologia, no âmbito do Programa de Cooperação CNPq e a Agência Japonesa de Ciência e Tecnologia (JST), em um ou mais dos tópicos abaixo: Alimentação funcional; Conversão de biomassa, microalgas e desagregação microbiana; Biorremediação, biolixiviação, reabilitação ambiental e sensores nanobiotecnológicos; Biofármacos; Biomateriais; e Biologia sintética	R\$ 1.000.000,00
CNPq	Chamada Nº13/2013 Cooperação MCTI-CNPq/DST (Índia)	Apoiar projetos conjuntos de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (P&D&I), no âmbito da Cooperação MCTI-CNPq/DST, em um dos temas abaixo: a) Tecnologias da Informação e Computação; b) Geociências, incluindo Oceanografia e Mudanças Climáticas; c) Engenharia, Ciência dos Materiais e Nanotecnologia; d) Ciências da saúde e biomédicas; e) Matemática; e f) Energias renováveis, eficiência energética, e tecnologias de baixo carbono.	R\$ 6.700.000,00
CNPq	Chamada MCTI/CTBIOTEC/CNPq nº 28/2013	Esta chamada tem por objetivo apoiar por meio de financiamento projetos de P, D & I na área de Engenharia de Sistemas Biológicos que visem: I – Formar e incrementar grupos de pesquisa e desenvolvimento tecnológico em áreas de fronteira do conhecimento, incluindo genomas inteiramente novos, modificação de rotas metabólicas, desenvolvimento de novas moléculas e novas metodologias diagnósticas. II – Formar recursos humanos qualificados para atuar na indústria nacional nos seguintes	R\$ 11.500.000,00

		temas: a) biologia sintética; b) engenharia de bioprocessos; c) nanobiotecnologia; e d) enzimas para digestão de celulose. III – Contribuir para os avanços do conhecimento, para a geração de produtos e processos tecnológicos de alto valor agregado, de forma sustentável e ambientalmente responsável.	
CNPq	Chamada MCTI/CNPq/CBAB - Nº 58/2013 - Seleção Pública de Propostas de Cursos para Formação de Recursos Humanos em Biotecnologia – CBAB	A presente Chamada tem por objeto o apoio a cursos na área de biotecnologia, em nível de pós-graduação, nos seguintes temas: [...] 10. Biossensores e biorremediação; 11. Biocontrole e bioinoculação; 12. Aspectos inovadores da interação microrganismo-hospedeiro; 13. Técnicas para análise, conservação e uso de recursos genéticos; 14. Aplicações tecnológicas de biomateriais; 15. Neurobiotecnologia; 16. Biossegurança e manejo de biotérios; 17. Biomarcadores em saúde humana; 18. Biologia sintética; 19. Produção de proteínas recombinantes; 20. Nanobiotecnologia.	
CNPq	Chamada de Projetos CNPq / MIT nº 88/2013 - Programa de Cooperação CNPq / Massachusetts Institute of Technology - MIT.	Apoiar projetos conjuntos de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (P&D&I), no âmbito do Programa de Cooperação CNPq/Massachusetts Institute of Technology - MIT, em um ou mais dos temas abaixo: Engenharias e demais áreas tecnológicas; Ciências Exatas e da Terra: Física, Química, Geociências; Biologia, Ciências Biomédicas e da Saúde; Computação e Tecnologias da Informação; Tecnologia Aeroespacial; Fármacos; Produção Agrícola Sustentável; Petróleo, Gás e Carvão Mineral; Energias Renováveis; Tecnologia Mineral; Tecnologia Nuclear; Biotecnologia; Nanotecnologia e Novos Materiais; Tecnologias de Prevenção e Mitigação de Desastres Naturais; Tecnologias de transição para a economia verde; Biodiversidade e Bioprospecção; Ciências do Mar; Indústria Criativa; Novas Tecnologias de Engenharia Construtiva; e Formação de Tecnólogos.	R\$ 2.000.000,00
CNPq	Chamada CNPq/ANVISA nº 05/2014 – Pesquisas em Vigilância Sanitária	Desenvolver pesquisas em vigilância sanitária que venham a suprir lacunas do conhecimento sobre temática específica: políticas, organização e gestão do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária e Objetos de intervenção nas áreas de medicamentos, alimentos, serviços de interesse à saúde, laboratórios de saúde pública, sangue, tecidos, células, órgãos e nanotecnologia em produtos de interesse à saúde.	R\$ 2.063.080,00

CNPq	MCTI/CNPq/CBAB Cursos de Cooperação Internacional em Biotecnologia – Centro Brasileiro-Argentino de Biotecnologia CBAB nº 20/2014	A presente Chamada tem por objeto o apoio a cursos na área de biotecnologia, em nível de pós-graduação, nos seguintes temas: 1) Ecologia e diversidade microbiana; 2) Plataformas avançadas de sequenciamento de DNA, com ênfase em seleção genômica; 3) Análise global de expressão gênica: transcriptômica, proteômica e metabolômica; 4) Bioinformática; 5) Biotecnologia agropecuária e aquicultura, incluindo estresses bióticos e abióticos, bioinoculação e biocontrole; 6) Desenvolvimento inovador de vacinas, fármacos e métodos de diagnóstico de enfermidades humanas, animais e vegetais; 7) Bioprocessos: scaling up & downstream processing e produção de proteínas recombinantes; 8) Biotecnologias de células-tronco: desenvolvimento e aplicações; 9) Biotecnologia industrial, incluindo química verde; 10) Biotecnologia ambiental; 11) Aspectos inovadores de interação microrganismo-hospedeiro; 12) Técnicas para análise, conservação e utilização de recursos genéticos; 13) Aplicações tecnológicas de biomateriais; 14) Biossegurança e avaliação de riscos, incluindo biotérios; 15) Biomarcadores; 16) Biologia sintética; 17) Métodos alternativos à experimentação animal para avaliação toxicológica; 18) Nanobiotecnologia; 19) Biossensores;	R\$700.000,00
CNPq	Chamada CNPq/MCTIC/CBAB nº 13/2016	A presente Chamada tem por objetivo o apoio a cursos na área de biotecnologia em nível de pós-graduação, nos seguintes temas: 1. Biotecnologia aplicada à saúde animal e humana, incluindo testes toxicológicos; 2. Biotecnologia agropecuária e aquicultura; 3. Biotecnologia ambiental; 4. Biotecnologia industrial; 5. Temas específicos: biologia sintética, empreendedorismo e gestão da inovação, biossegurança e avaliação de riscos, incluindo biotérios, nanobiotecnologia, bioinformática, ciências ômicas e edição genômica com ferramenta de CRISPR.	R\$525.000,00

FONTE: Elaborado pela autora (2017) a partir dos seguintes sítios: http://cnpq.br/chamadas-publicas?p_p_id=resultadosportlet_WAR_resultadoscnpqportlet_INSTANCE_0ZaM&filtro=encerradas&buscaModo=textual&tmp=1481220645869;
[http://portalsaude.saude.gov.br/images/html/2016/marco/31/editais.html;](http://portalsaude.saude.gov.br/images/html/2016/marco/31/editais.html)
[http://www.finep.gov.br/chamadas-publicas/chamadaspublicas?pchave=nano&situacao=&d1=&d2=;](http://www.finep.gov.br/chamadas-publicas/chamadaspublicas?pchave=nano&situacao=&d1=&d2=)
[https://esic.cgu.gov.br/sistema/Pedido/DetallePedido.aspx?id=nR+HrjtldpY=.](https://esic.cgu.gov.br/sistema/Pedido/DetallePedido.aspx?id=nR+HrjtldpY=)

A partir da análise dos editais identificados que envolvem propostas para a área de nanotecnologia aplicada à saúde, infere-se que durante o período dos anos

de 2002 a 2016, o CNPq e a FINEP foram responsáveis pelos maiores financiamentos em termos de valores globais totais e de quantidade de editais.

Todavia, salienta-se que o edital com o maior valor monetário de recursos é o Edital nº 34/2008 (R\$ 17.000.000,00), que contou com a colaboração do CNPq e do DECIT do MS, contemplando justamente as doenças negligenciadas e, em especial, uma das linhas de financiamento está relacionada com as aplicações nanotecnológicas para o tratamento dessas doenças.

Ao analisar o fomento à área da nanotecnologia aplicada a doenças negligenciadas, constata-se que a Chamada Pública nº 02/2005 no âmbito da FINEP considerou prioritárias as linhas de pesquisas de projetos que contemplassem as seguintes doenças: Chagas, dengue, esquistossomose, leishmaniose tegumentar americana, leishmaniose visceral, malária e tuberculose, além de outras doenças que não são consideradas negligenciadas. Para essa chamada, foram destinados R\$ 12.000.000,00 para as propostas aprovadas, sendo esse o segundo maior valor global de financiamento no âmbito da FINEP para a área em análise.

Em 2008, o Edital nº 34 no âmbito do CNPq e DECIT do MS, já destacado anteriormente, buscou selecionar propostas relacionadas a “leishmanioses relacionadas aos estudos experimentais de novas formulações terapêuticas nano ou microestruturadas”. Ressalta-se que apesar de o edital contemplar outras doenças negligenciadas, apenas as leishmanioses estão explicitamente relacionadas às aplicações nanotecnológicas.

No âmbito da CAPES, o Edital nº 24/2013 buscou estimular e apoiar o desenvolvimento da pesquisa científica e tecnológica em várias áreas, tais como a nanotecnologia, por meio da concessão de bolsas pela CAPES, sendo que uma das linhas de pesquisa são as doenças negligenciadas. O referido edital destinou o equivalente a R\$ 7.303.873,20 para os projetos aprovados em uma ou mais linhas de pesquisa dos Laboratórios Nacionais, que constituem o Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais – CNPEM, atualmente estruturados como Laboratório Nacional de Luz Síncrotron – LNLS, Laboratório Nacional de Biociências – LNBio, Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol – CTBE e Laboratório Nacional de Nanotecnologia – LNNano.

Outro ponto a ser observado é o baixo investimento e a pequena quantidade de editais que buscam apoiar projetos de pesquisa sobre a avaliação de riscos, os impactos éticos, sociais e ambientais da nanotecnologia, bem como sobre a área da

nanotoxicologia que consiste no estudo e análise dos potenciais riscos dos nanomateriais em contato com os sistemas biológicos. Ao todo são 4 editais: Edital nº 42/2006, Edital nº 09/2007, Edital nº 17/2011 e Edital nº 13/2016, todos no âmbito do CNPq, totalizando a quantia equivalente a R\$ 8.138.709,00.

Salienta-se que nenhum dos 4 editais apresentam alguma linha de pesquisa específica para propostas que contemplem nanotecnologia aplicada a alguma das doenças negligenciadas analisadas nesse trabalho.

À primeira vista, é possível apontar que, em termos de valores globais de financiamento, a nanotecnologia aplicada a doenças negligenciadas não é um interesse marginal, uma vez que se destinou R\$ 36.303.873,20 para a execução das propostas.

Contudo, é importante destacar que apenas três editais foram elaborados para estimular especificamente as aplicações nanotecnológicas para essas doenças. Ou seja, prevaleceu uma demanda espontânea sobre a demanda induzida no que se refere ao uso da nanotecnologia na pesquisa sobre doenças negligenciadas.

Observa-se ainda que há um interesse marginal no financiamento de projetos sobre a nanotoxicologia, avaliação de riscos e impactos éticos, sociais e ambientais dessa tecnologia emergente aplicada à saúde e, especialmente aplicada a doenças negligenciadas.

Outro ponto importante consiste nos editais que visam apoiar a criação de redes de pesquisa e desenvolvimento, uma vez que as redes são necessárias para o desenvolvimento da nanotecnologia, quer seja para a construção de conhecimentos científicos e tecnológicos, bem como para a inovação em produtos e processos em redes (FARIA, 2013).

Conforme o Quadro 2, infere-se que durante o período em análise, apenas os editais de nº 29/2005, nº 74/2010 e nº 17/2011, todos no âmbito do CNPq, buscaram selecionar propostas para apoio à formação de redes de pesquisa e desenvolvimento em nanotecnologia.

Salienta-se que nenhum dos três editais tinha como linha específica a formação de redes em nanotecnologia aplicada a doenças negligenciadas. Contudo, o último edital buscou apoiar a formação de redes em temáticas específicas, tais como a nanotoxicologia.

3.4 SÍNTESE DO CAPÍTULO

Com base na literatura internacional e nacional, este capítulo apresentou as principais aplicações nanotecnológicas relacionadas à liberação de fármacos, desenvolvimento de vacinas, técnicas de diagnósticos e medicina regenerativa, bem como os principais nanocarreadores utilizados no tratamento das doenças negligenciadas, quais sejam: lipossomas, dendrímeros, nanocápsulas, nanoemulsões, nanoesferas, nanopartículas, niossomas e nanosuspensões.

Os indicadores sobre a prevalência das doenças negligenciadas abordadas revelam que ainda se trata de um cenário alarmante, com números significativos de casos notificados, o que certamente dificulta o alcance das metas dos ODS, que buscam erradicar as doenças negligenciadas até 2030.

Considerando as nanotecnologias como alternativas para a solução desses problemas sociais, observou-se que há avanços relacionados à liberação de fármacos, desenvolvimento de vacinas e técnicas de diagnóstico. Quanto aos benefícios e riscos dessas técnicas e aplicações, retomam-se as mesmas observações do Quadro 1.

No que tange aos nanocarreadores, os lipossomas se destacam na liberação de fármacos para todas as sete doenças investigadas, enquanto que há relatos sobre a baixa eficácia e alta toxicidade para a utilização de dendrímeros.

Na área de desenvolvimento de vacinas, há avanços em pesquisas para a tuberculose, leishmaniose e esquistossomose, enquanto que na área de diagnóstico há pesquisas para leishmanioses, tuberculose e dengue, utilizando principalmente nanopartículas de ouro nos novos sistemas de diagnósticos.

A partir da análise dos editais identificados que envolvem propostas para o fomento da nanotecnologia aplicada à saúde, constatou-se que durante o período dos anos de 2002 a 2016, o CNPq e a FINEP foram responsáveis pelos maiores financiamentos em termos de valores globais totais e de quantidade de editais.

Destacou-se ainda que o edital com o maior valor monetário de recursos foi o Edital nº 34/2008 (R\$ 17.000.000,00), que contou com a colaboração do CNPq e do DECIT do MS, contemplando justamente as doenças negligenciadas e, em especial, uma das linhas que relaciona as aplicações nanotecnológicas para o tratamento dessas doenças.

Outro ponto observado foi o baixo investimento e a pequena quantidade de

editais que buscam apoiar projetos de pesquisa sobre a avaliação de riscos, os impactos éticos, sociais e ambientais da nanotecnologia, bem como sobre a área da nanotoxicologia que consiste no estudo e análise dos potenciais riscos dos nanomateriais em contato com os sistemas biológicos.

Por outro lado, constatou-se que em termos de financiamento de pesquisas, a nanotecnologia aplicada a doenças negligenciadas não é um interesse marginal, uma vez que se destinou um valor monetário significativo para os recursos das propostas. Contudo, é importante destacar que há apenas três editais que especificamente contemplam as aplicações nanotecnológicas para essas doenças.

Ainda sobre a análise dos editais, evidenciou-se que durante o período em análise, apenas três editais, todos no âmbito do CNPq, buscaram selecionar propostas para apoio à formação de redes de pesquisa e desenvolvimento em nanotecnologia, mas nenhum deles tinha como linha específica a formação de redes em nanotecnologia aplicada a doenças negligenciadas.

Por fim, salientou-se que, apesar dos benefícios sociais que as diferentes nanotecnologias podem oferecer, outros fatores precisam ser considerados na prevenção, tratamento e erradicação das doenças negligenciadas, tais como: controle dos vetores, vigilância e controle dos hospedeiros intermediários, expansão do tratamento preventivo, ampliação da vigilância e monitoramento adequado, proteção individual, boas práticas de higiene, manipulação de alimentos, ações educativas, e ações de saneamento básico.

A partir desse panorama sobre as principais técnicas e aplicações, a situação das doenças negligenciadas no país e o fomento à área de nanotecnologia aplicada a essas doenças, entende-se como essencial avaliar as competências científico-tecnológicas do país nessa temática. Para isso, foram mapeados os grupos de pesquisa cadastrados no Diretório de Grupos de Pesquisa no Brasil do CNPq com intuito de analisar as suas capacidades de pesquisa, incluindo as doenças abordadas, as principais técnicas e aplicações nanotecnológicas utilizadas, as redes de pesquisa constituídas, a incorporação da avaliação de riscos e de aspectos ELSI (éticos, legais, sociais), conforme será apresentado e discutido no próximo capítulo.

4 CAPACIDADES DE PESQUISA: OS GRUPOS DE PESQUISA DO CNPq EM NANOTECNOLOGIA PARA AS DOENÇAS NEGLIGENCIADAS

O relatório *“The Ethics and Politics of Nanotechnology”* da UNESCO (2006) enfatiza o risco da lacuna do conhecimento e as desigualdades trazidas pela revolução nanotecnológica, uma vez que há uma dificuldade de comunicação entre especialistas e elites de países mais pobres, se comparada com a comunicação estabelecida entre especialistas e elites de alto nível de pesquisa e desenvolvimento.

Nesse sentido, há uma desigualdade na abordagem do tema na própria literatura, conforme observado por Woodson (2012), ao identificar que 78% das publicações em nanomedicina no *Web of Science (WoS)*, nos países de baixa renda, são sobre doenças negligenciadas, tais como malária e tuberculose, e somente 16% dos artigos de nanomedicina dos países de alta renda tratam de doenças para a pobreza.

Reconhece-se que as desigualdades ativadas por novos conhecimentos e tecnologias raramente acontecem sem uma combinação de outros fatores, tornando-se uma consequência de muitas várias que interagem, incluindo: geografia e clima; instituições pobres e governos irresponsáveis; falhas de mercado; questões políticas e conflitos; e inadequada saúde pública e infraestruturas educacionais (SAREWITZ; WOODHOUSE, 2007), culminando na desigualdade da abordagem do tema na própria literatura que direciona suas pesquisas e discussões para outras áreas de interesse de aplicação da nanotecnologia que não envolvem doenças negligenciadas e os aspectos ELSI (SCHUMPERT et al., 2014; WOODSON, 2012).

Por essas razões, realizou-se o mapeamento dos grupos de pesquisa cadastrados no Diretório de Grupos de Pesquisa no Brasil do CNPq com intuito de analisar qual o desenvolvimento da pesquisa na área da nanotecnologia aplicada a doenças negligenciadas no país, identificando quais são as doenças abordadas, quais as principais técnicas e aplicações utilizadas, quais as redes de pesquisa constituídas, as competências nacionais em nanotecnologia para a pesquisa e inovação e a incorporação da avaliação de riscos e de aspectos ELSI (éticos, legais, sociais).

Na primeira seção deste capítulo, apresenta-se a aplicação da metodologia para o mapeamento dos grupos de pesquisa, estabelecendo-se um comparativo entre os grupos de pesquisa relacionados à nanotecnologia de um modo geral e aqueles que direcionam os seus esforços em pesquisa e desenvolvimento para aplicações

nanotecnológicas às doenças negligenciadas, com o intuito de quantificar os grupos de pesquisa.

A segunda seção expõe os grupos de pesquisa identificados no mapeamento realizado na seção anterior no que tange à disposição geográfica, área predominante do conhecimento e ano de formação.

Na terceira seção, há a caracterização de cada grupo de pesquisa, buscando ilustrar as diferentes relações estabelecidas entre os grupos mapeados, tais como: as doenças negligenciadas que cada grupo pesquisa; as instituições e as áreas da nanotecnologia que estão vinculadas aos grupos; a vinculação da análise dos aspectos ELSI, riscos e nanotoxicidade aos grupos de pesquisa; os pesquisadores líderes de cada grupo; e as redes de colaboração de produção científica entre os pesquisadores líderes.

Na última seção, apresenta-se a síntese do capítulo, com as principais observações e análises do mapeamento realizado em decorrência das seções anteriores.

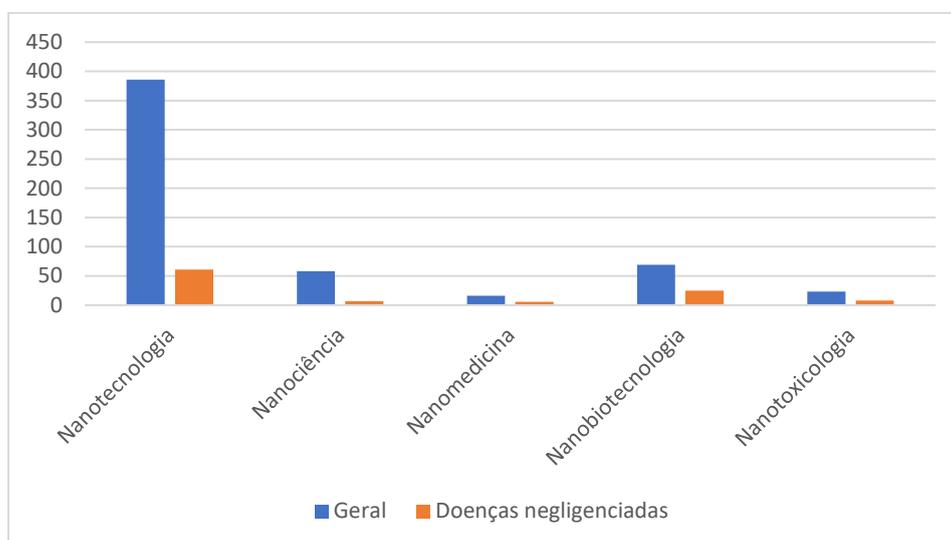
4.1 O MAPEAMENTO DOS GRUPOS DE PESQUISA E AS SUAS CLASSIFICAÇÕES

Foi realizado um mapeamento dos grupos de pesquisa cadastrados no Diretório de Grupos de Pesquisa no Brasil do CNPq a partir de cinco palavras-chave na parametrização da pesquisa, quais sejam: “nanotecnologia”, “nanociência”, “nanomedicina”, “nanobiotecnologia” e “nanotoxicologia”.

Constatou-se que há 386 grupos de pesquisa para a palavra-chave “nanotecnologia”, 58 registros para “nanociência”, 16 para “nanomedicina”, 69 para “nanobiotecnologia” e 23 para “nanotoxicologia”, totalizando um universo de 461 grupos de pesquisas cadastrados e certificados pelo Diretório do CNPq até o dia 14 de agosto de 2016, desconsiderando a repetição de resultados para mais de uma palavra-chave.

Ao considerar as linhas de pesquisas, bem como as produções científicas dos pesquisadores líderes de cada grupo, visando a identificação dos grupos que atuam em pesquisas relacionadas a alguma das sete doenças negligenciadas, verificou-se que houve uma redução do número de registros de grupos de pesquisas identificados, conforme Gráfico 1 a seguir:

GRÁFICO 1 – RELAÇÃO ENTRE OS GRUPOS DE PESQUISA NA ÁREA DE NANOTECNOLOGIA E OS GRUPOS DE PESQUISA QUE APLICAM A NANOTECNOLOGIA ÀS DOENÇAS NEGLIGENCIADAS



FONTE: Elaborado pela autora (2016).

Depreende-se que dos 386 grupos de pesquisa relacionados à palavra-chave “nanotecnologia”, 61 trabalham com alguma das doenças negligenciadas; 8 dos identificados pela palavra-chave “nanotoxicologia”; 25 dos vinculados à palavra chave “nanobiotecnologia”; 6 estão vinculados à palavra-chave “nanomedicina” e 7 grupos de pesquisa estão relacionados ao termo de busca “nanociência.”

Desconsiderando as repetições de resultados, uma vez que há grupos que estão relacionados a mais de uma palavra-chave, identificou-se que 79 dos 461 grupos de pesquisa estão vinculados a alguma das seis áreas que foram tratadas como “palavras-chave”, e ao mesmo tempo se dedicam a pesquisas sobre alguma das sete doenças negligenciadas.

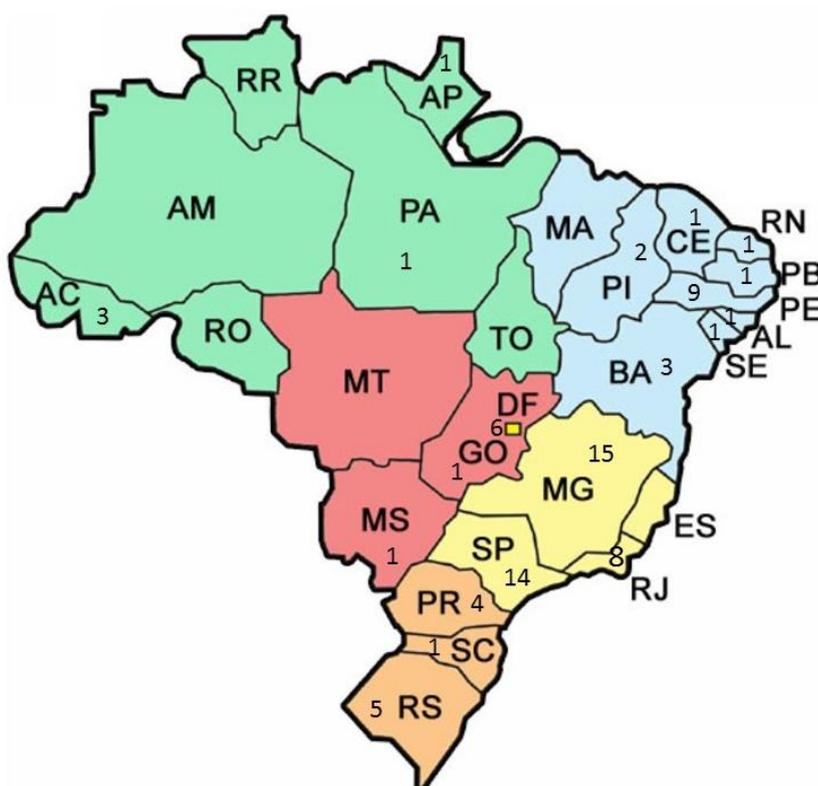
A quantidade de grupos de pesquisa identificados revela um grau de interesse no assunto razoável, representando quase cerca de 20% do total dos grupos que atuam nas diversas e variadas áreas que compreendem a nanotecnologia.

Esses 79 grupos de pesquisa foram analisados individualmente sob a ótica de diferentes variáveis: a) disposição geográfica; b) área predominante; c) ano de formação; d) doenças negligenciadas abordadas; e) instituições; f) pesquisadores líderes; e g) redes de colaboração em produção científica, com intuito de descrever e contextualizar o avanço das pesquisas em nanotecnologia aplicada às doenças negligenciadas no cenário brasileiro.

4.2 DISPOSIÇÃO GEOGRÁFICA, ÁREA PREDOMINANTE E ANO DE FORMAÇÃO

O mapa a seguir demonstra que a região Sudeste concentra o maior número de grupos de pesquisa (37), enquanto que a região Norte corresponde ao menor número de grupos de pesquisa (5). Por sua vez, a região Centro-Oeste tem 8 grupos de pesquisa, a região Sul concentra 10 grupos e a região Nordeste apresenta 19 grupos de pesquisa que atuam na área da nanotecnologia aplicada às doenças negligenciadas.

FIGURA 6 – DISPOSIÇÃO GEOGRÁFICA DOS GRUPOS DE PESQUISA QUE APLICAM A NANOTECNOLOGIA ÀS DOENÇAS NEGLIGENCIADAS



FONTE: Elaborada pela autora (2016).

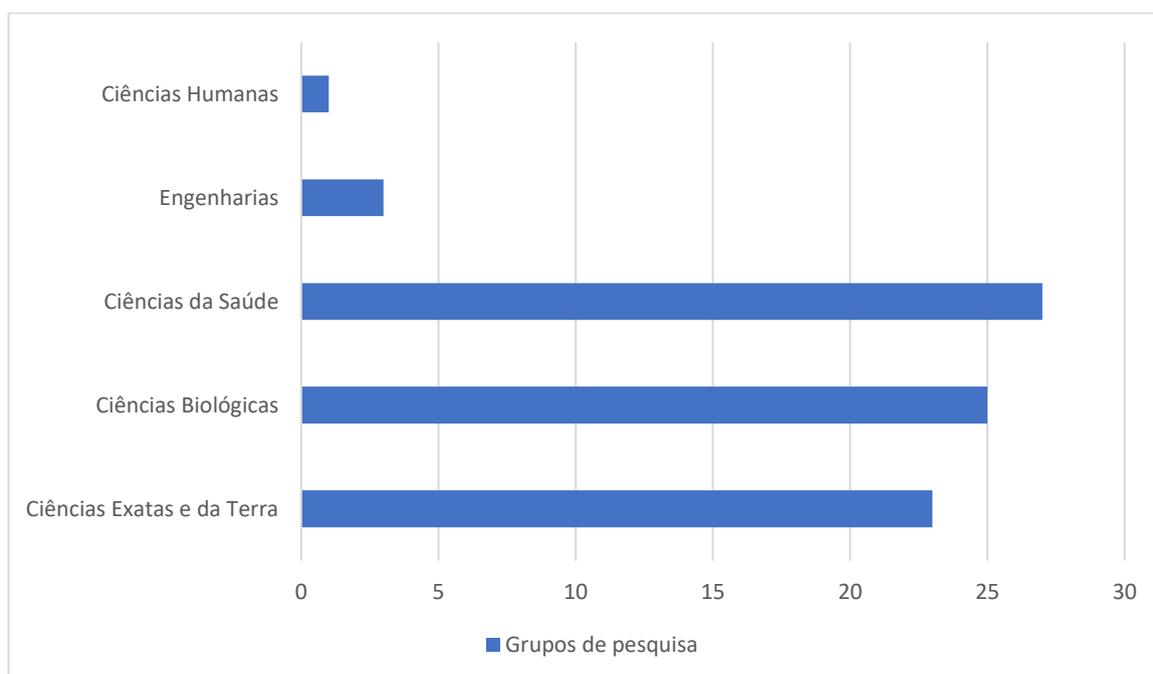
Infere-se ainda que o estado que apresenta o maior número de grupos de pesquisa é Minas Gerais (15), seguida de São Paulo (14) e Pernambuco (9). Os estados do Espírito Santo, Mato Grosso, Maranhão, Rondônia e Roraima não contam com grupos de pesquisa na área de nanotecnologia aplicada às doenças negligenciadas.

Na região Sul, Rio Grande do Sul é o estado com maior número de grupos de pesquisa (5), ao passo que na região Norte é o estado do Acre que lidera os indicadores (2). Por fim, destaca-se ainda que, na região Centro-Oeste, o Distrito Federal apresenta o maior número de grupos de pesquisa (6).

Ao observar a área predominante informada por cada grupo de pesquisa, verifica-se que a área das Ciências da Saúde concentra o maior número de grupos de pesquisa (27 grupos), seguida da área das Ciências Biológicas (25 grupos) e das Ciências Exatas e da Terra (23 grupos).

O gráfico 2 abaixo destaca a relação entre os grupos de pesquisa e as suas respectivas áreas predominantes, classificadas pelo CNPq e informadas pelos próprios grupos de pesquisa:

GRÁFICO 2 – RELAÇÃO ENTRE AS ÁREAS PREDOMINANTES E OS GRUPOS DE PESQUISA



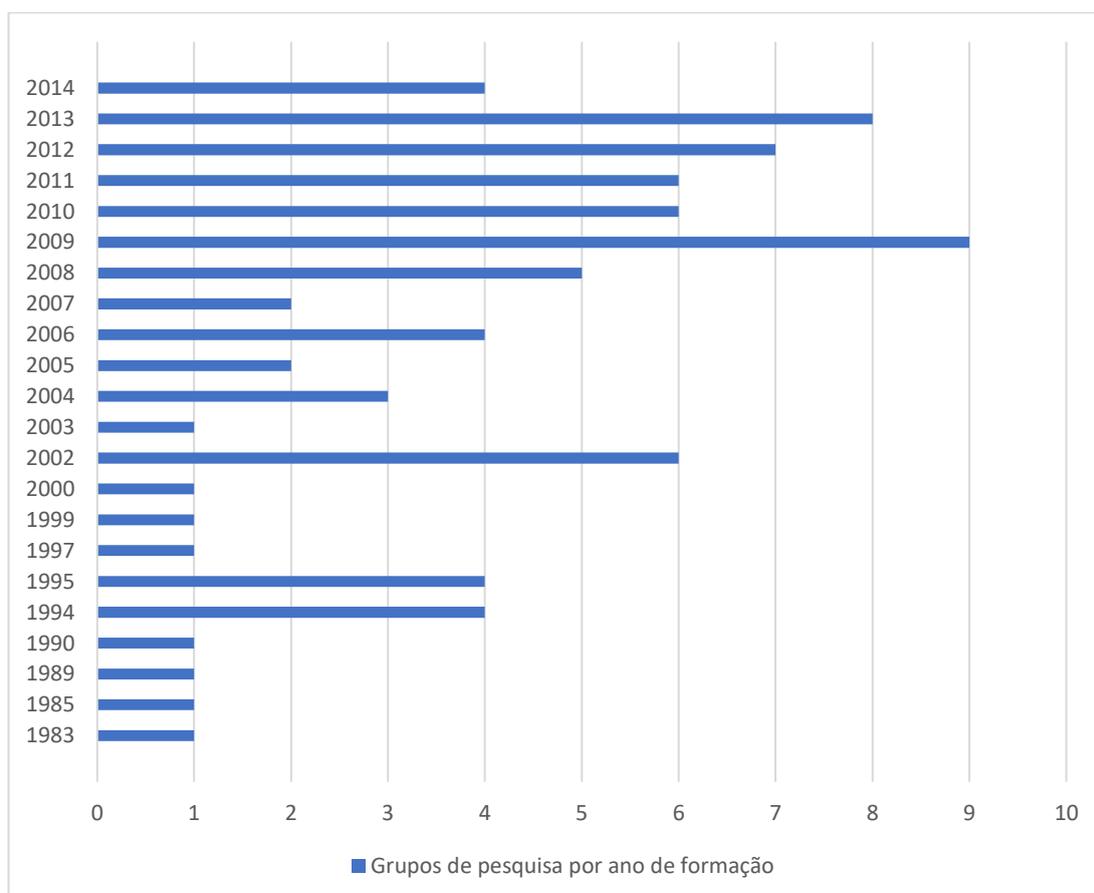
FONTE: Elaborado pela autora (2016).

Constata-se ainda que as áreas das Engenharias e das Ciências Humanas são as que concentram o menor número de grupos de pesquisa, apresentando 3 grupos e 1 grupo, respectivamente. Ademais, verifica-se que há certa interdisciplinaridade, mas circunscrita às ciências naturais.

É possível observar no gráfico 3, a seguir, que já existiam grupos de pesquisa desenvolvendo aplicações de nanotecnologia para doenças negligenciadas, ou que viriam a fazê-lo ao longo do tempo, desde a década de 1990. O primeiro salto se dá

em 2002, no início do impulso a este campo científico pelas políticas de C&T, momento em que foram criados 6 grupos de pesquisa. Outros grupos foram criados posteriormente, registrando-se um novo salto, com a criação de 9 novos grupos de pesquisa no ano de 2009. Nos anos subsequentes surgiram outros grupos e, como se pode notar, em 2013 registra-se o mais recente crescimento significativo, quando foram criados 8 novos grupos.

GRÁFICO 3 – GRUPOS DE PESQUISA POR ANO DE FORMAÇÃO



FONTE: Elaborado pela autora (2016).

Não é possível afirmar que o ano de formação do grupo de pesquisa coincida necessariamente com o início das pesquisas na área de nanotecnologia aplicada às doenças negligenciadas, uma vez que a maioria dos grupos apresenta outras linhas de pesquisa, além da nanotecnologia aplicada às doenças negligenciadas. Todavia, salienta-se que há um número significativo de grupos de pesquisa (16 grupos) com pelo menos 15 anos de experiência de pesquisa, e que se mantém atuante na área de nanotecnologia aplicada a doenças negligenciadas.

4.3 A CARACTERIZAÇÃO DOS GRUPOS DE PESQUISA

Cada um dos 79 grupos de pesquisa foi representado por um símbolo, conforme o quadro 3 a seguir:

QUADRO 3 – IDENTIFICAÇÃO DOS GRUPOS DE PESQUISA

Nome do Grupo de Pesquisa	Símbolo do grupo de pesquisa	Nome do Grupo de pesquisa	Símbolo do grupo de pesquisa	Nome do Grupo de Pesquisa	Símbolo do grupo de pesquisa
Análise Orgânica Instrumental, Bioprospecção e Metabolômica Vegetal		Aplicações Biotecnológicas de Polímeros sintéticos e naturais		Aplicações nanobiotecnológicas de biomoléculas	
Biodispositivos Nanoestruturados – BioNano		Biodiversidade e Biotecnologia		Biologia da interação patógeno-hospedeiro (BIPaH)	
Biologia Estrutural de Células Germinativas		Biologia Pós-Genômica, Computacional e de Sistemas Nanoestruturados		Biomembranas	
BIOMEMBRANAS E LIPÍDIOS BIOATIVOS		Bionat		BIOTECNAN - Tecnologia de Bioprocessos e Nanoprodutos	
Biotecnologia Ambiental		Biotecnologia e Inovação Terapêutica		Biotecnologia em Recursos Naturais da Amazônia	
Centro de Nanomedicina		CIEnAm - Centro Interdisciplinar de Energia e Ambiente		Dendrímeros: Síntese e produtos de nanotecnologia	
Desenvolvimento de Medicamentos		Desenvolvimento de sistemas nanoparticulados com atividade biológica		Desenvolvimento galênico e nanotecnologia de produtos naturais	
Desenvolvimento Tecnológico e Avaliação Biológica de Novos Medicamentos		DIAGNOSTICO DE PARASIToses		Doença de Chagas: imunobiologia, biologia molecular e quimioterapia experimental	

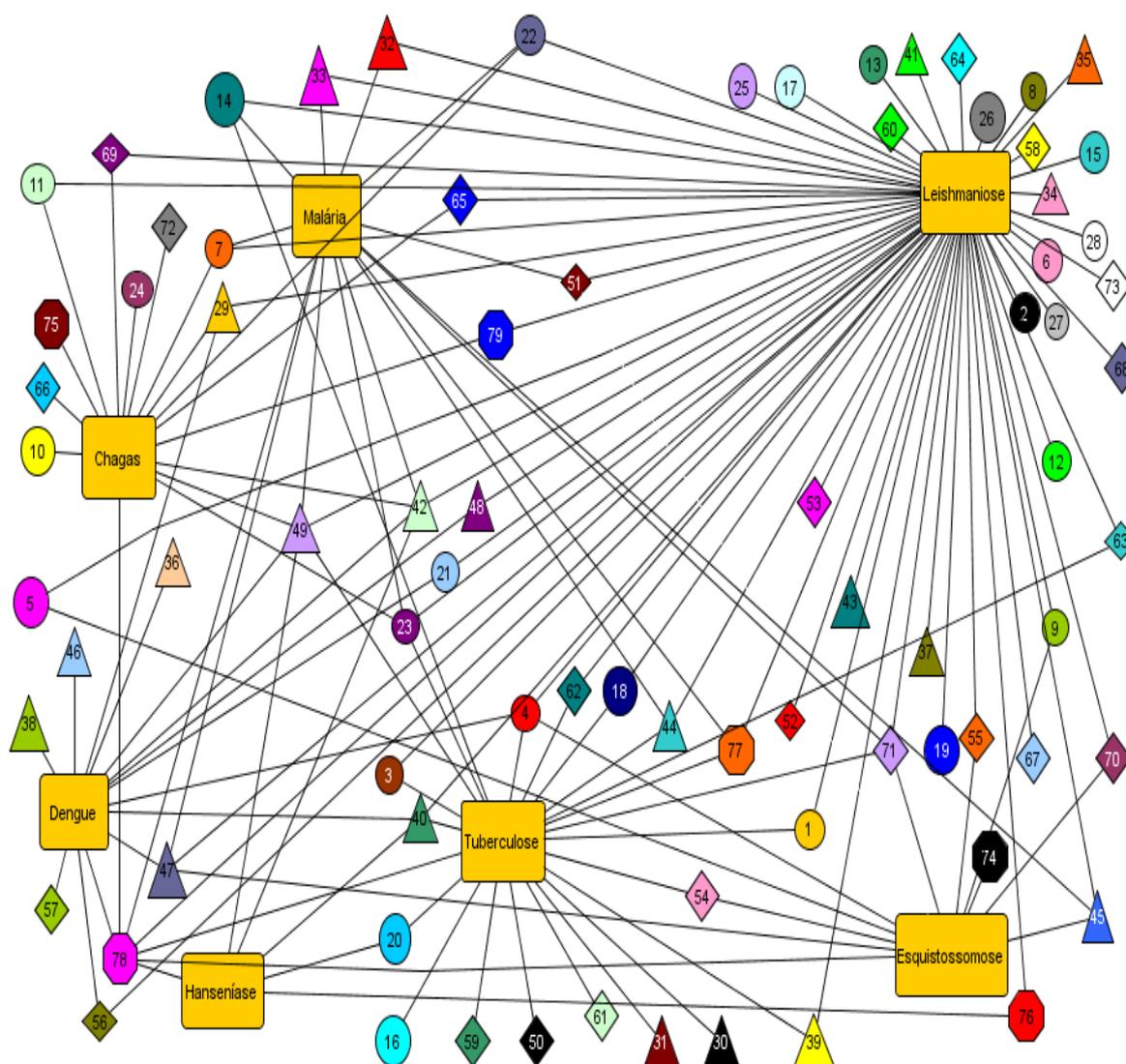
Genômica Funcional de Protozoários		Grupo de Desenvolvimento e Avaliação de Formas Farmacêuticas e Cosméticas		Grupo de Eletroquímica e Nanotecnologia Aplicada – GENAp	
Grupo de Investigação de Interações Moleculares em Membranas (GIIMM)		Grupo de Nanomedicina e Nanotoxicologia		Grupo de Optoeletrônica Molecular (LOEM)	
Grupo de Pesquisa em Biotecnologia		Grupo de Pesquisa em Fármacos		Grupo de Pesquisa em Nanobiotecnologia e Nanotoxicologia	
Grupo de Pesquisa em Nanoestruturas e Interfaces Biológicas		Grupo de Pesquisa em Nanofármacos e Vacinas Antileishmaniais.		Grupo de Pesquisas em Nanotecnologia e Nanomateriais	
Grupo de Química Dinâmica Supramolecular		Inovações biotecnológicas aplicadas à saúde pública		Interações biológicas e nanomateriais	
Laboratório de Biossensores (BIOSENS)		Laboratório de Educação a distância, Promoção da Saúde e Difusão do conhecimento e ciência – LEPS		Laboratório de Filmes Poliméricos e Nanotecnologia / LAFIP-NANOTEC	
Laboratório de Materiais Fotonicos- LAMF		Laboratório de Micro e Nanopartículas Aplicadas na Terapêutica		Laboratório de Nanobiotecnologia Aplicada: Sistemas Miméticos de Biomembranas	
Laboratório de Sensores, Nanomedicina e Materiais Nanoestruturados (LSNano)		LVBA - Laboratório de Virologia Básica e Aplicada: virologia básica e desenvolvimento tecnológico		Nanobiomateriais	
Nanobiotecnologia		Nanobiotecnologia		Nanobiotecnologia Aplicada à Saúde	
Nanociência, Nanotecnologia e Nanobiotecnologia (N&N&Nb)		Nanociência, Nanotecnologia e Nanobiotecnologia (NNNb)		Nanomedicamentos e Tecnologia Farmacêutica	
Nanotecnologia aplicada a fármacos		Nanotecnologia Biomédica		Nanotecnologia dos Fluidos Complexos e dos Sistemas Supramoleculares	

Nanotecnologia verde: ambiente, saúde e sustentabilidade		Nanotecnologia, Biotecnologia e Cultura de Células – NanoBioCel		Núcleo de Pesquisa em Nanociências (UNICENTRO - Guarapuava/PR)	
Pesquisa de Novos Fármacos contra Tuberculose		Pesquisa e Desenvolvimento de Sistemas de Liberação de Fármacos Baseados em nanotecnologia		Processos de secagem em Spray Drying, micro e nanoencapsulação e eletrofição para produção de nanofibras	
Química de Superfície e Moléculas Bioativas		QUÍMICA SUPRAMOLECULAR E NANOTECNOLOGIA DE ELEMENTOS F		Química Supramolecular e Nanotecnologia	
Química Supramolecular e Nanotecnologia		Síntese, Formulação e Avaliação Biológica de Compostos Bioativos		Síntese Orgânica Medicinal	
Sistemas avançados de liberação de fármacos		Sistemas de liberação controlada de fármacos e vacinas: Nanotecnologia Farmacêutica		Sistemas de liberação de agentes ativos de origem natural ou sintética	
Sistemas de Liberação de Fármacos e Biofarmácia		Sistemas de liberação de fármacos para tratamento de doenças tropicais e emergentes		Tecnologia dos Alimentos e Farmacêutica	
Tecnologia e Controle de Qualidade de Medicamentos e Alimentos		Tecnologia Farmacêutica – Latef		Tecnologias Emergentes, Sociedade e Desenvolvimento	
Toxicologia Analítica e Metabólica - LATOX					

FONTE: Elaborado pela autora (2016).

A partir da análise de cada linha de pesquisa, bem como das produções científicas de cada grupo, em especial dos pesquisadores líderes, estabeleceu-se uma rede envolvendo os grupos de pesquisa representados pelos símbolos do quadro 3 e as respectivas doenças negligenciadas que são pesquisadas por cada grupo, conforme a Figura 7:

FIGURA 7 – REDE ESTABELECIDA ENTRE OS GRUPOS DE PESQUISA E AS DOENÇAS NEGLIGENCIADAS



FONTE: Elaborada pela autora (2016).

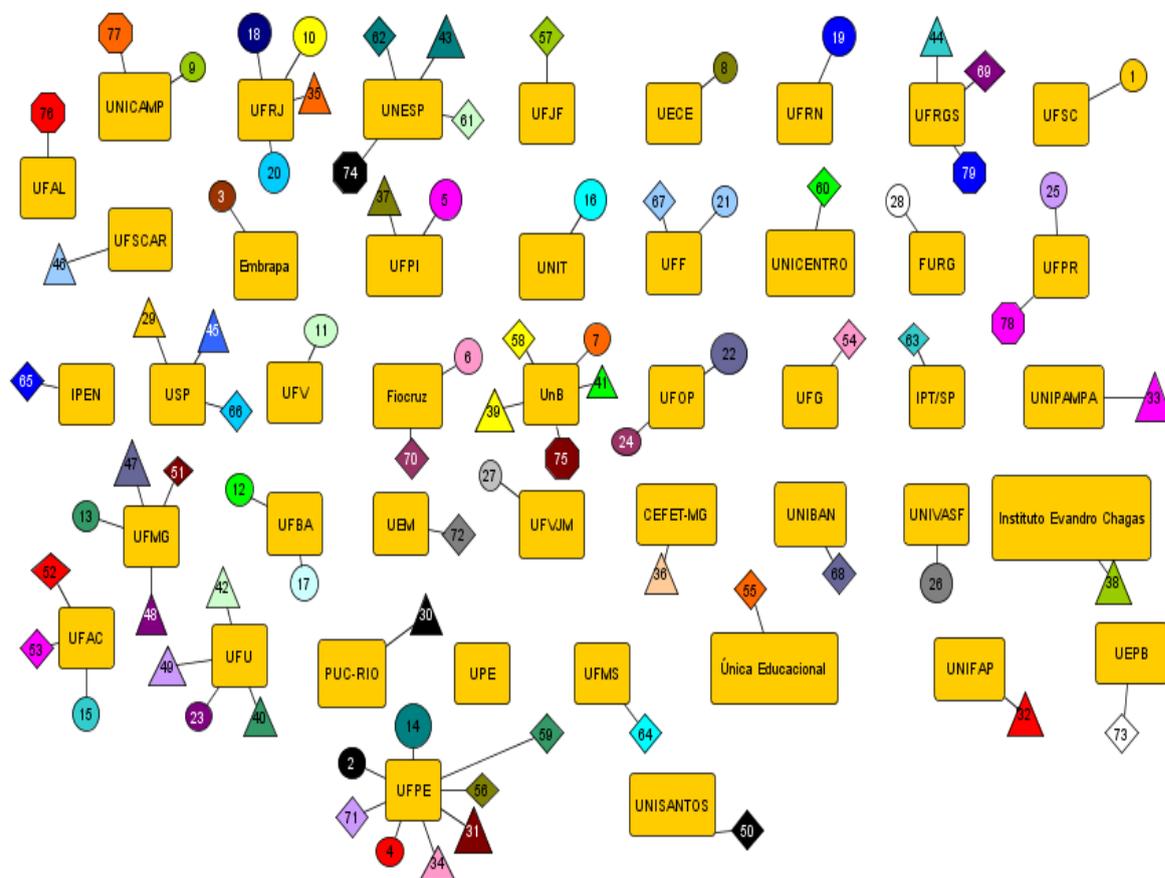
Verifica-se que a doença negligenciada investigada pelo maior número de grupos de pesquisa é a leishmaniose (61 grupos), seguida pelos grupos de pesquisa que se dedicam à pesquisa da tuberculose (23 grupos). A doença de Chagas concentra as atividades de 16 grupos de pesquisa, enquanto que a dengue e a malária têm 14 e 15 grupos, respectivamente. Na sequência, há a esquistossomose, foco de pesquisa de 11 grupos e, por último, a hanseníase é a doença negligenciada sobre a qual o menor número de grupos de pesquisa se dedica à pesquisa em nanotecnologia aplicada a essa doença (6 grupos).

Salienta-se ainda que 41 grupos de pesquisa se dedicam exclusivamente a

apenas uma doença negligenciada, enquanto que os demais pesquisam sobre mais de uma das sete doenças negligenciadas que foram consideradas neste trabalho.

A Figura 8 a seguir representa a rede estabelecida entre os grupos de pesquisa e as suas respectivas instituições:

FIGURA 8 – REDE ESTABELECIDA ENTRE OS GRUPOS DE PESQUISA E AS RESPECTIVAS INSTITUIÇÕES



FONTE: Elaborada pela autora (2016).

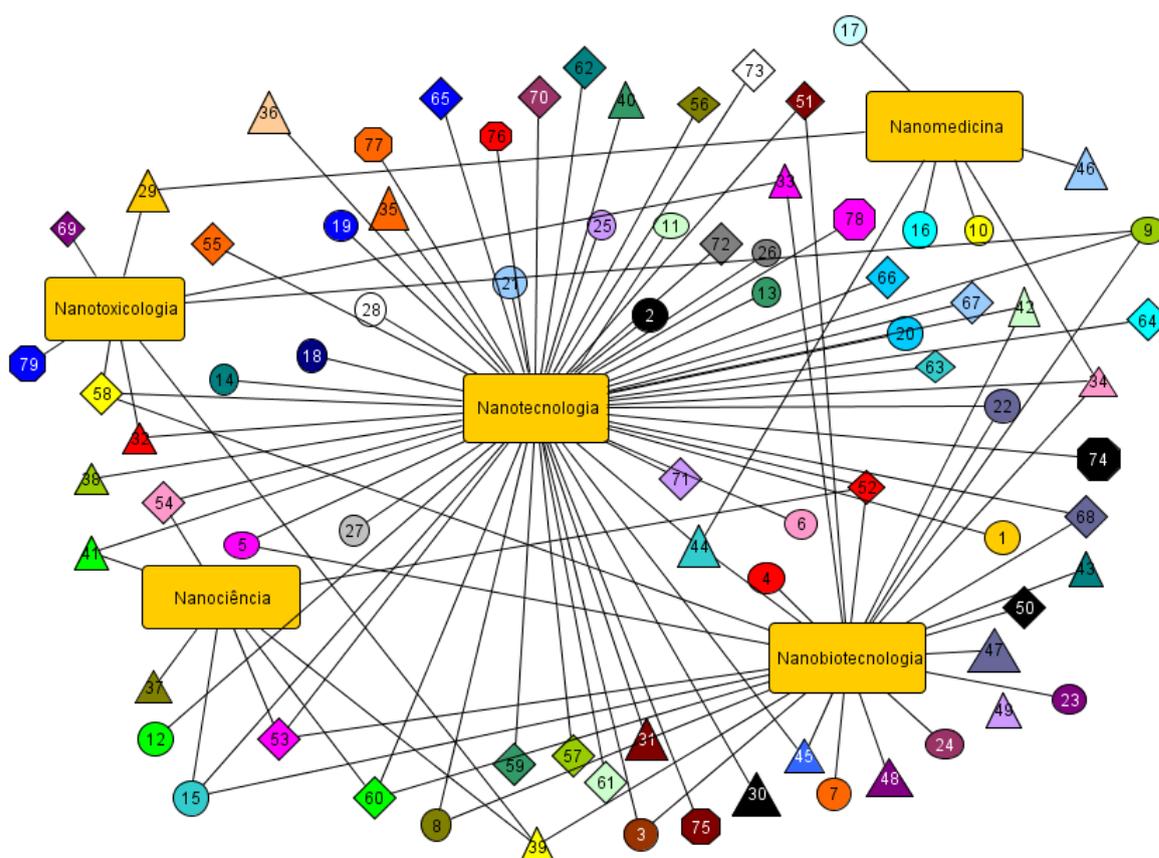
Constatou-se que há 44 instituições envolvidas para os 79 grupos de pesquisa que foram analisados, indicando uma densidade baixa de formação de redes interinstitucionais. Há também uma predominância de instituições públicas, uma vez que há 39 instituições públicas e 5 instituições privadas.

Ademais, observa-se que há 35 grupos de pesquisa que permanecem bastante isolados, não estabelecendo uma rede de colaboração ou estabelecendo

apenas uma rede de colaboração com outro grupo. Em contrapartida, outros 9 grupos de pesquisa têm uma rede de colaboração com três outros grupos ou mais.

No que tange às seis palavras-chave utilizadas na parametrização do mapeamento, é possível estabelecer a seguinte rede entre os grupos de pesquisa e as seis grandes áreas de pesquisa, conforme a Figura 9:

FIGURA 9 – REDE ESTABELECIDA ENTRE OS GRUPOS DE PESQUISA E AS PALAVRAS-CHAVE



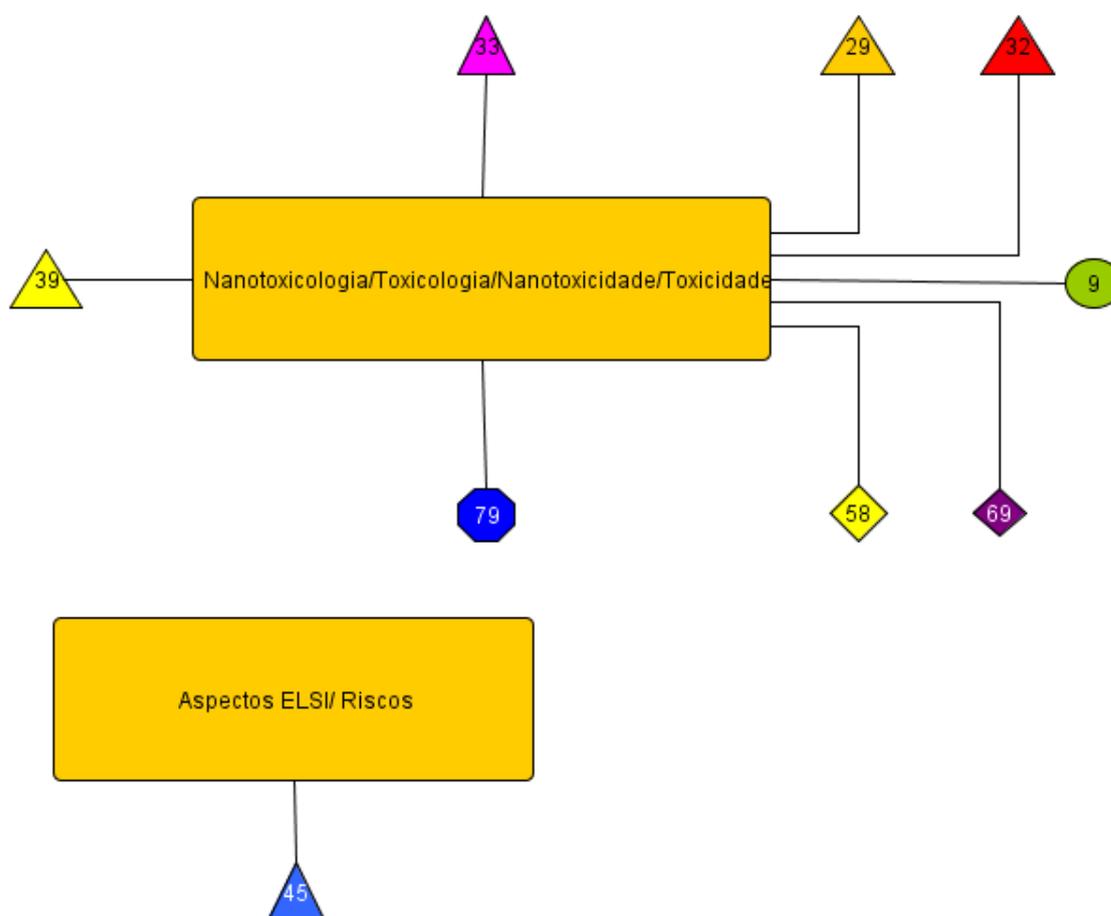
FONTE: Elaborada pela autora (2016).

A maior correspondência de grupos de pesquisa está relacionada à palavra-chave “nanotecnologia”, com 61 grupos de pesquisa identificados, seguida da palavra-chave “nanobiotecnologia” com 25 registros de grupos de pesquisa. Todavia, salienta-se que apenas 22 grupos de pesquisa, dos 79 analisados, estão relacionados a mais de uma palavra-chave na busca parametrizada, o que denota um direcionamento a apenas uma área de pesquisa relacionada à nanotecnologia. Salienta-se que são os próprios grupos de pesquisa que escolhem as palavras chave que identificam suas atividades na plataforma do CNPq. Observa-se que tendem a escolher palavras chave

muito amplas, que não denotam de forma mais detalhada suas atividades de investigação.

No que concerne à análise dos aspectos ELSI, dos riscos e da toxicidade, é possível estabelecer, a partir das linhas de pesquisa e das produções científicas dos grupos de pesquisa, a rede a seguir:

FIGURA 10 – REDE ESTABELECIDADA ENTRE OS GRUPOS DE PESQUISA E A ANÁLISE DOS ASPECTOS ELSI, RISCOS E NANOTOXICIDADE.



Fonte: Elaboração pela autora (2016).

Há um único grupo de pesquisa que se dedica à pesquisa de nanotecnologia aplicada à leishmaniose e doença de Chagas, que apresenta como uma de suas linhas de pesquisa: “Avanços, Benefícios e Riscos da Nanobiotecnologia Aplicada à Saúde”. Isto denota a virtual ausência da incorporação de aspectos ELSI como área de investigação entre os grupos.

Salienta-se ainda que há oito grupos de pesquisa que se dedicam

especificamente ao estudo da nanotoxicologia, que compreende a análise dos potenciais riscos dos nanomateriais em contato com os sistemas biológicos, incluindo células, tecidos e seres vivos, destacando-se as pesquisas para o tratamento da doença de Chagas, leishmaniose, esquistossomose, dengue, malária e tuberculose. Observa-se que um número reduzido de grupos de pesquisa desenvolve, de forma integrada com suas linhas de investigação, a avaliação de riscos.

Todavia, é necessário colocar alguns reparos nestas afirmações, uma vez que não é possível afirmar que os demais grupos de pesquisa identificados e/ou até mesmo alguns dos 461 grupos de pesquisa analisados inicialmente não pesquisem sobre as implicações éticas e sociais e riscos.

Afinal, entende-se que a abordagem de aspectos ELSI e riscos é transversal às pesquisas, haja visto que a definição dos grupos de pesquisa sobre quais riscos são aceitáveis para o desenvolvimento de uma tecnologia emergente é uma questão essencialmente ética. Ademais, os grupos de pesquisa podem abordar a questão, sem que seja explícita em uma linha de pesquisa ou em uma produção científica.

No que tange aos pesquisadores líderes dos grupos de pesquisa, construiu-se o Quadro 4 a seguir para relacioná-los com os respectivos grupos, mantendo-se o mesmo símbolo de caracterização dos grupos de pesquisa no Quadro 3.

QUADRO 4 – IDENTIFICAÇÃO DOS PESQUISADORES LÍDERES EM RELAÇÃO AOS GRUPOS DE PESQUISA MAPEADOS

Nome do Pesquisador	Símbolo do grupo de pesquisa	Nome do Pesquisador	Símbolo do grupo de pesquisa	Nome do Pesquisador	Símbolo do grupo de pesquisa
Adriana Fontes		Hermi Felinto de Brito		Marta de Lana	
Adriana Raffin Pohlmann		Irinaldo Diniz Basílio Júnior		Milton José Porsani	

Ana Graci Brito Madurro	 	Jailson Bittencourt de Andrade		Mônica Cristina de Oliveira	
Andrea Grabe Guimarães		Janildo Lopes Magalhães		Najeh Maissar Khalil	
Ângelo Márcio Leite Denadai	 	Jeanne Claine de Albuquerque Modesto		Nereide Stela Santos Magalhães	
Anselmo Fortunato Ruiz Rodriguez	 	Jeferson Gomes da Silva		Noela Invernizzi	
Antônio Gilson Gomes Mesquita		João Lídio da Silva Gonçalves Vianez Júnior		Noemia Pereira da Silva Santos	 
Amobio Antonio da Silva Junior		Joao Marcos Madurro	 	Patrícia Maria Albuquerque de Farias	
Bartira Rossi Bergmann		José Alessandro da Silva		Pietro Ciancaglioni	

Beate Saegesser Santos		José Carlos Tavares Carvalho		Rafael Ramos Hospodar Felipe Valverde	
Bruno Campos Janegitz		José Roberto de Souza de Almeida Leite		Ricardo Bentes de Azevedo	
Caio Pinho Fernandes		Julia Maria Costa-Cruz		Rodrigo Ribeiro Resende	
Camila Braga Dornelas		Koiti Araki		Rosa Valéria da Silva Amorim	
Camila Indiani de Oliveira		Laura de Oliveira Nascimento		Rosângela Silqueira Hickson Rios	
Carlos Eduardo Alves Soares		Leonardo Fernandes Fraceto		Rosendo Augusto Yunes	
Célia Machado Ronconi		Letícia Marques Colomé		Rubiana Mara Mainardes	
César Augusto Souza de Andrade		Lívia de Lacerda de Oliveira Pineli		Sandra Elisa Haas	
Claudete Justina Valduga		Lucas Franco Pereira		Sandro Roberto Possati da Rocha	
Deborah Quintanilha Falcão		Luciano Paulino da Silva		Sidney Jose Lima Ribeiro	
Diana Magalhães de Oliveira		Luiz Orlando Ladeira		Sílvia Stanisçuaski Guterres	

Durcilene Alves da Silva		Luiz Ricardo Goulart Filho		Silvio Alexandre Beisl Vieira de Melo	
Edel Figueiredo Barbosa Stancioli		Marcelo Finicker Lamas		Solange Cristina Garcia	
Eduardo Rolim de Oliveira		Marcelo Henrique Sousa		Sônia Nair Bão	
Elaine Christine de Magalhães Cabral Albuquerque		Marcelo Maraschin		Tadeu Henrique de Lima	
Eliana Martins Lima		Marcilio Sérgio Soares da Cunha Filho		Talita Mota Gonçalves	
Elioenai Dornelles Alves		Marcio Roberto Teixeira Nunes		Tulio Nakazato da Cunha	
Elizabete Lourenco da Costa		Marco Antonio Utrera Martines		Valbert Nascimento Cardoso	
Eneida de Paula		Marco Cremona		Valeria Pereira de Sousa	
Eryvaldo Sócrates Tabosa do Egito		Marcos Luciano Bruschi		Valtencir Zucolotto	
Fábio Rocha Formiga		Maria Claudia França da Cunha Felinto		Vanessa Carla Furtado Mosqueira	
Felipe Silva Bellucci		Maria Danielly Lima de Oliveira		Vanêssa Lúcia Rodrigues Furtado	

Fernando Castro de Oliveira		Maria Helena Ambrosio Zanin		Vania Rodrigues de Lima	
Fernando Rogério Pavan		Maria Inês Ré		Vera Lúcia dos Santos	
Fernando Sérgio Escócio Drummond Viana de Faria	  	Maria Palmira Daflon Gremião		Vera Lucia Eifler-Lima	 
Flávio Guimarães da Fonseca		Maria Terezinha Bahia		Virgínia Ramos Pizzolo	
Gilles Ponchel		Mariane Cajuba de Britto Lira Nogueira		Wanderson Duarte da Rocha	
Guillermo Ricardo Foladori		Marigilson Pontes de Siqueira Moura		Welter Cantanhêde da Silva	
Helvécio Vinícius Antunes Rocha		Marisa Alves Nogueira Diaz		Younes Messaddeq	
Henrique Eisi Toma		Marlus Chorilli		Zulmira Guerrero Marques Lacava	

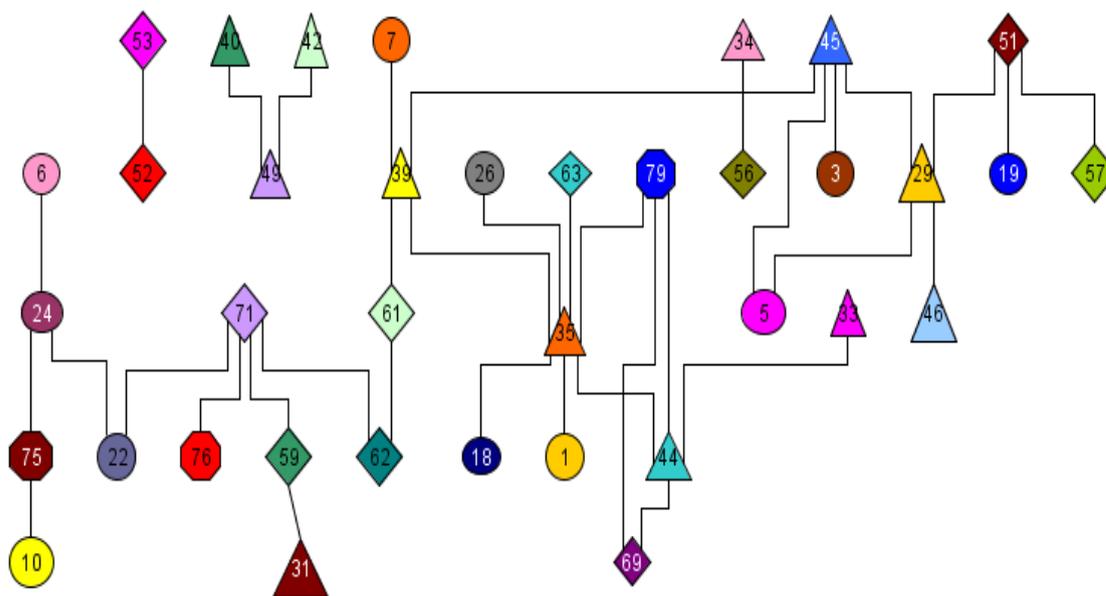
FONTE: Elaborado pela autora (2016).

A partir do Quadro 4, verifica-se que há 117 pesquisadores líderes envolvidos nos 79 grupos de pesquisa, sendo que 7 desses pesquisadores coordenam mais de

um grupo de pesquisa na área de nanotecnologia aplicada às doenças negligenciadas.

No que tange às redes de colaboração de produção científica estabelecidas entre os pesquisadores líderes, elaborou-se a Figura 11 a seguir:

FIGURA 11 – REDES DE COLABORAÇÃO DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA ENTRE OS PESQUISADORES LÍDERES



FONTE: Elaboração pela autora (2016).

Essas redes de pesquisa demonstram que dos 79 grupos de pesquisa analisados, 37 grupos de pesquisa mantêm colaboração de produção científica com coautoria entre seus pesquisadores líderes. Alguns dos pesquisadores desses 37 grupos mantêm coautoria com pesquisadores de mais de um grupo de pesquisa.

Nesse sentido, é relevante destacar a pesquisadora Dra. Bartira Rossi-Bergmann do Grupo de Pesquisa em Nanofármacos e Vacinas Antileishmanias, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) que tem coautoria com pesquisadores de outros 7 grupos de pesquisa do mapeamento realizado. Ressalta-se ainda o Grupo de Pesquisa “Sistemas de Liberação Controlada de fármacos e vacinas: Nanotecnologia Farmacêutica”, da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), cujos pesquisadores líderes são Dra. Nereide Stela Santos-Magalhães e Dr. Gilles Ponchel. Os referidos pesquisadores mantêm colaboração de produção científica com outros 4 grupos de pesquisa.

Salienta-se que o primeiro grupo de pesquisa da UFRJ se dedica às pesquisas para a leishmaniose e doença de Chagas, enquanto que o grupo da UFPE atua em pesquisas para a leishmaniose, esquistossomose, tuberculose e malária.

Constata-se também que há outros 4 grupos de pesquisa cujos pesquisadores apresentam coautoria com pesquisadores de outros 4 grupos de pesquisa, quais sejam: a) O grupo de pesquisa “Interações Biológicas e nanomateriais”, coordenado pelos pesquisadores Dr. Ricardo Bentes de Azevedo e Dra. Zulmira Guerrero Marques Lacava, da Universidade de Brasília (UnB), atuante na área de leishmaniose e tuberculose; b) O “Grupo de Nanomedicina e Nanotoxicologia”, coordenado pelo pesquisador Dr. Valtencir Zucolotto da Universidade de São Paulo (USP), atuante em pesquisas para dengue, leishmaniose e doença de Chagas; c) O grupo de pesquisa “Laboratório de Nanobiotecnologia aplicada aos sistemas miméticos de biomembranas”, coordenado pelo pesquisador Dr. Pietro Ciancaglini da USP, atuante em pesquisas para leishmaniose e doença de Chagas; e d) O grupo de pesquisa “Laboratório de Micro e Nanopartículas Aplicadas na Terapêutica”, coordenado pelas pesquisadoras Dra. Adriana Raffin Pohlmann e Dra. Sílvia Stanisçuaski Guterres, atuantes em pesquisa para o tratamento da tuberculose, malária e leishmaniose.

Essas afirmações também merecem alguns reparos, uma vez que nem sempre as coautorias conseguem captar todos os atores no âmbito da pesquisa e da política. Em alguns casos, alguns pesquisadores com notória participação nas pesquisas e com um número alto de produções científicas não estabelecem colaborações com outros grupos de pesquisa (SANTOS JUNIOR, 2011).

4.4 SINTESE DO CAPÍTULO

A partir da análise dos grupos de pesquisa, verificou-se que os 79 grupos de pesquisa que foram identificados no mapeamento revelam interesse na pesquisa sobre nanotecnologia aplicada a doenças negligenciadas.

Observou-se que há um número significativo de grupos de pesquisa (16 grupos) com pelo menos 15 anos de experiência de pesquisa, e que se mantém atuante na área de nanotecnologia aplicada a doenças negligenciadas. Ademais, o mapeamento revelou certa interdisciplinaridade, mas circunscrita às ciências naturais.

Quanto às doenças negligenciadas especificamente, constatou-se que há

uma forte atenção dos pesquisadores para a leishmaniose, enquanto a hanseníase permanece ainda mais negligenciada, não despertando interesse dos grupos de pesquisa.

É possível observar também que menos da metade dos grupos de pesquisa identificados estão integrados a outros grupos do mapeamento, revelando baixa densidade de interação e relativamente baixa colaboração mediante coautoria, o que dificulta a constituição de uma rede nacional de colaboração entre os grupos de pesquisa que poderia resultar em avanços e parcerias em termos de pesquisa e políticas públicas.

Ademais, o mapeamento dos grupos de pesquisa revelou que, assim como ocorre na literatura, há uma significativa desconexão entre as pesquisas e as implicações éticas, sociais e riscos, uma vez que essas análises não são incorporadas de forma expressa nas linhas de pesquisa e nas produções científicas dos grupos de pesquisa.

Com base nos dados e análises apresentados neste capítulo, considera-se essencial a realização de estudos de casos com grupos que foram aqui mapeados para compreender as suas concepções sobre as diversas dimensões da pesquisa relacionadas à nanotecnologia relacionadas à nanotecnologia para as doenças negligenciadas, como por exemplo, as principais aplicações nanotecnológicas, os benefícios e os riscos, as políticas de incentivo a essa tecnologia emergente, o financiamento e incentivo à P&D, as redes de colaborações, dentre outras dimensões que serão investigadas no próximo capítulo.

5 AS CONCEPÇÕES SOBRE AS DIMENSÕES DA PESQUISA RELACIONADAS À NANOTECNOLOGIA PARA AS DOENÇAS NEGLIGENCIADAS

Com a finalidade de ampliar as informações sobre os grupos de pesquisa em nanotecnologia aplicada a doenças negligenciadas obtidas mediante o mapeamento, foi realizado um estudo qualitativo de seis grupos de pesquisa.

Os critérios cumulativos para seleção dos grupos consistiram em: a) grupos de pesquisa cadastrados no Diretório de Grupos de Pesquisa no Brasil do CNPq nas áreas de “nanotecnologia”, “nanomedicina”, “nanobiotecnologia”, “nanociência” e “nanotoxicologia”; e b) grupos de pesquisa cujas linhas de pesquisas e produções científicas dos pesquisadores líderes se vinculem a: “doenças negligenciadas” no geral ou alguma(s) da(s) sete doença(s) negligenciadas que são consideradas prioridades de atuação, conforme o Ministério da Saúde: “malária”, “dengue”, “doença de Chagas”, “tuberculose”, “hanseníase”, “leishmaniose” e “esquistossomose”.

Realizou-se então a seleção de cada 10 grupos de pesquisa que preenchessem os critérios acima e que permitissem a execução de uma rota que possibilitasse o maior número de entrevistas presenciais. A primeira seleção contou com grupos das cidades do Rio de Janeiro/RJ, Brasília/DF, Belo Horizonte/MG, São Carlos/SP e Ribeirão Preto/SP, sendo enviado um e-mail para contato com o pesquisador líder, expondo as razões da pesquisa e da entrevista.

Desses 10 primeiros grupos, 3 responderam ao e-mail, sendo que apenas 2 desses grupos tiveram disponibilidade de agenda para participar da entrevista. Na sequência, com os mesmos critérios de seleção, foram contatados outros 10 grupos de pesquisa. Nessa segunda parte, 5 grupos retornaram ao e-mail e 4 aceitaram participar da entrevista.

A partir dessas duas etapas de seleção, os estudos de caso consistiram em entrevistas semiestruturadas com 6 dos 79 grupos de pesquisa que foram mapeados nessa pesquisa. Foram entrevistados cinco pesquisadores líderes e um membro do grupo de pesquisa que foi indicado pelo pesquisador líder do respectivo grupo.

As entrevistas ocorreram durante os meses de setembro a dezembro de 2016, sendo que duas entrevistas foram realizadas presencialmente e as demais foram realizadas via *Skype*.

O roteiro das entrevistas semiestruturadas envolveu 11 dimensões de pesquisa: a) perfil do pesquisador; b) constituição do grupo de pesquisa; c) doenças

negligenciadas e aplicações nanotecnológicas; d) avaliação de riscos e toxicidade; e) grupo de pesquisa e sociedade; f) políticas de nanotecnologia; g) financiamento de pesquisa; h) infraestrutura; i) incentivo à pesquisa e desenvolvimento (P&D); j) redes de colaboração; k) perspectivas e desafios (Apêndice).

Para a análise de cada uma dessas dimensões, os grupos de pesquisas foram nomeados como: Grupo 1 (G1), Grupo 2 (G2), Grupo 3 (G3), Grupo 4 (G4), Grupo 5 (G5) e Grupo 6 (G6).

5.1 CONSTITUIÇÃO E CARACTERÍSTICAS DOS GRUPOS DE PESQUISA

Para melhor compreensão sobre a constituição e características dos grupos de pesquisa entrevistados, esta dimensão se divide em quatro pontos centrais, compreendendo a origem dos grupos de pesquisa investigados, os motivos da escolha pela temática “doenças negligenciadas”, o estímulo para pesquisa em nanotecnologia aplicada a doenças negligenciadas e as competências de cada grupo de pesquisa.

5.1.1 A origem dos grupos de pesquisa investigados

O pesquisador do G1 relatou que ingressou como pesquisador do grupo de pesquisa a partir de 2010 e que já atuava na área de doenças negligenciadas, mas o contato com as aplicações nanotecnológicas iniciou durante as atividades do respectivo grupo que foi constituído no ano de 2002.

Por sua vez, o pesquisador do G2 criou o grupo em 1990, relatando que a nanotecnologia foi incorporada somente em 1999, mas as doenças negligenciadas já eram objetos de pesquisa desde o começo do grupo, onde *“já havia aspectos ligados à hanseníase, ampliando-se para outras doenças, não somente negligenciadas, mas as áreas de oncologia e cardiologia também”*.

O pesquisador do G3 informou que criou o respectivo grupo há aproximadamente 20 anos e que antes da constituição do grupo já realizava pesquisa com nanotecnologia, embora não se utilizasse na época essa terminologia.

Por sua vez, o pesquisador do G4 relatou que criou um grupo de trabalho com mais dois pesquisadores entre 1998 a 2001, focando na expertise de cada membro fundador, que depois tomou uma dimensão maior com a chegada de outros pesquisadores ao departamento.

O pesquisador do G4 ainda comentou que a sua tese de doutorado focou numa

molécula, que é um antifúngico, com aplicabilidade também para o uso no tratamento da leishmaniose. Além disso, já desenvolvia carreadores em uma escala abaixo de 5 micrômetros, microemulsões que são sistemas de 30nm, sendo que a base de pesquisa se constituiu em 1998 e passou-se *“a utilizar o termo da moda que é nanotecnologia”*.

Já a constituição do G5 ocorreu em 2009, sendo que o objetivo inicial foi realizar as atividades, em um campus do interior do Nordeste, que não fossem só voltadas à pesquisa básica, mas que permitissem a formação de *“parcerias com empresas locais para explorar a produção econômica da biodiversidade brasileira”*, agregando *“tecnologia, academia, as vantagens, a cadeia produtiva local, os arranjos locais e a biodiversidade”*.

O pesquisador do G6 relatou que trabalhou com nanotecnologia em seu doutorado e que está na instituição desde 2005, pesquisando tecnologia farmacêutica voltada para o desenvolvimento de medicamentos para doenças como a AIDS, malária, tuberculose, dentre outras, cujas demandas são provenientes do Ministério da Saúde. Também destacou que as suas atividades estão atualmente relacionadas à Fionano, que tem como objetivo *“congregar os grupos, tentar ver onde existe compatibilidade, alguma interface e também centrar as atividades de nanotecnologia [na instituição]”*.

Sobre a constituição do G6, o pesquisador esclareceu que, tendo em vista as suas experiências anteriores com nanotecnologia e doenças negligenciadas, em 2011 o grupo observou *“uma janela de oportunidade de criar um grupo novo ainda que voltado para a área de desenvolvimento [...] com tecnologias de sistema de liberação que não são rotineiros, que não são comprimidos simples [...] e desde lá [...] vem tentando se estruturar, conseguindo alguns projetos, colaborações etc.”*

A partir das contribuições dos entrevistados e das fichas de informações de cada grupo, cadastradas no Diretório de Grupos de Pesquisa do CNPq, é possível observar que a constituição dos grupos 2, 3 e 4 precedem ao estímulo das políticas de nanotecnologia, iniciando as suas atividades entre os anos de 1989 e 1995. Já os grupos de pesquisa 1, 5 e 6 foram constituídos e incorporaram o enfoque da nanotecnologia durante a trajetória de políticas de nanotecnologia.

O G1 foi constituído no ano de 2002, no mesmo ano do Programa Nacional de Nanotecnologia na CAPES, enquanto que o G2 surgiu no ano de 2008, após o lançamento do Programa de Desenvolvimento da Nanociência e Nanotecnologia, do

Programa Nacional de Nanotecnologia e da Política de Desenvolvimento Produtivo que identificou o potencial das nanotecnologias nos setores médico e farmacêutico. Por fim, o G6 foi criado em 2013, logo após o advento da Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia, como visto no capítulo 1.

Quanto aos grupos que já estudavam as doenças negligenciadas e passaram a incorporar pesquisas com aplicações nanotecnológicas, constata-se que todos os seis grupos já se dedicavam a pesquisas para essas doenças.

No entanto, percebe-se que os grupos 1, 5 e 6 identificaram uma janela de oportunidade e incorporaram a tecnologia emergente em suas pesquisas. Por sua vez, os grupos 2, 3 e 4 já desenvolviam tecnologias com menor escala, como as microestruturas, e passaram a adotar a terminologia “nano”, com a definição do padrão dessa escala e ao constatar que as dimensões de suas tecnologias compreendiam de 1 a 100 nanômetros.

5.1.2 A escolha da temática “doenças negligenciadas”

No que tange à motivação para pesquisar as doenças negligenciadas, o entrevistado do G1 esclareceu que:

o problema das doenças negligenciadas como o próprio nome fala é negligenciada. Então, a pesquisa na indústria é mínima. Então se a pesquisa na indústria brasileira já é mínima para o que se considera rentável, imagina para uma coisa que não é. O Poder Público deve ser uma força para se poder fazer esse tipo de pesquisa. É muito triste você ver uma pessoa com leishmaniose, por exemplo... é uma doença cutânea. A gente trabalha com a leishmaniose cutânea, não tem nenhuma implicação interna, sistêmica e você trata com um medicamento que é muito tóxico. Então a pessoa passa muito mais mal pelo tratamento do que pela doença. Isso atualmente é um absurdo e você poderia resolver facilmente isso com o uso da nanotecnologia, só que aí falta incentivo, das próprias indústrias também... não estou colocando toda a responsabilidade no governo não. Falta incentivo das indústrias em querer pesquisar isso, em querer financiar isso.

A partir da perspectiva da motivação pessoal, o pesquisador do G1 ainda acrescentou que “queria trabalhar com nano, [...] queria trabalhar com algo que [...] visse que poderia melhorar a vida das pessoas [...] uma pesquisa que vai servir, que vai ter impacto na sociedade”.

O investigador líder do G2 ressaltou que a motivação veio por incentivo familiar, pois todos os membros de sua família trabalharam/trabalham na área social. Por outra perspectiva de motivação, o G3 pontuou que a motivação surgiu pela

oportunidade de poder usar as ferramentas desenvolvidas no próprio laboratório do grupo e aplica-las para outros problemas, como as doenças negligenciadas.

O pesquisador do G4 informou que no seu doutorado na França, em 1990-1994, já trabalhava com uma molécula que é utilizada para o tratamento de leishmanioses e com sistemas carreadores que modificam a biodisponibilidade, por mais que não fossem nanoestruturados. Da mesma forma, o pesquisador do G6 pesquisou sobre nanotecnologia em seu doutorado e já atuava na área de doenças negligenciadas.

Já o entrevistado do G5 destacou que já pesquisava sobre doenças negligenciadas e que a sua motivação está em desenvolver projetos que ajudem a região do Nordeste.

É possível destacar que há, entre os pesquisadores entrevistados, uma forte motivação pessoal em trabalhar numa área de impacto social, como é o caso das doenças negligenciadas. Ademais, observa-se que a formação acadêmica, bem como os temas das teses desses pesquisadores possibilitaram a aplicação de novas técnicas para investigar essas doenças.

Infere-se ainda que as doenças negligenciadas, enquanto problemas sociais, se traduzem como objeto de investigação dos grupos de pesquisa a partir de motivações pessoais em trabalhar numa área de impacto social e a sua ressignificação se dá de acordo com os interesses, práticas e possibilidades de seus pesquisadores, como entendido por Kreimer e Zabala (2007).

Assim, as motivações pessoais, as formações acadêmicas, as instituições envolvidas e os temas anteriores de pesquisa auxiliaram os pesquisadores na tradução das aplicações nanotecnológicas aplicadas a doenças negligenciadas como objeto de investigação dos grupos de pesquisa.

5.1.3 O estímulo para pesquisa em nanotecnologia aplicada a doenças negligenciadas

Quando indagados sobre como surgiu o estímulo para pesquisa em nanotecnologia aplicada a doenças negligenciadas, se houve algum incentivo de política pública de nanotecnologia, de editais, de redes de colaboração para a constituição e desenvolvimento das atividades do grupo, o entrevistado do G1 não soube informar como e de onde surgiu o estímulo, mas pontuou que *“em 2004 até*

2010, a pesquisa para a nano era bem incentivada, para as doenças negligenciadas também. Agora se tirou incentivo para tudo [...] Teve um edital recente da FINEP que foi para nano [...]”.

O pesquisador líder do G2 relatou que quando chegou ao Brasil em 1989, já veio com uma bagagem de associação com empresas e que *“não foram políticas públicas verdadeiras que provocaram isso. Foi uma demanda interna, pessoal [criada] com associações, não somente com governos, mas também com empresas”.*

Quando questionado se o grupo se beneficiou dos incentivos das políticas de nanotecnologia, como por exemplo, os editais de redes, o SisNANO, o pesquisador do G2 é enfático ao afirmar que:

o SisNANO tentamos entrar, mas nunca conseguimos. É uma política de alguns pesquisadores que não deixam. A verdade é essa [...] Nós tentamos entrar todo ano. É uma disputa de pesquisadores e não relacionada a uma política pública verdadeiramente. O SisNANO [...] beneficia muitos poucos grupos. E quanto à questão da FINEP, ela é mais democrática, assim como o CNPq e CAPES. Elas nos beneficiaram com muitos recursos.

No mesmo sentido, o pesquisador do G3 também avalia que o grupo não se beneficiou de incentivos de políticas públicas:

o grupo e os trabalhos foram anteriores a qualquer incentivo ou política pública. Eles foram iniciados graças a colaborações entre pesquisadores. Claro que depois com os editais de rede na área de Nanobiotecnologia, principalmente da CAPES, foi possível incrementar e acelerar muitos projetos.

Sobre os editais de redes, o G3 pontuou que

principalmente os benefícios foram com as redes NanoBiotech da CAPES, pois participamos em duas redes uma por Porto Velho e outra por São Carlos, SisNANO ingressamos associados a FIOCRUZ, mas não colhemos muitos frutos devido aos contingenciamentos em pesquisa e a interrupção nos financiamentos. Com as duas redes foi possível manter no lab Pós-Docs e um número maior de alunos de pós-graduação além de uma facilidade maior na obtenção de insumos graças a projeto de 4-5 anos aprovados e já com financiamento pré-aprovado para o período. Além disso, as redes de pesquisa NanoBiotech propiciaram a integração anual com simpósios e congressos onde as informações e trocas de experiências aceleravam o intercâmbio e a aproximação entre pesquisadores com interesses comuns.

Assim como o pesquisador do G4, o pesquisador do G5 também ressaltou a importância das redes de pesquisa NanoBiotech, que facilitaram a consolidação do grupo de pesquisa, em 2009. Na ocasião, o projeto do grupo foi contemplado na área

de nanobiomedicina e *“quase todos os subprojetos giravam em torno de fazer nanobiotecnologia aplicada às doenças negligenciadas”*.

Sobre essa dimensão de pesquisa, o pesquisador do G6 afirmou que já tinha contato com vários grupos e que não houve um edital específico que tenha incentivado a constituição do grupo, mas o grupo submete projetos para várias agências e já foi contemplado algumas vezes.

É interessante observar que, em alguns momentos, os pesquisadores tendem a minimizar o papel das políticas para a nanotecnologia e ao mesmo tempo ressaltam a sua participação em vários editais e fundos que integram as políticas de nanotecnologia.

Destaca-se ainda que é forte a referência aos editais de redes como formas de incentivo à nanotecnologia, sendo que a maioria dos grupos se refere aos editais no âmbito da CAPES, quando houve mais editais de apoio à formação de redes no âmbito do CNPq.

É oportuno retomar que as ações dos principais documentos de políticas destacados no capítulo 1 também se orientam para o apoio à formação de redes colaborativas, de formação e captação em recursos humanos e de consolidação de infraestrutura de laboratórios. Assim, torna-se incoerente relacionar essas ações apenas quando elas estão conformadas em editais, uma vez que estes últimos se depreendem de documentos que constituem políticas de estímulo a essa tecnologia emergente no país.

5.1.4 As competências dos grupos de pesquisa

Quando questionados sobre as competências do grupo, todos ressaltaram a multidisciplinariedade da equipe, com membros das áreas da medicina, biologia, biomedicina, medicina veterinária, odontologia, física, química, biofísica e engenharias. Em especial, o G6 afirmou que funciona muito com base em colaborações, *“até porque [...] a nanotecnologia é uma coisa tão interdisciplinar que é difícil você fazer sozinho, e a gente vê que os projetos ficam mais robustos, ficam mais interessantes quando a gente agrega profissionais de outras capacitações”*.

Percebe-se, contudo, que essa multidisciplinariedade está circunscrita às ciências naturais, como bem demonstrado no Gráfico 2, já analisado anteriormente. Essa afirmação se reforça pelo fato de que, conforme as informações cadastrais

fornecidas por cada grupo, os grupos 1, 2, 3 e 5 pertencem à área das Ciências Biológicas, enquanto que os grupos 4 e 6 se classificam na área das Ciências da Saúde.

5.2 AS DOENÇAS NEGLIGENCIADAS E APLICAÇÕES NANOTECNOLÓGICAS

Esta dimensão de pesquisa visou compreender quais das sete doenças negligenciadas, destacadas neste trabalho, são consideradas como prioritárias e de interesse do grupo de pesquisa, quais aplicações nanotecnológicas descritas no capítulo 2 têm sido desenvolvidas, quais tipos de nanocarreadores foram/são desenvolvidos, se foram/são utilizados novos ou existentes fármacos, se as técnicas desenvolvidas se aplicam para outras doenças.

Ademais, esta dimensão buscou compreender quais são os benefícios que as aplicações nanotecnológicas desenvolvidas oferecem para o tratamento das doenças negligenciadas e quais são os principais obstáculos para o alcance desses benefícios.

O entrevistado do G1 indicou que atua e tem interesse exclusivamente na área de leishmanioses. O pesquisador do G2 já trabalhou com todas as sete doenças negligenciadas consideradas nesta pesquisa, mas atualmente investiga sobre seis delas, com exceção da esquistossomose, e ainda pesquisa sobre cisticercose – doença negligenciada que não foi objeto de análise deste trabalho. Por sua vez, o pesquisador do G3 pesquisa sobre esquistossomose, leishmaniose e malária, enquanto que o entrevistado do G4 tem como foco os antifúngicos, realizando pesquisas para as leishmanioses também.

Por fim, os pesquisadores dos grupos 5 e 6 informaram que atuam em pesquisas para as leishmanioses e esquistossomose, mas que não significa que os grupos não possam trabalhar com outras doenças.

Ao serem questionados sobre as aplicações nanotecnológicas que têm sido desenvolvidas pelo grupo de pesquisa, o entrevistado do G1 indicou que pesquisa sobre tecnologias para liberação de fármacos e desenvolvimento de vacinas. Além dessas duas aplicações, o pesquisador do G2 informou que também desenvolve tecnologias para diagnósticos e medicina regenerativa; o G3 pesquisa aplicações para a liberação de fármacos, desenvolvimento de vacinas e técnicas de diagnósticos; o G4 atua em pesquisas voltadas para a liberação de fármacos; o G5 informou que desenvolve pesquisas para a liberação de fármacos e tecnologias para diagnósticos; e o G6 informou que atua com foco na liberação de fármacos, tanto sintéticos quanto

biotecnológicos.

Ressalta-se assim que os grupos investigados abrangem as três principais áreas de aplicação da nanomedicina: a terapia com a liberação de fármacos e desenvolvimento de vacinas, o diagnóstico e a medicina regenerativa.

Acerca dos diversos nanocarreadores descritos no capítulo 2 deste trabalho, o entrevistado do G1 salientou que não desenvolve nanocarreadores, apenas realiza os testes, citando os nanocarreadores já testados pelo grupo: lipossomas, dendrímeros, micropartículas poliméricas, nanopartículas poliméricas, nanopartículas de lipídios sólidos, lipossomas elásticos, inelásticos, nanoemulsões, nanoesferas de lipídios sólidos, niossomas, nanosuspensões e nanocápsulas.

O pesquisador do G2 destacou que os lipossomas, nanocápsulas, nanoemulsões, nanoesferas, nanopartículas de lipídios sólidos, nanosuspensões, niossomas, nanocristais e nanofibras são exemplos de nanocarreadores já desenvolvidos pelo grupo. Enquanto que o entrevistado do G3 ressaltou que desenvolve apenas dois nanocarreadores: dendrímeros e lipossomas.

Por sua vez, o pesquisador do G4 informou que o laboratório do grupo tem expertise em nanoemulsões e lipossomas. Destacou ainda que o grupo não utiliza dendrímeros, mas utiliza micropartículas, microesferas e nanoesferas.

Já o entrevistado do G6 relatou que atualmente estão trabalhando com nanocristais e nanopartículas de base lipídicas, que engloba nanopartículas sólidas, carreador lipídico nanoestruturado, micro e nanoemulsões etc.

Diferentemente dos demais grupos, o pesquisador do G5 relatou que utiliza algas e o caju, que contêm vários polímeros naturais, para o desenvolvimento de nanocápsulas e nanopartículas para substituir os polímeros sintéticos e mais tóxicos. Trata-se então de polímeros que são mais baratos e biodegradáveis. O pesquisador ainda destacou que o objetivo é o desenvolvimento de polímeros naturais, que substituam os sintéticos, que possam veicular fármacos, para o tratamento das doenças negligenciadas.

Salienta-se que esta diversidade de nanocarreadores se coaduna com as linhas de pesquisa nacionais e internacionais que foram descritas no capítulo 2. Observa-se que assim como evidenciado no citado capítulo, os lipossomas são muito utilizados para a liberação de fármacos no tratamento de doenças negligenciadas.

Quando indagados se os nanocarreadores transportam fármacos já existentes ou novos fármacos, os pesquisadores dos grupos 1, 2 e 3 afirmaram que há as duas

situações, enquanto que o entrevistado do G4 informou que utiliza a Anfotericina B, um fármaco já existente. O pesquisador do G5 destacou que utiliza fármacos existentes, mas que já colaborou com uma equipe que desenvolvia novos fármacos extraídos da flora e fauna amazônica.

O entrevistado do G6 afirmou que utiliza somente fármacos já existentes nos três casos que trabalham, uma vez que “a ideia é utilizar a nanotecnologia meio como uma inovação incremental no sentido de dar um perfil terapêutico um pouco diferente [...], mas que não há problemas de se começar a trabalhar com um fármaco novo também.”

O referido grupo acrescentou que em dois desses 3 casos, o problema reside na baixa biodisponibilidade do fármaco, por isso

a nanotecnologia entra como um incremento dessa biodisponibilidade [...] Num terceiro caso aí é o fármaco praziquantel que é pra esquistossomose, ele tem um sabor extremamente desagradável e quando ele é administrado para criança, ele inclusive gera vômito. Então a criança toma o medicamento, 15 segundos depois ela tá vomitando porque ela não consegue reter o medicamento por causa do sabor. A ideia é usar a nanotecnologia pra mascarar esse sabor.

Assim, observa-se que as técnicas desenvolvidas se aplicam tanto para potencializar os medicamentos já existentes, melhorando sua biodisponibilidade e reduzindo os efeitos secundários, quanto para se associar a novos medicamentos.

No que tange aos benefícios potenciais que as aplicações nanotecnológicas desenvolvidas pelo grupo de pesquisa oferecem para o tratamento das doenças negligenciadas, o pesquisador do G1 avaliou as situações para a leishmaniose visceral e cutânea:

na leishmaniose visceral melhora em relação ao fármaco livre porque você concentra, porque como é um nucleolipídicos, a tendência é se acumular no fígado, onde ocorre o metabolismo de formulações mais lipídicas e é justamente o órgão principal infectado pela leishmaniose. A gente aumentou a eficiência do fármaco pelo fato de ter uma liberação mais direcionada. Então para leishmaniose visceral seria isso, você diminui os efeitos sistêmicos porque está acumulando o fármaco no alvo-órgão. Para a leishmaniose cutânea a gente também testou essa formulação, mas eu não considero uma formulação ideal porque você acaba tendo um efeito sistêmico por mais que o fármaco se concentre. Estamos fazendo agora um implante, você põe direto na lesão, essas micropartículas não saem da lesão, não são absorvidas pelo sistema e não vai gerar um efeito sistêmico e tóxico e aí eu consigo tratar uma infecção localizada com uma formulação localizada. Tem vantagem tanto para visceral quanto para cutânea

Também para o tratamento das leishmanioses, o entrevistado do G2

identificou a formulação de novas vacinas mais eficazes, novos sistemas vacinais que não demandam revacinação. De um modo geral, ainda destacou a possibilidade de novos sistemas de entrega que provocam melhora no diagnóstico de doenças negligenciadas e novos sistemas portáteis de diagnósticos.

Sobre essa questão, o pesquisador do G3 se limitou em ressaltar que o grupo já conseguiu patentes para diagnóstico de alta sensibilidade para a leishmaniose e ainda desenvolveu um sistema de vacina, mas que não foi patenteado. O pesquisador do G4, que também pesquisa sobre leishmanioses, destacou a possibilidade de se alterar a biodisponibilidade quando se trabalha em nanoescala, de tal forma a otimizar a dose e direcioná-la para o local específico. Enquanto que o pesquisador do G5 ressaltou a ausência de toxicidade por não desenvolver nanocarreadores sintéticos, mas sim à base de polímeros naturais.

O pesquisador do G6, que atua em pesquisas voltadas à leishmaniose e esquistossomose, apontou como benefícios da nanotecnologia, especialmente para a última doença, o mascaramento de sabor porque existe uma demanda mundial hoje para desenvolvimento de medicamentos com foco em pediatria:

Só pra contextualizar, basicamente todos os medicamentos que estão no mercado que são utilizados em crianças, eles fazem uso de uma coisa que nós chamamos de off-label, ou seja, eles foram desenvolvidos e testados em adultos e aí com o tempo começam a ser testados em crianças, mas não foram desenvolvidos pra esse grupo. E criança não é um adulto pequeno, ela tem uma fisiologia, uma bioquímica toda diferenciada, uma psicologia também toda diferenciada, então a gente ta tentando entrar com nanotecnologia e é uma coisa mais desafiadora ainda que é utilizar a nano para o desenvolvimento de medicamentos para o público pediátrico também.

Outro benefício terapêutico destacado pelo pesquisador do G6 é a biodisponibilidade porque “basicamente 70% dos princípios ativos [que] tem hoje no mercado, [...] tem algum problema de biodisponibilidade”. Além disso, é possível identificar o benefício da vetorização, ou seja, direcionar o princípio ativo para a célula específica, evitando que ele gere efeitos colaterais.

Por outro lado, quando questionados sobre os obstáculos para se alcançar os referidos benefícios, o entrevistado do G1 apontou o alto custo dos testes de toxicidade e o G3 mencionou a falta de apoio. Já o pesquisador do G2 argumentou que os obstáculos são provenientes da política, uma vez que

Todo mundo sabe que não há lógica quando você tem uma solução nacional que é melhor do que qualquer outra solução de outro país e você não utiliza. Isso é uma questão de política, de apoio político e de até mesmo competição entre os pesquisadores que estão dentro das agências de fomento. Nós que

estamos em grupos multidisciplinares, vemos que há competições entre grandes grupos. Tratando-se de uma questão política tanto acadêmica quanto pública.

Quanto ao desenvolvimento de ensaios clínicos, os pesquisadores dos grupos 1 e 3 informaram que apenas realizaram/realizam ensaios pré-clínicos, sendo que o entrevistado do G1 salientou que não tem todas as certificações necessárias para fazer teste clínico, mas que já há uma articulação para a formação de parceria com outro laboratório da própria universidade com intuito de realizar os testes com todas as certificações necessárias. Apenas o entrevistado do G2 indicou que quase todos os diagnósticos são clínicos:

Quase todos os nossos diagnósticos já são clínicos. Pouquíssimos são pré-clínicos, envolvendo novas drogas. A maior parte envolve ensaios com pacientes... ensaios grandes. Aqui desenvolvemos e testamos porque temos o Hospital das Clínicas que é um dos maiores do país que é considerado o maior do interior, com o maior número de atendimentos. Temos grandes parcerias com vários médicos. Temos um centro de referência de dermatologia sanitária de hanseníase. Nós temos mais de 5000 contatos de pacientes e mais de 1000 pacientes já analisados. Isso só em hanseníase, tuberculose temos o mesmo tanto, leishmaniose temos milhares... Também trabalhamos com o Maranhão, atendemos vários estados que são parceiros. Maranhão, Manaus, Amazonas, Pará, Tocantins, Bahia [...] Atendemos muitos estados do norte e nordeste que são carentes de tecnologia.

Ao final dessa dimensão de pesquisa, todos os grupos afirmaram que as técnicas utilizadas podem ser aplicadas a outras doenças e não somente para doenças negligenciadas. Salienta-se que no caso do entrevistado do G2, todas as técnicas desenvolvidas foram adaptadas para doenças negligenciadas posteriormente, não sendo desenvolvidas exclusivamente ou primeiramente para essas doenças. O pesquisador do G3 ressalta que *“as técnicas já são aplicadas no SUS para dengue [e que há] diagnósticos desenvolvidos para tuberculose, HPV, leishmaniose, hanseníase, Chagas, HIV [...]”*.

Sobre essa possibilidade de desenvolvimento de aplicações nanotecnológicas para outras áreas, além das doenças negligenciadas, o entrevistado do G1 ressaltou que *“elas [as aplicações nanotecnológicas] podem ser aproveitadas para outras doenças, mas não é o [...] foco principal”*. O pesquisador do G2 afirmou que são desenvolvidas *“plataformas multiusuárias para vários tipos de doenças”*.

Da mesma forma, o entrevistado do G3 reforçou que *“a [...] linha de pesquisa é muito mais abrangente, a nanotecnologia é uma ferramenta dentro dos objetivos que queremos alcançar”*, sendo que o pesquisador do G4 desenvolve pesquisas

voltadas para antifúngicos que também podem ser aplicadas para o tratamento das negligenciadas. Por fim, o entrevistado do G6 salientou que também tem uma linha de pesquisa para a AIDS.

É possível constatar avanços em técnicas e aplicações nanotecnológicas para o tratamento das doenças negligenciadas desenvolvidas pelos grupos de pesquisa entrevistados.

Observa-se que há um forte interesse na utilização de nanotecnologia para o tratamento das leishmanioses e um baixo interesse em hanseníase, assim como se verificou no mapeamento do capítulo 3 sobre as capacidades de pesquisa de todos os grupos que dedicam à nanotecnologia aplicada a doenças negligenciadas.

Inferese também que há uma diversidade de nanocarreadores que são desenvolvidos, assim como descrito no capítulo 2, com destaque para a utilização de lipossomas. Ademais, salienta-se que todas as técnicas e aplicações desenvolvidas são aplicáveis no tratamento de outras doenças.

Verifica-se ainda que a maioria das pesquisas se encontra na fase de ensaios pré-clínicos e que as três principais áreas da nanomedicina são contempladas: nanoterapia com a liberação de fármacos e desenvolvimento de vacinas, o nanodiagnóstico e a medicina regenerativa.

No que tange aos benefícios das técnicas e aplicações nanotecnológicas, destacam-se a biodisponibilidade, redução da toxicidade e dos efeitos colaterais, a otimização e direcionamento da dose para o local específico, formulação de novas vacinas mais eficazes, melhora no diagnóstico e possibilidade de novos sistemas portáteis de diagnósticos.

Em contrapartida, os obstáculos para o alcance desses benefícios envolvem o alto custo dos testes de toxicidade, a falta de apoio e de políticas fortes para essa área estratégica.

Ademais, é interessante observar, nesta seção, as diferentes leituras de cada grupo sobre quais nanotecnologias são adequadas para o tratamento das doenças negligenciadas. Pode-se perceber que diferentes nanocarreadores são utilizados para tratar a mesma doença negligenciada, haja visto os benefícios e riscos identificados para cada um deles. Alguns grupos de pesquisa focam no desenvolvimento de nanocarreadores, outros em diagnósticos e outros tantos em vacinas, o que denota uma flexibilidade interpretativa, como caracterizada por Pinch e Bijker (2008), que permite a criação de artefatos distintos para o mesmo problema social.

5.3 AVALIAÇÃO DE RISCOS E AS DIMENSÕES ÉTICAS E SOCIAIS DA PESQUISA

Nessa dimensão de pesquisa, os grupos foram questionados sobre como são realizados e avaliados os testes de toxicidade e quais os resultados que já foram identificados. Ademais, buscou-se compreender as concepções dos pesquisadores entrevistados sobre as dimensões éticas e sociais da nanotecnologia aplicada a doenças negligenciadas.

O entrevistado do G1 destacou que são realizados vários testes tanto in vivo quanto in vitro para determinar a toxicidade ou não de determinada formulação, avaliando que *“geralmente as partículas poliméricas são menos tóxicas”*. O pesquisador também ponderou que os dendrímeros são formulações mais tóxicas e que por isso pararam de utilizá-los.

O entrevistado do G2 afirmou são seguidos os protocolos universais, culturas de células, ensaios pré-clínicos. Ressaltou ainda que não há testes de toxicidade para diagnósticos. Quando indagado sobre os resultados da toxicidade, o pesquisador relatou que *“nanocristais convencionais produzidos no mercado são altamente tóxicos”*, mas o que o grupo desenvolve são *“nanocristais em tamanho mágico, menores de 2nm”*, pois os *“cristais menores são menos tóxicos”*.

Já o pesquisador do G3 informou que *“os testes foram feitos em paralelo usando sistemas de animais modelos e/ou em cultura de células e dependendo do sistema foram encontrados ou não toxicidades”*. Acrescentou ainda que a *“toxicidade tem que ser avaliada não em relação à quantidade, mas sim relacionada com tamanho, tipo de veiculação, sistema de administração”*.

Nesta dimensão, o pesquisador do G4 afirmou que o grande desafio inicial era *“desenvolver carreadores terapêuticos lipídicos para reduzir a toxicidade dessa molécula [molécula trabalhada no doutorado do pesquisador, com aplicação para a leishmaniose] com um custo mais barato”*. E, ao trabalhar com essa molécula em um sistema nanométrico, foi possível reduzir os efeitos tóxicos, uma vez que tal molécula é extremamente tóxica em escala macro.

Contudo, o entrevistado do G4 ponderou que há incertezas sobre a toxicidade dessas nanoestruturas e defendeu o estudo da nanotoxicologia:

A gente não sabe o que vai acontecer com essa estrutura nano no organismo... talvez a gente esteja gerando uma toxicidade que a gente não sabe, não sabe o que vai acontecer porque a gente consegue transpor

barreiras que até então era intransponível... Então a gente não sabe, não é só uma questão de biocompatibilidade, com as ferramentas de compatibilidade que a gente conhece... então eu acho que esse seja um dos grandes desafios, a Nanotoxicologia que a gente vai ter que estudar no futuro

O pesquisador do G5 ressaltou que optou por pesquisas que envolvem polímeros naturais, provenientes de algas e do caule do caju, justamente porque os nanocarreadores sintéticos apresentam uma toxicidade elevada e isso dificulta a regulação da tecnologia.

O entrevistado do G6 buscou avaliar essa dimensão em duas partes: a toxicidade do medicamento e a toxicidade ocupacional, em função daqueles trabalhadores que estão na linha de desenvolvimento, realizando os ensaios. Sobre o primeiro aspecto, argumentou-se que “não tem uma legislação muito clara sobre o que tem que ser efeito em relação à nanotecnologia para trabalhar com segurança, por mais que já existam alguns grupos se dedicando a isso, não tem nada efetivamente legislado”.

Sobre o ponto de vista experimental, dentro do laboratório, o G6 salientou que

A gente tenta trabalhar com os equipamentos de proteção individual que a gente tem disponíveis né, mas é importante ponderar que o tipo de nanopartículas que a gente tá trabalhando no grupo hoje ela tá basicamente em suspensão, ou seja, ela tá dispersa no meio líquido e ela não tá muito disponível pro ar, pro ambiente. Então o potencial inalatório que a pessoa poderia ter dessa nanopartícula dentro do sistema que a gente trabalha hoje ele não seria muito grande. O segundo ponto é que o tipo de nanoestrutura tá trabalhando, ele já é de alguma maneira um pouco mais biocompatível [...] uma coisa é você trabalhar com nanotubos de carbono, outra coisa é você trabalhar com nanopartículas lipídicas. São grupos lipídicos que são biocompatíveis, então tem uma diferença nessa história.

Além disso, o pesquisador do G6 reforçou que não trabalha com nanopartículas metálicas, que são reconhecidamente um pouco mais tóxicas. Quanto à avaliação de toxicidade dos medicamentos, o grupo ainda está na etapa intermediária dos projetos e ainda não realizou os testes. Porém, o grupo informou que já existe toda uma legislação, ainda que não específica para a área de nanotecnologia, do que tem que ser feito, um protocolo a ser seguido, já padronizado pela ANVISA.

No que tange à análise das implicações éticas e sociais da pesquisa, o G1 ponderou que não há “*como ter uma real avaliação, mas a [...] ideia é que vá melhorar muito a vida do paciente, principalmente para as populações que não têm fácil acesso a deslocamento para um centro de saúde*”. Isto é, o grupo enfatiza a dimensão ética

do acesso ao tratamento.

Por sua vez, o G2 destacou as dimensões éticas dos impactos da pesquisa na saúde e no ambiente, vinculadas à área de nanotoxicologia, como alternativa para avaliação de riscos, que precisa ser conhecida pelos pesquisadores:

Ele [o pesquisador] tem que conhecer os riscos ambientais inerentes e para a saúde também. Então quando se faz um trabalho é preciso conhecer a Nanotoxicologia, tem que ter as implicações técnicas para demonstrar que aquilo não é tóxico ao meio ambiente e à saúde. Nós temos aqui dentro do laboratório a ANVISA e o IBAMA que vêm para treinar sobre esses aspectos.

Nessa seara, é oportuno salientar que o G3 é o único grupo de pesquisa entrevistado que apresenta uma linha de pesquisa específica sobre “avanços, benefícios e riscos da nanotecnologia aplicada à saúde”. Quando questionado sobre essa linha de pesquisa específica, o G3 relatou que

Essa parte foi desenvolvida em cooperação com uma rede NanoCAPES por 5 anos com o projeto em rede [...]. Fazíamos toda a preparação dos sistemas manométricos e as caracterizações biofísicas e químicas. Depois [o outro grupo] fazia alguns testes de toxicidade, utilizando alguns modelos que eles já tinham desenvolvido. Então, tudo era feito em parceria. Não era algo específico do grupo. Não sei informar como está o andamento dessa parte no projeto, porque o grupo em boa parte se desfez porque não houve continuidade e em 2015 o financiamento da rede cessou.

Destarte, é possível perceber que a maioria dos grupos é bastante ciente sobre a emergência de novos problemas de toxicidade vinculados à nanotecnologia, como nos casos da utilização de dendrímeros enquanto nanocarreadores e de nanopartículas metálicas que são reconhecidamente mais tóxicas, em que pese alguns grupos de pesquisa entrevistados ainda fazerem uso de dendrímeros, por exemplo.

Para superar os possíveis problemas relacionados à toxicidade, os grupos de pesquisa indicam que seguem os protocolos universais e alguns defendem fortemente a necessidade de se incentivar estudos sobre a nanotoxicologia, haja visto a escassez de experiência e pesquisa no assunto, bem como de regulação específica.

É interessante destacar a janela de oportunidade encontrada pelo G5 que optou por pesquisas que envolvem polímeros naturais, provenientes de algas e do caule do caju, justamente porque os nanocarreadores sintéticos apresentam uma toxicidade elevada e isso poderia dificultar a viabilidade da tecnologia num cenário de regulação da tecnologia.

Quanto às implicações éticas e sociais, no geral há pouca clareza sobre o

tema, em que pese alguns grupos se aprofundarem mais nas questões, ao buscarem alternativas para a avaliação de riscos como a nanotoxicologia, bem como ao diferenciar a toxicidade do ponto de vista terapêutico e ocupacional.

Apesar desses esforços, a pouca ciência e atenção a essas implicações convergem com o baixo investimento e a pequena quantidade de editais que buscam apoiar projetos de pesquisa sobre a avaliação de riscos, os impactos éticos, sociais e ambientais da nanotecnologia, bem como sobre a área da nanotoxicologia, como visto no mapeamento do Quadro 2 no capítulo 2, onde se verificou apenas 4 editais que versavam sobre essas questões, totalizando a quantia equivalente a R\$ 8.138.709,00.

5.4 GRUPO DE PESQUISA E SOCIEDADE: DO LABORATÓRIO AO USUÁRIO

Nessa dimensão de pesquisa, procurou-se compreender como o pesquisador avalia o processo do desenvolvimento da tecnologia no laboratório até o usuário final, como se dará o acesso a essa tecnologia pelo público-alvo e se há algum tipo de comunicação ou interação para a divulgação de informação.

O entrevistado do G1 destacou que *“não há uma interação tão grande com o público-alvo (pacientes), justamente por estar dentro de uma universidade, como há num centro como a FIOCRUZ que tem um contato maior com os pacientes porque o tratamento é feito lá”*. Acrescentou ainda que o contato que existe se dá por meio de um programa que acontece anualmente, organizado pela própria universidade, com o intuito de visitar e conhecer a instituição. Na ocasião, o grupo procura participar para conscientizar a população, especialmente sobre a leishmaniose (objeto de estudo do grupo).

Já o entrevistado do G2 informou que utiliza a mídia eletrônica para divulgação dos trabalhos e os diferentes meios de comunicação (jornais, por exemplo) divulgam principalmente as premiações do grupo de pesquisa que compreendem 25 prêmios nacionais e internacionais, além do depósito de 26 patentes.

Por sua vez, os entrevistados dos grupos 3 e 4 afirmaram que não há qualquer interação ou comunicação com a sociedade sobre as atividades do grupo de pesquisa, salientando que não há uma linguagem apropriada para que o leigo entenda o que é desenvolvido pelo grupo.

Quando questionados sobre o acesso à tecnologia pelo público-alvo, o pesquisador do G1 ponderou que ainda demorará para chegar à população, mas adiantou que já há um projeto bem estruturado para conseguir ingressar com a

tecnologia no mercado, uma vez que se trata de uma formulação com uma dose única e sem efeito sistêmico para o tratamento da leishmaniose, com liberação do fármaco por 30 a 60 dias no local da lesão.

A dificuldade no acesso à tecnologia também poderá ocorrer devido “ao financiamento intermitente que causa muitas vezes o bloqueio de uma linha de pesquisa pela falta de continuidade”, conforme o posicionamento do pesquisador do G3. Afinal, há a necessidade de um investimento contínuo para realizar o experimento, repeti-lo, realiza-lo em uma escala maior e então avaliar se é o caso de testar em humanos.

Para essa dimensão de pesquisa, o entrevistado do G2 destacou primeiramente os diferentes públicos-alvo das atividades dos grupos:

Por exemplo, se trabalhamos com a leishmaniose, precisamos trabalhar com o pessoal da veterinária, atendendo os cães que são sacrificados. Nós temos que desenvolver sistemas terapêuticos e vacinais que não precisem sacrificar o cão. Nós trabalhamos com a associação das pessoas com hanseníase, com câncer (que não é doença negligenciada) e a gente trabalha com as secretarias de saúde que estão envolvidas em atender à população no caso de diagnóstico.

Quanto ao acesso às tecnologias pelos diferentes públicos-alvo, o entrevistado do G2 argumentou que:

A tecnologia que desenvolvemos é para substituir os importados e também para melhorar a situação. Queremos desenvolver tecnologias para o SUS que permitam a avaliação rápida, precisa e barata. Então esse é o nosso objetivo, atingir a população em larga escala com tecnologia de altíssimo nível, mais barata. O que a gente está desenvolvendo sistemas portáteis semelhantes ao de glicose para o tratamento de diabéticos, tentando transformar isso numa coisa generalizada e universal para outras doenças negligenciadas.

Nesse ponto, o pesquisador do G6 enfatizou sobre a necessidade da análise de viabilidade econômica da tecnologia e afirmou que o grupo trabalha nessa perspectiva desde o início do projeto, ou seja, buscando compreender qual é o foco, o direcionamento e as limitações orçamentárias em termos de compra do Ministério da Saúde.

O pesquisador do G6 acrescentou ainda que a tecnologia que está sendo desenvolvida não é extremamente cara, uma vez que ela já envolve equipamentos de uso comum da indústria farmacêutica, citando como por exemplo os nanocristais. Trata-se de uma tecnologia relativamente fácil de se escalonar e que não acarreta

custos elevados para o desenvolvimento e produção do produto. Todavia, pondera que algumas outras tecnologias, como por exemplo, um medicamento fitoterápico com vetorização, são mais caras. Assim, quando determinada tecnologia de alto custo é desenvolvida para o tratamento de câncer, o poder de compra aumenta e há uma facilidade maior de dispêndio de recursos por parte do Ministério da Saúde. Por essas razões, o entrevistado do G6 reconhece que

O grande desafio é você usar isso [medicamento fitoterápico com vetorização] para doença negligenciada porque aí a grande indústria farmacêutica não quer investir e o Ministério também não quer pagar. Não adianta fazer um medicamento para a esquistossomose que custa R\$200 a dose. O Ministério não vai pagar, isso é fato.

Verifica-se a baixa articulação entre os grupos de pesquisa e a sociedade, por julgarem que a linguagem é extremamente técnica e incompreensível por aqueles que não são pesquisadores na área. Quanto ao acesso à tecnologia, percebe-se que os argumentos de baixa viabilidade econômica, o baixo poder de compra do governo e o desinteresse das indústrias farmacêuticas para o tratamento de doenças negligenciadas são recorrentes também para a nanotecnologia, assim como ocorre com as tecnologias convencionais.

5.5 POLÍTICAS DE NANOTECNOLOGIA

Na primeira parte desta dimensão, questionou-se como os pesquisadores avaliam as políticas em nanotecnologia na área da saúde no país, se as políticas promoveram/promovem o fomento da área.

O pesquisador do G1 ponderou que não há uma política na área e que “o país está travando o desenvolvimento da pesquisa porque não há regulamentação [...] por falta de legislação”. Destacou que “ainda que se consiga fazer uma formulação ótima, que contenha todos os testes corretos [...] não se sabe se a gente vai ter como regulamentar, como realmente aprovar pela ANVISA [...]”.

Nesse ponto, o entrevistado do G2 retomou a crítica ao SisNANO e argumentou que

Atualmente o governo não tem pessoal especializado sobre o assunto, por isso que há gente da ANVISA aqui. O SisNANO por exemplo é coordenado por pesquisadores que deixam ou não deixam você entrar. Trata-se de uma política governamental controlada por acadêmicos. Não existe um critério verdadeiro sobre quem faz o que ali. Não existe financiamento governamental para a nano, ao não ser para o SisNANO que faz o investimento anual nos grupos. Ou seja, aqueles que não fazem parte do SisNANO, não tem acesso aos recursos [...] fortalece os

grupos existentes, em um grupo restrito e aqueles que estão fora tentam entrar e trabalham com recursos muito menores.

Sobre a mesma crítica, o pesquisador do G6 concorda que a rede do SisNANO poderia ser ampliada, mas por outro também entende que

se você ampliar, você divide muito recurso e aí todo mundo fica mais ou menos e ninguém fica bem demais. É uma escolha de Sofia [...] Eu acho que foi uma iniciativa boa sim, que pode ser melhorada, que pode ser ampliada, mas assim, no momento não tá dando para ampliar nada no Brasil, talvez daqui a alguns anos, com uma situação financeira um pouco mais confortável, as coisas voltem a melhorar e aí outros grupos possam entrar também.

Já o pesquisador do G3 argumentou que “atualmente não temos políticas nesta área, os financiamentos foram reduzidos e não existem demandas nestas frentes devido a crise e contingenciamento em pesquisa”.

Por essas razões, o pesquisador do G3 defende que

a pesquisa na área básica ainda que a aplicação esteja um pouco distante tem que ser incentivada e ter uma demanda contínua [...] Há a necessidade que as empresas no Brasil deem uma contrapartida, o que não é feito. No Brasil há pouco investimento de empresa privada na pesquisa. Aqui a pesquisa é tocada integralmente pelo Estado. Deveria buscar se desenvolver uma política de incentivo de redução de impostos quando a própria empresa já está fazendo um desenvolvimento [...]

Da mesma forma, o G4 também avaliou que

nós não temos política alguma, acabou tudo o que a gente tinha para desenvolvimento, de ciência no Brasil. Mas ao longo dos últimos 20 anos, nós tivemos muitos recursos, muitos editais voltados para a área de nanotecnologia [...] nós criamos [...] um doutorado na área, na área de farmácia especificamente. Criou-se editais específicos que a gente pode se beneficiar.

Por sua vez, o entrevistado do G5 argumentou que as políticas brasileiras são feitas por projetos ou programas que têm a duração máxima de 4 anos, o que dificulta a avaliação dessas iniciativas.

Por outra perspectiva de análise, o pesquisador do G6 avaliou que há a ausência de uma política que aproxime a indústria e a academia:

Eu acho que falta de fato uma política um pouco mais consolidada para incentivar essa relação entre a indústria e a academia. Também não é problema da nanotecnologia, a gente tem problema em todas as áreas. Mas eu acho que falta um pouco isso [...] É obvio que eu sei que [...] têm alguns projetos ligados à academia, mas assim a dificuldade disso se tornar um pouco mais robusto, dessas parcerias serem um pouco mais consolidadas é enorme, aí sim eu acho que o governo poderia ter um papel um pouco diferenciado

No que tange especialmente às doenças negligenciadas, o entrevistado do

G1 argumentou ainda que as políticas brasileiras em nanotecnologia não priorizam a pesquisa na área das doenças negligenciadas e avaliou que no começo as políticas até buscaram fortalecer a formação e continuidade do grupo de pesquisa, mas que hoje isso não é mais tão efetivo, pois *“parece que agora diminuiu e parece que acaba sendo um esforço do pesquisador”*.

Nessa mesma linha, o pesquisador do G2 reforçou que *“se o SUS optasse por mudar os procedimentos atuais para procedimentos nacionais, ele teria uma redução de custos fantástica [...] têm que ter uma gestão ligada ao pesquisador nacional, não ao internacional”*.

Em contrapartida, o entrevistado do G3 afirmou que *“atualmente há um apelo para doenças virais, pela repercussão especialmente da dengue e demais variantes (Zika, Chikungunha etc)”*.

No que tange o incentivo das políticas brasileiras em nanotecnologia na avaliação de riscos e a análise das implicações éticas e sociais, o pesquisador do G1 se limitou a informar que tem conhecimento que o *“Inmetro está com um projeto bem legal para fazer parcerias com os grupos para uniformizar os testes de toxicidade que existem”*, enquanto que o entrevistado do G3 informou que não *“sabia responder neste aspecto”*.

Sobre essa mesma questão, o entrevistado do G1 argumentou sobre a necessidade de se discutir sobre os testes de toxicidade de cosméticos e não somente de medicamentos, considerando que *“se passa o cosmético hidratante umas 4 vezes ao dia e o medicamento uma vez [...], [sendo necessário] um “controle muito mais rigoroso para os cosméticos”*.

Com um enfoque mais centrado nas políticas, o pesquisador do G2 argumentou que

na verdade, atualmente essas políticas são dominadas pela FIOCRUZ, principalmente na área da saúde. Então, tudo passa pela FIOCRUZ ou pela Biomanguinhos que é a indústria autorizada governamental para produzir os fármacos e os sistemas diagnósticos. [...] a solução para a leishmaniose veio de Seattle, sendo que nós temos soluções muito melhores aqui dentro do país [...] Hoje existem outros protocolos muito mais sensíveis, mais rápidos, melhores e o país não está usufruindo dessas benesses que foram desenvolvidas aqui. Existe uma política dominada por alguns e nós não sabemos quem são eles.

Observa-se que alguns grupos não reconhecem a existência de políticas públicas para essa área estratégica, relacionando a ausência de políticas com a falta de investimentos financeiros em pesquisa. Em outro ponto, reconhece-se a existência

de políticas, mas pontua-se a distância entre a academia, governo e indústria, sendo que a falta de regulamentação da tecnologia também aparece como um óbice para a formulação de políticas na área.

5.6 FINANCIAMENTO E INCENTIVO À P&D

Essa dimensão de pesquisa buscou investigar se o grupo de pesquisa teve/tem projetos de pesquisa que foram aprovados por meio de editais do CNPq, da CAPES, do DECIT/MS e da FINEP relacionados à área de nanotecnologia, se esses editais contemplavam/contemplam pesquisas para as doenças negligenciadas, se os valores dos recursos provenientes foram adequados.

Ademais, procurou-se analisar se o financiamento facilitou a consolidação da infraestrutura, se há a participação de empresas nas atividades desenvolvidas pelos grupos de pesquisa e como está se desenvolvendo a inovação nessa área.

O entrevistado do G1 relatou que o grupo de pesquisa já teve vários projetos na área de nanotecnologia e doenças negligenciadas aprovados por meio de editais do CNPq e do DECIT/MS. Em especial, o mesmo entrevistado destacou que recentemente foi submetido um projeto na área de nanotecnologia para uma chamada geral que visa a constituição de *startups*, com o intuito de prospectar as tecnologias para o mercado. Apesar da participação em vários editais, o pesquisador avaliou que os recursos não são suficientes para o que o grupo se propõe a desenvolver.

Por sua vez, o pesquisador do G2 observou que houve vários editais exclusivos do DECIT e da FINEP tanto para doenças negligenciadas quanto para a nanotecnologia, além de editais de nanobiosistemas para aplicações generalizadas, cujos “valores foram razoáveis [...], em alguns momentos com valores bem altos (R\$ 1.000.000,00), em outros com valores bem baixos (R\$ 50.000,00) por causa do aporte financeiro, dependendo muito do edital”.

Todavia, o entrevistado do G2 relatou que o

laboratório não recebe recursos desde 2015 e nós estamos vivendo com remanescentes de 2014 e isso é muito ruim, para todos, porque a gente começa a diminuir o impacto das soluções que a gente cria, mesmo com a criatividade que a gente tem. Ou seja, não temos dinheiro, então temos que partir para uma solução mirabolante, chega um momento que vai esgotar porque não tem recurso. Então está mais ou menos assim, o governo não aporta recursos desde 2015.

Apesar da atual situação financeira do grupo, o mesmo entrevistado reconheceu que já recebeu grande aporte de recursos públicos e privados:

Em 2003-2004 tivemos um grande aporte de recursos, e também tivemos uma grande empresa multinacional que fez um grande aporte nesse período no valor de R\$2 milhões de euros que representa hoje R\$8.000.000,00 de reais, ou seja, muito dinheiro. Fora que o governo também colocou muito recurso aqui nessa época. Em 2009 tivemos recursos de parcerias público-privadas, ou seja, tinha uma demanda governamental e uma demanda privada e eles encontraram um tema comum e isso acabou tendo um grande aporte em 2008-2009 aqui que gerou esse laboratório.

Por sua vez, o pesquisador do G3 avaliou que os valores dos recursos foram e são insuficientes e que somente tiveram projetos da CAPES nestas vertentes de nanotecnologia e quanto aos projetos financiados por meio de editais do DECIT/MS.

O entrevistado do G4 relatou que o primeiro orçamento que o grupo recebeu era ínfimo, no valor de R\$1900,00, mas que a partir de 2003, houve avanços em termos de participação em editais nacionais e internacionais, fortalecendo as atividades desenvolvidas. O grupo destacou que houve a criação de uma rede só de nanotecnologia farmacêutica, financiada pela CAPES, que permitiu a criação de um doutorado em nanotecnologia farmacêutica.

Quanto aos valores dos recursos, o entrevistado do G5 avaliou que “a quantidade de recurso foi suficiente, nos primeiros projetos embrionários, para fazer as primeiras patentes no Brasil, as primeiras publicações, as primeiras teses de mestrado, doutorado, criar os primeiros grupos”. Porém, ponderou que

Ninguém fala mais de nano nos Ministério, então, qual a conclusão disso? A maioria dessas pesquisas vão terminar as primeiras publicações e vão morrer, enquanto os países que estão desenvolvendo e usando a nanotecnologia para ganhar dinheiro, já estão lançando a segunda edição de editais, que vão ter melhoria das patentes, melhoria dos processos, redução de custos, produção piloto, até chegar em editais maiores de entrosamento de indústrias.

Da mesma forma, o pesquisador do G6 destacou que houve bons investimentos em nanotecnologia e que o país tem laboratórios bem consolidados. Todavia, reconhece que

de 2 anos pra cá as coisas pioraram um pouco em função da própria situação econômica que o país vem passando. Alguns editais não foram lançados, teve editais que foram lançados, a gente teve projeto aprovado, mas não teve recurso liberado. Então de uns anos pra cá a coisa vem piorando um pouco.

Apesar das limitações financeiras, o mesmo pesquisador afirmou que o grupo teve recentemente dois projetos contemplados pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), com recursos significativos para realizar desenvolvimento. Contudo, o grupo critica os órgãos de fomento pelas

seguintes razões:

O que eu acho que faltam de órgãos de fomento, principalmente, o que eu to falando de órgão de fomento nesse caso aí é CNPq, Capes e as fundações de amparo à pesquisa, exclui-se daí Finep, BNDES. Esses órgãos mais gerais que estão muito ligados à academia, eles não conseguem entender que para fazer desenvolvimento tecnológico o investimento é pesado. Não adianta você achar que você vai ganhar um recurso de R\$ 30.000,00 reais e vai fazer desenvolvimento tecnológico porque você não vai. Só que falta em todos esses agentes, falta pessoal com visão industrial. Eu acho que essa é uma das principais críticas ao sistema. São todos acadêmicos que não tem experiência industrial, nunca pisaram numa indústria, nunca entraram numa indústria, não conhecem o sistema regulatório, não conhecem o sistema econômico, não conhecem nada desse setor, mas liberam verba pra esse setor, e não faz o menor sentido. Então eu acho que falta um pouco de autocritica dessas agências de tentar melhorar um pouco o quadro, até de revisores, de ad hoc que eles usam, para projetos voltados para fomento tecnológico. Não adianta fomentar só a ciência e não fomentar a tecnologia. Não adianta também pesquisador achar que ter patente significa que tem produto, não tem.

Conforme o Quadro 2 deste trabalho, em 2008 houve a publicação de um edital específico de nanotecnologia para doenças negligenciadas (R\$ 17 milhões), que priorizou apenas a leishmaniose, ou seja, sem que houvesse um destino a outras doenças negligenciadas e que após isso, não houve mais nenhum na mesma linha ou com um valor próximo a esse. Sobre essa situação, o pesquisador do G1 ponderou que *“foi para estabelecer as redes, foi o momento para estabelecimento das redes, e depois seguiram sozinhos”*.

Sobre outras fontes de financiamento, como a participação de empresas, o pesquisador do G1 informou que já houve uma participação de empresas, mas que *“não era uma participação fixa, era um incentivo do governo [...] onde a empresa financiava a pesquisa sobre doenças negligenciadas na universidade, ela ganhava algum tipo de isenção”*. Contudo, atualmente não há participação de empresas, em que pese o grupo ter muito interesse em firmar parcerias com a iniciativa privada, assim como o entrevistado do G3 que informou que não há participação de empresas nas atividades desenvolvidas pelo grupo.

Em contrapartida, o entrevistado do G2 tem 11 empresas que estão associadas ao INCT que é coordenado pelo próprio pesquisador líder do respectivo grupo, além de outras 4 que já se associaram oficialmente:

Então, hoje temos 15 empresas, sendo várias multinacionais que têm demanda não para doenças negligenciadas, exceto para a leishmaniose que existe demandas importantes para vacinas, para fazer uma vacina terapêutica e vacinal preventiva. Então, existem algumas demandas interessantes. Essas empresas aportam recursos em forma de bolsas e de

custeio, e às vezes fornecem equipamentos ou treinamento no exterior dependendo do caso, se tiver algo que não temos aqui, aí vai treinar fora... Aconteceu uma única vez, mas é possível.

Constata-se que os editais provenientes das agências de fomento viabilizaram o financiamento das pesquisas e há uma forte procura dos grupos em obter financiamentos de empresas privadas em razão do atual cenário brasileiro de contingenciamento de recursos públicos.

Nesta dimensão, é relevante relacionar a importância do financiamento para a constituição de infraestrutura de pesquisa, como foi salientado por todos os pesquisadores entrevistados.

O pesquisador do G1 informou que conta com um laboratório próprio, porém o pesquisador não soube informar se houve algum edital específico que financiou essa infraestrutura. Já o entrevistado do G2 relatou que a *“infraestrutura do laboratório utilizado pelo grupo foi financiada por vários editais. Essa infraestrutura toda aqui tem mais de R\$18 milhões. [...] chamamos de core facility [que atende] outros laboratórios e pós-graduações”*.

O pesquisador do G3 afirmou que de forma complementar a participação dos editais garantiu a infraestrutura do laboratório ao grupo. Trata-se de uma *“infraestrutura própria para o preparo e caracterização dos sistemas nanométricos, mas para testes e ensaios de viabilidade, toxicidade, modelos animais, [dependem] de outros grupos que colaborem [...]”*. Da mesma forma, os entrevistados dos grupos 4 e 5 detêm uma infraestrutura própria e bastante consolidada.

Por último, o pesquisador do G6 relatou que está em fase de construção de sua própria infraestrutura de laboratório, com recursos provenientes de dois projetos do BNDES aprovados no ano passado. Até então o grupo utiliza um laboratório já existente na instituição. De acordo com o G6, a construção desse laboratório tem como objetivo

servir inclusive de base pra uma coisa que a gente tá chamando de plataforma de nanotecnologia farmacêutica, que vai ser uma plataforma [...] pra prestação de serviço tanto interno quanto externo. Então se você tem um grupo e você quer desenvolver uma formulação, uma nanoestrutura ou quer caracterizar essa nanoestrutura, a gente vai tentar se capacitar um pouco pra isso, mas voltado muito para o mercado farmacêutico, voltado pra atendimento de demanda assim um pouco de nível mais industrial.

Verifica-se assim que os grupos de pesquisa entrevistados apresentam uma infraestrutura bastante sólida para o desenvolvimento da tecnologia e os editais foram

instrumentos que permitiram a construção das bases de pesquisa.

Por fim, analisou-se a concepção sobre o incentivo à P&D na área da nanotecnológica aplicada a doenças negligenciadas e como está se desenvolvendo a inovação nessa área.

O pesquisador do G1 ponderou que há atualmente um incentivo à P&D, com editais que buscam fomentar as *startups*, diferentemente de anos anteriores, quando a pesquisa básica era muito distante da área de desenvolvimento.

Da mesma forma, o pesquisador do G2 destacou que há um incentivo à P&D por meio de editais e não por um incentivo da universidade:

A universidade não faz esse estímulo, nunca teve na verdade, esta universidade. Não estimula os grupos destas áreas também. É uma universidade mais voltada para o lado acadêmico, e menos de pesquisa científica, infelizmente. Nós estamos no topo do conhecimento hoje aqui e posso dizer que nada fica a desejar em nenhum aspecto em relação ao exterior. O que a gente faz hoje aqui é considerado muitas vezes ficção científica por alguns grupos. O que nós fazemos aqui é muito fora do que as pessoas fazem no país, pois nem todos os grupos têm essa capacidade. Tanto é que muitas pessoas vêm do exterior para treinar aqui, quer dizer, o que temos é uma referência na área de nanotecnologia. E eu acho que isso é um mérito do grupo e não tem a ver com a universidade em si não, porque se você olhar é uma ilha dentro da universidade.

O entrevistado do G3 analisou que o incentivo à P&D na referida área é insuficiente e que por essa razão “o grupo não tem mais o foco em doenças negligenciadas”, dirigindo-se “os estudos na aplicação de sistemas nanométricos na biomineralização (formação de osso)”.

Sobre o incentivo à P&D, o entrevistado do G6 ponderou que falta um investimento mais específico para a parte da industrialização, em que pese não ser um problema exclusivo da nanotecnologia:

O Brasil tem se tornado relativamente bom em fazer ciência, mas tem dificuldade de fazer tecnologia. E aí eu acho que falta uma sensibilidade dos órgãos de fomento em realmente conseguir identificar quais são esses grupos que tem potencial de desenvolvimento de produto. O problema é que o julgamento desses projetos é feito pelos grupos que não fazem tecnologia [...] não identificando aqueles que podem fazer algo diferente.

Ademais, o entrevistado do G6 observou que a área farmacêutica no Brasil não é inovadora, focando-se basicamente em genéricos e similares. Contudo, ponderou que as grandes empresas estão começando a investir um pouco em inovações incrementais e não ainda em inovações radicais, que poderão gerar casos de sucesso dentro de alguns anos.

Constata-se que novamente os editais figuram como instrumentos importantes para o desenvolvimento de P&D, mas que apesar disso, há ainda uma lacuna entre a pesquisa e a indústria.

Observa-se ainda, a partir das concepções dos entrevistados, que há a ausência de uma política mais consistente de nacionalização de fármacos e de um marco legal para essa tecnologia emergente. No que tange ao financiamento à pesquisa, os grupos observam uma descontinuidade na distribuição de recursos.

5.7 REDES DE COLABORAÇÃO

No que tange às redes de colaboração, buscou-se observar se o grupo estabeleceu/estabelece relação com empresas públicas e privadas, laboratórios ou apenas com pesquisadores, no âmbito internacional ou nacional.

O entrevistado do G1 reconheceu que já se tentou estabelecer redes com empresas, mas foram poucas e relações bem pontuais. Todavia, as redes de pesquisa com laboratórios já são bem maiores, *“até por este incentivo que houve no começo para estabelecer a rede”*. Além disso, o grupo conta com duas parcerias com grupos de pesquisa na Inglaterra e na França, enfatizando que sempre há a tentativa de estabelecer parcerias internacionais.

Por sua vez, o entrevistado do G2 relatou que há várias de redes de colaboração envolvendo empresas públicas, privadas, laboratórios, pesquisadores e governo:

Nós temos uma associação com o Ministério da Saúde, com secretarias de saúde estaduais e municipais. Nós temos associações com empresas, agências regulatórias governamentais, associações com os Ministérios de C&T e Saúde, Ministério do Trabalho por causa da saúde ocupacional. Temos associações com a FIOCRUZ que pede para implantarmos tecnologias que são de domínio aqui do laboratório, que são chamadas de tecnologias combinatórias, para fazer novos antígenos e endógenos para vacinas e diagnósticos. E tem as empresas privadas que fazem por demanda, principalmente para doenças crônicas e degenerativas porque são as que mais matam e as que mais atingem a população, por exemplo, diabetes, fibrose pulmonar, asma e assim por diante...

O entrevistado do G2 acrescentou ainda que o grupo tem

29 laboratórios associados, 14 instituições federais que nós somos sede e todos eles são 85 Ph.D. Desses 29 laboratórios se subdividem em 14 instituições [...] Nós temos 12 instituições internacionais associadas, dentre elas, as mais importantes estão na Califórnia, onde eu também sou professor adjunto lá e também a colaboração da Universidade de Salzburg na Áustria, na Holanda, Espanha, vários nos EUA... e também o Sistema Europeu de Nanotecnologia [...].

Já o entrevistado do G3 reconheceu a importância das redes, mas afirmou que atualmente mantem colaborações pontuais devido aos escassos recursos para manter as redes funcionando, sendo que:

o grupo só tem o compromisso de concluir os trabalhos que estão pendentes desde o término daquele projeto. Nós publicamos recentemente um estudo de uma vacina contra a malária. Não é o trabalho desse ano, mas sim do projeto NanoCAPES que foi desenvolvido em colaboração e que somente agora estamos conseguindo finalizar [...] Mas sempre que a gente vê, faz uma busca e vê a possibilidade de ser reaberta qualquer tipo de rede estamos muito atentos porque esses projetos em rede trazem um benefício muito grande. Não só para o pesquisador, mas para o coletivo como um todo... Porque se criam vínculos, se facilita a mobilidade... um grupo têm uma especialidade, outro grupo tem uma especialidade, então isso facilita de uma maneira muito prática a comunicação. Estudantes migram, circulam entre os laboratórios... A formação dos estudantes que participam dessa rede é melhorada em muito [...] Estamos atentos a novas redes, apesar de que a situação está muito ruim. Apesar da PEC 271 e do contingenciamento, esperamos que a situação mude no ano que vem

O entrevistado do G4 relatou que está vinculado a uma rede bastante consolidada que foi criada por meio de um edital. Nesse ponto, o mesmo pesquisador enfatizou que “o grande incentivo [...] do governo federal foi criar as redes internacionais [...] pra aumentar essa internacionalização e criar essa massa crítica no nordeste [...]”.

O entrevistado do G6 também destacou que mantem uma rede de colaborações bastante sólida com pesquisadores no Rio de Janeiro, São Paulo, Minas Gerais, Paraná, Bahia, entre outros estados. Com relação à indústria, o G6 estabeleceu poucas colaborações, mas acredita que

quando a plataforma [...] tiver disponível, tiver operando, a gente vai encontrar um certo mercado para a indústria privada também porque a gente vai disponibilizar algumas ferramentas, tanto do ponto de vista da formulação quanto do ponto de vista do controle de qualidade, de caracterização dessas nanoestruturas que a indústria privada pode se interessar também.

Diante disso, denota-se a importância dos editais que buscaram estabelecer redes de pesquisa na área de nanotecnologia, uma vez que há uma forte colaboração entre os grupos de pesquisa, em que pese ainda haver dificuldades nas parcerias entre grupos e empresas privadas.

5.8 PERSPECTIVAS E DESAFIOS

No que tange às perspectivas e desafios, o pesquisador do G1 afirmou que o foco central é justamente *“tentar viabilizar [...] tecnologias pro mercado [...], mas não se sabe como vai se dar a regulamentação no futuro”*. Além disso, destacou que as expectativas, apesar de boas, dependem da *“disponibilidade de recursos para realizar o lote piloto e os testes certificados”*, enfatizando que os desafios envolvem *“dinheiro, recurso, financiamento”*.

A disponibilidade de recursos também é um dos desafios identificados pelos pesquisadores dos grupos 2 e 3. O entrevistado do G2 ainda esclareceu que, além do aporte financeiro, outro desafio é *“o próprio reconhecimento do governo”*.

Apesar dos desafios, principalmente com relação à disponibilidade de recursos, o entrevistado do G2 tem boas perspectivas e prevê mudanças drásticas principalmente na questão de diagnóstico e imagem que utilizam nanotecnologia:

A minha perspectiva é trabalhar diferentemente daqueles tipos que sejam que você toma e acaba tendo várias reações adversas, trabalhar com peptídeos bioativos que têm ações mais direcionadas. Eu acredito que a tendência é ter menos reações adversas que é o que preconiza mudanças de antibióticos para aplicações de nanomateriais. Vai ter uma mudança muito drástica na questão de imagem, de diagnóstico e imagem que utilizam nanotecnologia... vai ser uma mudança brusca nos próximos anos, eu acredito.

A situação sobre a disponibilidade de recursos parece mais crítica no G3 que informou que as pesquisas na área de nanotecnologia aplicada a doenças negligenciadas estão paradas e serão reativadas se obtiverem recursos:

Reativaremos se obtiver novamente recursos. No momento mantemos a linha de pesquisa de biomineralização. A produção científica atual é ainda reflexo dos investimentos feitos nos anos anteriores e os artigos estão sendo finalizados agora.

O entrevistado do G3 ressalta a urgência de recursos não somente para a pesquisa em si, mas para que os alunos e professores possam desenvolver as suas pesquisas com mais satisfação:

Precisamos de uma política que deixe o nosso aluno que está interessado em desenvolver pesquisas mais satisfeito. Estamos com bolsas há mais de 10 anos sem nenhum aumento. Isso acaba desincentivando as pessoas a poderem continuar com a carreira científica de uma maneira geral. A valorização do professor, a valorização da pesquisa [...] Faz 4 anos que não há contratação de professor, só para substituto. A preocupação deve ser não somente com relação ao financiamento da pesquisa, mas também na valorização do estudante, do pós-doc que está justamente nessa empreitada junto conosco

Acerca das perspectivas em termos de desenvolvimento de tecnologia, o entrevistado do G4 informou que há 3 carreadores que estão preparados para serem registrados na ANVISA. Quanto aos carreadores estabelecidos com os lipossomas, o G4 aguarda a expiração do tempo da patente, para que seja possível desenvolver a tecnologia de uma forma melhor como ela está apresentada. No que tange aos desafios, o entrevistado do G4 se refere à criação de plantas industriais para produzir carreadores nanotecnológicos em escala industrial.

Sobre a criação de plantas industriais, o entrevistado do G4 ressaltou que o governo federal já adotou essa estratégia para a área de caracterização físico-química de carreadores nanotecnológicos, quando constituiu a Rede do Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste (CETENE) de Nanotecnologia.

A Rede CETENE de Nanotecnologia é constituída por 26 Laboratórios Associados instalados em 11 instituições de pesquisa e ensino de seis estados do Nordeste. A Rede compreende ainda mais de 100 pesquisadores especialistas em diversas áreas da pesquisa científica e tecnológica e conta com uma moderna infraestrutura laboratorial e instrumental. Dentre as áreas de atuação, destaca-se a tecnologia farmacêutica voltada para novos insumos e sistemas nanoestruturados, fitoterápicos, kits diagnósticos, novos sistemas terapêuticos para doenças infecciosas, em que pese não haver qualquer projeto em andamento para alguma das doenças negligenciadas pesquisadas nesse trabalho (CETENE, 2016).

Por fim, o entrevistado do G6 afirmou que em termos de investimentos, a perspectiva para os próximos anos é complicada, uma vez não há mais tantos editais e recursos disponíveis, em que pese o grupo estimar a continuidade de suas atividades por mais 2 a 3 anos, sem limitações ou prejuízos. Para o cenário nacional, o entrevistado do G6 avaliou que haverá crescimento, mas com uma velocidade um pouco mais lenta, em comparação a outros grupos internacionais.

Ainda sobre as perspectivas, o entrevistado do G6 observou a participação do Brasil no NANoReg, que trata da regulação internacional da nanotecnologia:

Por exemplo, a ANVISA é membro do NANoReg, que é uma instância internacional de regulação de nano [...] Então eu sinto que existe uma vontade, agora por exemplo, se você avalia o grupo da ANVISA que trabalha com nano, primeiro esse grupo é frágil, esse grupo não tem grandes especialistas em nano e os nomes desse grupo trocam a cada 2 anos, então fica um pouco difícil de você ver uma perspectiva de longo prazo numa coisa que é tão volúvel, numa estrutura que acaba sendo tão oscilante, uma hora

tem um grupo, outra hora tem outro; uma hora tem fomento, outra hora não tem [...]

Dessa forma, constata-se que as principais perspectivas e desafios dos grupos se concentram na disponibilidade de recursos financeiros para a continuidade do desenvolvimento das pesquisas e das redes de colaboração, bem como na necessidade da regulação dessa tecnologia emergente.

5.9 SÍNTESE DO CAPÍTULO

A partir de todas as colaborações dos pesquisadores entrevistados, foi possível observar que há uma forte motivação pessoal em trabalhar numa área de impacto social, como é o caso das doenças negligenciadas e que a formação acadêmica, bem como os temas das teses desses pesquisadores possibilitaram a aplicação de novas técnicas para essas doenças, como a nanotecnologia.

Assim, evidenciou-se a tradução das doenças negligenciadas, enquanto problemas sociais, em objeto de investigação dos grupos de pesquisa e a sua ressignificação se dá de acordo com os interesses, práticas e possibilidades de seus pesquisadores.

Constatou-se que todos os seis grupos já se dedicavam a pesquisas para doenças negligenciadas, mas que nem todos já desenvolviam nanotecnologias quando constituíram o grupo de pesquisa.

Há um forte interesse na utilização de nanotecnologia para o tratamento das leishmanioses e um baixo interesse em hanseníase, sendo que há uma diversidade de nanocarreadores que são desenvolvidos e também aplicáveis no tratamento de outras doenças.

Ademais, é interessante observar que há diferentes leituras de cada grupo sobre quais nanotecnologias são adequadas para o tratamento das doenças negligenciadas, o que denota uma flexibilidade interpretativa, que permite a criação de artefatos distintos para o mesmo problema social.

As diferentes leituras são provenientes de grupos com competências multidisciplinares, como destacado por todos os entrevistados. Todavia, salientou-se que essa multidisciplinariedade está circunscrita às ciências naturais. Ademais, ficou evidente que há uma baixa articulação entre os grupos de pesquisa e a sociedade,

por julgarem que a linguagem é extremamente técnica e incompreensível por aqueles que não são pesquisadores na área.

Verificou-se ainda que a maioria das pesquisas se encontra na fase de ensaios pré-clínicos e que as três principais áreas da nanomedicina são contempladas: nanoterapia com a liberação de fármacos e desenvolvimento de vacinas, o nanodiagnóstico e a medicina regenerativa.

No que tange aos benefícios das técnicas e aplicações nanotecnológicas, os pesquisadores destacaram a biodisponibilidade, redução da toxicidade e dos efeitos colaterais, a otimização e direcionamento da dose para o local específico, formulação de novas vacinas mais eficazes, melhora no diagnóstico e possibilidade de novos sistemas portáteis de diagnósticos. Em contrapartida, os obstáculos para o alcance desses benefícios envolvem o alto custo dos testes de toxicidade, a falta de apoio e de políticas fortes para essa área estratégica.

Constatou-se também que as constituições de 3 grupos investigados precedem ao estímulo das políticas de nanotecnologia, enquanto que os outros 3 foram constituídos e incorporaram o enfoque da nanotecnologia durante a trajetória de políticas de nanotecnologia.

Sobre o estímulo das políticas de nanotecnologia, evidenciou-se que, em alguns momentos, os pesquisadores tendem a minimizar o papel das políticas para a nanotecnologia e ao mesmo tempo ressaltam a sua participação em vários editais e fundos que integram as políticas de nanotecnologia, assim como a construção de infraestrutura de pesquisa mediante diversos editais.

Em outro ponto, reconhece-se a existência de políticas, mas pontua-se a descontinuidade na distribuição de recursos, a distância entre a academia, governo e indústria, a falta de regulamentação da tecnologia e de uma política mais consistente de nacionalização de fármacos aparecem como os principais óbices.

Restou clara ainda a constante referência aos editais de redes como formas de incentivo à nanotecnologia, uma vez que há uma forte colaboração entre os grupos de pesquisa, em que pese ainda haver dificuldades nas parcerias entre grupos e empresas privadas.

Destarte, foi possível perceber que a maioria dos grupos é bastante ciente sobre a emergência de novos problemas de toxicidade vinculados à nanotecnologia, como nos casos da utilização de dendrímeros enquanto nanocarreadores e de nanopartículas metálicas que são reconhecidamente mais tóxicas, em que pese

alguns grupos de pesquisa entrevistados ainda fazerem uso de dendrímeros, por exemplo.

Para superar os possíveis problemas relacionados à toxicidade, os grupos de pesquisa indicam que seguem os protocolos universais e alguns defendem fortemente a necessidade de se incentivar estudos sobre a nanotoxicologia, haja visto a escassez de experiência e pesquisa no assunto, bem como de regulação específica.

No que tange a outra dimensão relevante para esta pesquisa, relacionada às implicações éticas e sociais, no geral há pouca clareza sobre o tema, em que pese alguns grupos se aprofundarem mais nas questões, ao buscarem alternativas para a avaliação de riscos como o estudo da nanotoxicologia.

Quanto ao acesso a essa tecnologia, constatou-se que os argumentos de baixa viabilidade econômica, o baixo poder de compra do governo e o desinteresse das indústrias farmacêuticas para o tratamento de doenças negligenciadas são recorrentes também para a nanotecnologia, assim como ocorre com as tecnologias convencionais.

Por fim, as principais perspectivas e desafios dos grupos se concentram na disponibilidade de recursos financeiros para a continuidade do desenvolvimento das pesquisas e das redes de colaboração, bem como na necessidade da regulação dessa tecnologia emergente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As políticas brasileiras de nanotecnologia se pautam, de modo geral, em uma concepção instrumentalista, compreendendo a tecnologia como um artefato neutro e tratando os problemas sociais como falta de acesso a tecnologias. Por conta disso, busca-se priorizar o aumento da competitividade, considerando que a melhora na atuação competitiva dos países tenderia a favorecer melhores condições de vida às suas populações.

Durante a trajetória das políticas brasileiras de nanotecnologia, retomam-se os argumentos de que se trata de uma área estratégica, com aplicações na área da saúde. Todavia, com exceção da IBN, as doenças negligenciadas se encontram marginalizadas nas ações estruturantes dessas políticas.

A IBN passou a destacar que em relação aos fármacos o nicho a ser explorado é o tratamento e diagnóstico de doenças negligenciadas e tropicais. Ao mesmo tempo, relaciona-se que o desenvolvimento sustentável das nanotecnologias dependerá do desenvolvimento da habilidade de controlar riscos sanitários e ambientais.

Defende-se então que outros fatores precisam ser considerados na prevenção, tratamento e erradicação das doenças negligenciadas, tais como: controle dos vetores, vigilância e controle dos hospedeiros intermediários, ampliação da vigilância e monitoramento adequado, proteção individual, boas práticas de higiene, manipulação de alimentos, ações educativas e ações de saneamento básico.

Portanto, deve-se ter cautela ao apontar as nanotecnologias como alternativas para os problemas sociais, como possibilidades de se alcançar as metas dos ODS para as doenças negligenciadas, uma vez que há outros ODS que são determinantes para o enfrentamento do problema social apresentado neste trabalho, como por exemplo: erradicação da pobreza (ODS 1), fome zero e agricultura sustentável (ODS 2), saúde e bem-estar (ODS 3), água potável e saneamento (ODS 6), entre outros.

Assim, entende-se que é necessária a adoção de uma perspectiva contextual da construção de tecnologias para problemas sociais, considerando outros determinantes sociais, além do simples acesso à tecnologia propriamente dita.

A situação de distanciamento entre as políticas e as ações para doenças negligenciadas se agrava quando, em alguns momentos, os pesquisadores tendem a minimizar o papel das políticas para a nanotecnologia e ao mesmo tempo ressaltam

a sua participação em vários editais e fundos que integram as políticas de nanotecnologia.

Reconhece-se que as tímidas referências às doenças negligenciadas nos documentos de políticas em nanotecnologia convergem com um interesse marginal em termos de financiamento para essa área estratégica, se comparado com os valores globais dos editais de financiamento no capítulo 2 com os 79 grupos de pesquisa identificados no capítulo 3.

Com a análise apenas dos editais no capítulo 2, as somas dos valores globais de todos os editais refletiam um forte interesse no fomento às pesquisas, porém se o total dos recursos for dividido pelo número total de grupos de pesquisa, obtém-se o equivalente a R\$ 2.063.071,28 por grupo, durante o período de 2002 a 2016. Essa quantia cai para R\$ 459.542,69 por grupo, se forem consideradas apenas as três chamadas que envolvem a nanotecnologia aplicada às doenças negligenciadas.

Assim, constata-se que o financiamento aos grupos de pesquisa mediante editais que contemplem especificamente nanotecnologia ou doenças negligenciadas é baixo, tal como ponderaram alguns dos entrevistados, o que certamente limita o potencial de desenvolvimento de conhecimento e tecnologias por parte desses grupos.

Em outro ponto, quando se reconhece a existência de políticas, pontua-se a descontinuidade na distribuição de recursos, a distância entre a academia, governo e indústria, a falta de regulamentação da tecnologia e de uma política mais consistente de nacionalização de fármacos como os principais óbices.

Conclui-se que os grupos de pesquisa adotaram a agenda voltada para aplicações nanotecnológicas para as doenças negligenciadas, em virtude de uma forte motivação pessoal em trabalhar numa área de impacto social e a tradução das doenças negligenciadas, enquanto problemas sociais, em objeto de investigação e a sua ressignificação se deu de acordo com os interesses, práticas e possibilidades de seus pesquisadores, como por exemplo, os temas de suas teses e suas experiências profissionais anteriores.

Apesar do interesse dos grupos de pesquisa em oferecer benefícios sociais para problemas sociais, as nanotecnologias ainda são fortemente relacionadas como um artefato neutro, fundamentando-se na perspectiva instrumentalista, o que dificulta a incorporação dos aspectos ELSI.

Em que pese também haver dificuldades na inclusão das doenças

negligenciadas nas ações estruturantes das políticas em nanotecnologia e na incorporação dos aspectos ELSI, reconhece-se interessantes avanços das competências nacionais em nanotecnologia para a pesquisa e inovação na área de doenças negligenciadas, com destaque para a liberação de fármacos por meio de nanocarreadores, desenvolvimento de vacinas e técnicas de diagnóstico, sendo que a maioria das pesquisas se encontra na fase de ensaios pré-clínicos.

Porém, alerta-se para a falta de interesse na constituição de grupos e redes, bem como pesquisas envolvendo as técnicas e aplicações discutidas neste trabalho para o tratamento da hanseníase, como observado no capítulo 3.

As diferentes leituras de cada grupo sobre quais nanotecnologias são adequadas para o tratamento das doenças negligenciadas, permite a criação de artefatos distintos para o mesmo problema social e também de distintas análises sobre a toxicidade e riscos.

Ademais, essas distintas leituras corroboram nas análises dos benefícios das aplicações nanotecnológicas para as doenças negligenciadas, tais como: a biodisponibilidade, redução da toxicidade e dos efeitos colaterais, a otimização e direcionamento da dose para o local específico, formulação de novas vacinas mais eficazes, melhora no diagnóstico e possibilidade de novos sistemas portáteis de diagnósticos.

E em contrapartida, servem para avaliar os obstáculos para o alcance desses benefícios, como por exemplo, o alto custo dos testes de toxicidade, a falta de apoio à pesquisa, o baixo poder de compra do governo, o desinteresse das indústrias farmacêuticas, a descontinuidade de recursos financeiros para o desenvolvimento das pesquisas e das redes de colaboração, bem como a necessidade da regulação dessa tecnologia emergente.

Assim como ocorre na literatura, há uma significativa desconexão entre as políticas e pesquisas e as implicações éticas, sociais e riscos, uma vez que essas análises não são incorporadas de forma expressa nos textos das políticas, nas linhas de pesquisa e nas produções científicas dos grupos de pesquisa.

Os primeiros anos das políticas de incentivo à nanotecnologia no Brasil foram marcados pelo isolamento quase total da análise de riscos e aspectos ELSI sobre a nanotecnologia, mas alguns pequenos avanços podem ser observados ao final da década das primeiras políticas e também nos últimos anos.

Esse isolamento pode estar atrelado ao baixo investimento e à pequena

quantidade de editais que buscam apoiar projetos de pesquisa sobre a avaliação de riscos, os impactos éticos, sociais e ambientais da nanotecnologia, bem como sobre a área da nanotoxicologia que consiste no estudo e análise dos potenciais riscos dos nanomateriais em contato com os sistemas biológicos.

Todavia, esse argumento não pode ser a única justificativa para explicar o fenômeno, pois no geral, há pouca clareza sobre o tema por parte dos pesquisadores, por mais que alguns grupos busquem alternativas para a avaliação de riscos como o estudo da nanotoxicologia e defendam também a regulação específica dessa tecnologia emergente.

Há ainda que se considerar que os grupos de pesquisa se classificam como inter e transdisciplinares, mas estão circunscritos às ciências naturais. Logo, a incorporação de outras áreas do conhecimento aos grupos de pesquisa poderia promover uma análise de riscos e aspectos ELSI sob uma perspectiva mais contextual e não tão instrumentalista.

As redes de colaboração contemplam as principais ações estruturantes das políticas em nanotecnologia e também são ressaltadas constantemente pelos grupos de pesquisa como instrumentos interessantes. Diante disso, sugere-se o fomento à criação e apoio de redes de colaboração relacionadas ao estudo da nanotoxicologia e a incorporação da análise de riscos e aspectos ELSI, com linhas de pesquisa específicas para as doenças negligenciadas.

Por fim, sugere-se também a necessidade de se criar ferramentas e espaços de comunicação, uma vez que se aponta a linguagem extremamente técnica e incompreensível como óbice para a interação com a sociedade nas pesquisas e nas políticas.

Afinal, a construção de tecnologias para as doenças negligenciadas precisa considerar os distintos determinantes para a prevalência das doenças, os diferentes atores envolvidos e interpretações dos problemas sociais. É essencial que os pesquisadores e os *policy makers* saiam dos seus laboratórios e gabinetes e adentrem o mundo real.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL - ABDI. **Cartilha sobre nanotecnologia**. Brasília, DF: ABDI-MDIC, 2010. Disponível em: <http://www.abdi.com.br/Estudo/Cartilha%20nanotecnologia.pdf>. Acesso em: 13 jul. 2016.
- AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL – ABDI. **Nanotecnologias: subsídios para a problemática dos riscos e regulação**. 2011. Disponível em: http://www.abdi.com.br/Estudo/Relat%C3%B3rio%20Nano-Riscos_FINALreduzido.pdf. Acesso em: 20 nov 2016.
- ALBUQUERQUE, M. B.M et al. Doenças tropicais: da ciência dos valores à valorização da ciência na determinação climática de patologia. **Ciência & Saúde Coletiva**, 4(2), p. 423-431, 1999.
- ALLHOFF, F. The coming era of nanomedicine. **The American Journal of Bioethics**, v.9, n. 10, p. 3-11, 2009.
- ALMEIDA FILHO, N.A. O conceito de saúde e a Vigilância Sanitária: notas para a compreensão de um conjunto organizado de práticas de saúde. In: COSTA, A.E. **Vigilância Sanitária desvendando o enigma**. Salvador: EDUFBA; 2008. p. 19-43.
- ANDRADE, C.A.; CORREIA, S.M.T.S.; COELHO, L.C.B.B.; NASCIMENTO, S.C.; SANTOSMAGALHÃES, N.S. Antitumor activity of Cratylia mollis lectin encapsulated into liposomes. **Int. J. Pharm.**, Amsterdam, v.278, p.435-445, 2004.
- BARBOSA, T. C.; BAGATTOLLI, C. Políticas de fomento à nanotecnologia no Brasil – Histórico e perspectivas. In: **ESOCITE 2016 – 21 anos: trajetórias plurais entre passados e futuros – XI Jornadas Latino-Americanas de Estudos Sociais da Ciência e da Tecnologia**, 2016. Disponível em: http://www.esocite2016.esocite.net/resources/anais/6/1471967778_ARQUIVO_PoliticadefomentoananotecnologianoBrasil-historicoseperspectivas-artigoCompleto.pdf. Acesso em: 10 dez. 2016.
- BARROS, C. M. de ; LANA, M. de ; BAHIA, M. T.; MOSQUEIRA, V. C. F. Encapsulação de derivados azólicos em nanocápsulas: eficácia no tratamento da Doença de Chagas. In: X Seminário de Iniciação Científica da UFOP, 2002, Ouro Preto. **Anais do X Seminário de Iniciação Científica da UFOP**. Ouro Preto: Universidade Federal de Ouro Preto, v. 10. 2002. p. 198-198.
- BATISTA, A. J. S.; PEPE, V. L. E. Os desafios da nanotecnologia para a vigilância sanitária de medicamentos. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 19, n. 7, p. 2105-2114, 2014.
- BAYOMI, M.A.; AL-ANGARY, A.A.; AL-MESHAL, M.A.; MOHAMED M.; AL-DARDIRI, M.M. In vivo evaluation of artemether liposomes. **Int. J. Pharm.**, Amsterdam, v.175, p.1-7, 1998.
- BERGSTRAND, N.; ARFVIDSSON, M.C.; KIM, J.M.; THOMPSON, D.H.; EDWARDS,

K. Interactions between pH-sensitive liposomes and model membranes. **Biophys. Chem.**, Amsterdam, v.104, p.361-379, 2003.

BONFIM, L. R. C. **As dimensões da realidade social na formação e na institucionalização de uma rede de inovação de ideias: A rede do arranjo Fiocruz Paraná entre os anos 1999-2014**. 231f. Dissertação (Mestrado em Administração), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

BORGES, V. R. A. **Desenvolvimento de novas microemulsões de dapsona para o tratamento tópico da hanseníase**. 136f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

BORYSIK, M. D.; BIELAWSKI, K. S.; SNIADOCKI, N.J.; JENKEL, C. F.; VOGT, B. D.; POSNER, J. D. Simple replica. Micromolding of biocompatible styrenic elastomers, **Lab Chip**, v. 13, p. 2773-2784, 2013. Disponível em: https://faculty.washington.edu/nsniadec/pdf/26_Borysik_LOC2013.pdf. Acesso em: 3 jan. 2017.

BRANQUINHO, R. T. ; MOSQUEIRA, V. C. F. ; OLIVEIRA-SILVA, J. C. V. D. ; SIMOES-SILVA, M. R. ; SAUDE-GUIMARAES, D. A. ; LANA, M. D. . Sesquiterpene Lactone in Nanostructured Parenteral Dosage Form Is Efficacious in Experimental Chagas Disease. **Antimicrobial Agents and Chemotherapy** (Print), v. 58, p. 2067-2075, 2014.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia - MCT. **Ciência, tecnologia e inovação: desafio para a sociedade brasileira - Livro Verde**, 2001. Disponível: http://livroaberto.ibict.br/bitstream/1/859/1/ciencia,%20tecnologia%20e%20inova%C3%A7%C3%A3o_%20desafios%20para%20a%20sociedade%20brasileira.%20livro%20verde.pdf. Acesso em: 20 jul. 2016.

BRASIL. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES. **Programa Nacional de Nanotecnologia na CAPES**. 2002. Disponível em: http://www.capes.gov.br/images/stories/download/bolsas/Historico_Nanotecnologia.pdf. Acesso em: 10 jul. 2016.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT. **Desenvolvimento da Nanociência e da Nanotecnologia – Proposta do Grupo de Trabalho criado pela Portaria MCT nº 252 como subsídio ao Programa de Desenvolvimento da Nanociência e da Nanotecnologia do PPA 2004-2007**. 2003. Disponível em: http://www.mct.gov.br/upd_blob/0002/2361.pdf. Acesso em: 10 jul. 2016.

BRASIL. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq. **Edital nº 021/2004**. 2004a. Disponível em: http://cnpq.br/chamadas-publicas?p_p_id=resultadosportlet_WAR_resultadoscnpqportlet_INSTANCE_0ZaM&filtro=encerradas&detalha=chamadaDivulgada&idDivulgacao=295. Acesso em: 10 jul. 2016.

BRASIL. **Lei da Inovação**. Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004. Dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo e

dá outras providências. 2004b. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2004-2006/2004/lei/l10.973.htm. Acesso em: 20 jul. 2016.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP. **Chamada Pública MCT/FINEP/FNDCT – Nanotecnologia nº 01/2004.** 2004c. Disponível em: http://www.finep.gov.br/arquivos_legados/fundos_setoriais/outras_chamadas/editais/chamada_publica_MCT_FINEP_FNDCT_Nanotecnologia_01_2004.PDF. Acesso em: 3 jan. 2017.

BRASIL. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq. **Edital nº 028/2005.** 2005a. Disponível em: http://cnpq.br/chamadas-publicas?p_p_id=resultadosportlet_WAR_resultadoscnpqportlet_INSTANCE_0ZaM&filtro=encerradas&detalha=chamadaDivulgada&idDivulgacao=305. Acesso em: 10 jul. 2016.

BRASIL. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq. **Edital nº 029/2005.** 2005b. Disponível em: http://cnpq.br/chamadas-publicas?p_p_id=resultadosportlet_WAR_resultadoscnpqportlet_INSTANCE_0ZaM&filtro=encerradas&detalha=chamadaDivulgada&idDivulgacao=306. Acesso em: 10 jul. 2016.

BRASIL. **Lei do Bem.** Lei nº 11.196, de 21 de novembro de 2005. 2005c. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2004-2006/2005/lei/l11196.htm. Acesso em: 20 jul. 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. **2ª Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação em Saúde** — Anais. Brasília: Ministério da Saúde, 2005d.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP. **Chamada Pública MCT/MS/FINEP – Bioprodutos – Ação Transversal nº 02/2005.** 2005e. Disponível em: http://www.finep.gov.br/arquivos_legados/fundos_setoriais/acao_transversal/editais/Chamada_Publica_MCT_MS_FINEP_Acao_Transversal_BIOPRODUTOS_02_2005.PDF. Acesso em: 3 jan. 2017.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP. **Chamada Pública MCT/FINEP/Ação Transversal – Nanotecnologia – 03/2005.** 2005f. Disponível em: http://www.finep.gov.br/arquivos_legados/fundos_setoriais/acao_transversal/editais/Chamada_Publica_MCT_FINEP_Acao_Transversal_Nanotecnologia_03_2005.PDF. Acesso em: 3 jan. 2017.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT. **Programa Nacional de Nanotecnologia.** 2005g. Disponível em: http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/27137/Programa_Nacional_de_Nanotecnologia.html. Acesso em: 03 jul. 2016.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação para o Desenvolvimento Nacional. **Plano de Ação 2007-2010**. Brasília/DF, 2007. Disponível em: http://www.mct.gov.br/upd_blob/0021/21439.pdf . Acesso em: 18 ago. 2016.

BRASIL. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq. **Edital nº 034/2008**. 2008a. Disponível em: http://cnpq.br/chamadas-publicas?p_p_id=resultadosportlet_WAR_resultadoscnpqportlet_INSTANCE_0ZaM&filtro=encerradas&detalha=chamadaDivulgada&idDivulgacao=102. Acesso em: 10 jul. 2016.

BRASIL. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES. **Edital nº 04/CII-2008 – Rede Nanobiotec Brasil**. 2008b. Disponível em: http://www.capes.gov.br/images/stories/download/bolsas/Edital_NanoBiotecnologia.pdf. Acesso em: 3 jan. 2017.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. **Política de Desenvolvimento Produtivo**. 2008c. Disponível em: <http://www.desenvolvimento.gov.br/pdp/> Acesso em: 05 mai. 2016.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP. **Chamada Pública MCT/FINEP/Ação Transversal – Nanotecnologia nº 5/2009**. 2009. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/images/chamadas-publicas/Nano-2009-versao-final.pdf>. Acesso em: 3 jan. 2017.

BRASIL. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq. **Edital nº 074/2010**. 2010a. Disponível em: http://cnpq.br/chamadas-publicas?p_p_id=resultadosportlet_WAR_resultadoscnpqportlet_INSTANCE_0ZaM&filtro=encerradas&detalha=chamadaDivulgada&idDivulgacao=27. Acesso em: 10 jul. 2016.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT. **Livro Azul. 4ª Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação para o Desenvolvimento Sustentável**. 2010b. Disponível em: <http://www.cgее.org.br/publicacoes/livroazul.php>. Acesso em: 10 jul. 2016.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT. **Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação – PACTI – Principais Resultados e Avanços – 2007-2010**. 2010c. Disponível em: http://www.mct.gov.br/upd_blob/0214/214525.pdf. Acesso em: 10 jul. 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. Departamento de Ciência e Tecnologia do Ministério da Saúde – DECIT. Doenças negligenciadas: estratégias do Ministério da Saúde. **Rev. Saúde Pública**, p. 200-2, 2010d. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rsp/v44n1/23.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. **Guia prático de tratamento da malária no Brasil / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância Epidemiológica**. – Brasília : Ministério da Saúde, 2010e.

BRASIL. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq. **Edital nº 017/2011**. 2011a. Disponível em: http://cnpq.br/chamadas-publicas?p_p_id=resultadosportlet_WAR_resultadoscnpqportlet_INSTANCE_0ZaM&filtro=encerradas&detalha=chamadaDivulgada&idDivulgacao=409. Acesso em: 10 jul. 2016.

BRASIL. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq. **Edital nº 020/2011**. 2011b. Disponível em: http://cnpq.br/chamadas-publicas?p_p_id=resultadosportlet_WAR_resultadoscnpqportlet_INSTANCE_0ZaM&filtro=encerradas&detalha=chamadaDivulgada&idDivulgacao=12. Acesso em: 10 jul. 2016.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. **Plano Brasil Maior**. 2011c. Disponível em: www.brasilmaior.mdic.gov.br Acesso: 7 mai. 2016.

BRASIL. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq. **Edital nº 52/2012**. 2012a. Disponível em: http://cnpq.br/chamadas-publicas?p_p_id=resultadosportlet_WAR_resultadoscnpqportlet_INSTANCE_0ZaM&filtro=encerradas&detalha=chamadaDivulgada&idDivulgacao=2581. Acesso em: 10 jul. 2016.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2012-2015. Balanço das Atividades Estruturantes**. 2012b. Disponível em: http://www.mct.gov.br/upd_blob/0218/218981.pdf. Acesso em: 10 jul. 2016.

BRASIL. Ministério da Ciência Tecnologia e Inovação. **Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia**. Brasília: MCTI; 2012c.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Índice parasitário anual de malária**. 2012d. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/defthtm.exe?idb2012/d04.def>. Acesso em: 10 nov. 2016.

BRASIL. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq. **Edital nº 13/2013**. 2013a. Disponível em: http://cnpq.br/chamadas-publicas?p_p_id=resultadosportlet_WAR_resultadoscnpqportlet_INSTANCE_0ZaM&filtro=encerradas&detalha=chamadaDivulgada&idDivulgacao=3041. Acesso em: 10 jul. 2016.

BRASIL. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq. **Edital nº 88/2013**. 2013b. Disponível em: http://cnpq.br/chamadas-publicas?p_p_id=resultadosportlet_WAR_resultadoscnpqportlet_INSTANCE_0ZaM&filtro=encerradas&detalha=chamadaDivulgada&idDivulgacao=3661. Acesso em: 10 jul. 2016.

BRASIL. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES. **Edital CAPES/CNPEM nº 024/2013**. 2013c. Disponível em: http://www.capes.gov.br/images/stories/download/editais/Edital_024_2013_CNPEM.pdf. Acesso em: 3 jan. 2017.

BRASIL. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq. **Edital nº 05/2014**. 2014a. Disponível em: http://cnpq.br/chamadas-publicas?p_p_id=resultadosportlet_WAR_resultadoscnpqportlet_INSTANCE_0ZaM&filtro=encerradas&detalha=chamadaDivulgada&idDivulgacao=6662. Acesso em: 10 jul. 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Vigilância da esquistossomose mansoni – Diretrizes técnicas**. 4ª ed. Brasília: DF, 2014b.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação - MCTI. **Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologia**. 2015. Disponível em: http://www.consultaesic.cgu.gov.br/busca/dados/Lists/Pedido/Attachments/448811/R_ESPOSTA_PEDIDO_Resposta%20PI%2052750000056201651%20Nanotecnologia%20no%20Brasil_Anexo%20SisNANO%20-%20Rodrigo%20Mariano.pdf. Acesso em: 20/04/2016.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2016-2019**. 2016a. Disponível em: <http://www.mcti.gov.br/documents/10179/1712401/Estrat%C3%A9gia+Nacional+de+Ci%C3%Aancia,+Tecnologia+e+Inova%C3%A7%C3%A3o+2016-2019/0cfb61e1-1b84-4323-b136-8c3a5f2a4bb7>. Acesso em: 10 jul. 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portal da Saúde – Doença de Chagas**. 2016b. Disponível em: <http://portalsaude.saude.gov.br/index.php/o-ministerio/principal/secretarias/svs/doenca-de-chagas>. Acesso em: 10 nov. 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portal da Saúde – Esquistossomose**. 2016c. Disponível em: <http://portalsaude.saude.gov.br/index.php/o-ministerio/principal/secretarias/svs/esquistossomose>. Acesso em: 10 nov. 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portal da Saúde – Hanseníase**. 2016d. Disponível em: <http://portalsaude.saude.gov.br/index.php/o-ministerio/principal/secretarias/svs/hansenise>. Acesso em: 10 nov. 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portal da Saúde – Leishmaniose tegumentar americana**. 2016e. Disponível em: <http://portalsaude.saude.gov.br/index.php/o-ministerio/principal/secretarias/svs/leishmaniose-tegumentar-americana-lta>. Acesso em: 10 nov. 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portal da Saúde. Leishmaniose visceral**. 2016f. Disponível em: <http://portalsaude.saude.gov.br/index.php/o-ministerio/principal/secretarias/svs/leishmaniose-visceral-lv>. Acesso em: 10 nov. 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portal da Saúde – Malária**. 2016g. Disponível em: http://portalsaude.saude.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=10933&Itemid=646. Acesso em: 10 nov. 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portal da Saúde – Tuberculose**. 2016h. Disponível em:
http://portalsaude.saude.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=11045&Itemid=674. Acesso em: 10 nov. 2016.

BRASIL. Ministério do Planejamento. **Plano Plurianual 2016-2019. Desenvolvimento, produtividade e inclusão social**. 2016i. Disponível em:
<http://www.planejamento.gov.br/secretarias/upload/arquivo/spi-1/ppa-2016-2019/ppa-2016-2019-ascom-3.pdf>. Acesso em: 02 ago. 2016.

BRASIL. Sistema de Informação de Agravos de Notificação – SINAN. **Doença de Chagas**. 2016j. Disponível em:
<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?sinannet/cnv/chagasbr.def>. Acesso em: 10 nov. 2016.

BRASIL. Sistema de Informação de Agravos de Notificação – SINAN. **Dengue**. 2016k. Disponível em:
<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?sinannet/cnv/denguebr.def>. Acesso em: 10 nov. 2016.

BRASIL. Sistema de Informação de Agravos de Notificação – SINAN. **Esquistossomose**. 2016l. Disponível em:
<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?sinannet/cnv/esquistobr.def>. Acesso em: 10 nov. 2016.

BRASIL. Sistema de Informação de Agravos de Notificação – SINAN. **Hanseníase**. 2016m. Disponível em:
<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?sinannet/hanseniase/cnv/hanswuf.def>. Acesso em: 10 nov. 2016.

BRASIL. Sistema de Informação de Agravos de Notificação – SINAN. **Leishmaniose**. 2016n. Disponível em:
<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?sinannet/cnv/leishvbr.def>. Acesso em: 10 nov. 2016.

BRASIL. Sistema de Informação de Agravos de Notificação – SINAN. **Malária**. 2016o. Disponível em:
<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?sinannet/cnv/malabr.def>. Acesso: 10 nov. 2016.

BRASIL. Sistema de Informação de Agravos de Notificação – SINAN. **Tuberculose**. 2016p. Disponível em:
<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?sinannet/cnv/tubercbr.def>. Acesso em: 10 nov. 2016.

BRIGGER, I.; DUBERNET, C.; COUVREUR, P. Nanoparticles in cancer therapy and diagnosis. **Adv. Drug Del. Rev.**, Arlington, v.54, p.631-651, 2002.

BROSSI, A.; VENUGOPOLAN, B.; DOMENQUER, L.G.; YEH, H.J.C.; FLIPPEN-ANDERSON, J.L.; BUCHS, P.; LUO, X.D.; MILHOUS, W.; PETERS, W. Arteether, a

new antimalarial drug: synthesis and antimalarial properties. **J. Med. Chem.**, Washington, v.31, p.645-650, 1988.

BUSHRAB, N.; MULLER, R.H. Nanocrystals of poorly soluble drugs for oral administration, **NewDrugs**, v. 5, p. 20-22, 2003.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. **Projeto de lei nº 5.133/2013**. Regulamenta a rotulagem de produtos da nanotecnologia e de produtos que fazem uso da nanotecnologia. 2013a. Disponível em: <http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=567257>. Acesso em: 20 jul. 2016.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. **Projeto de lei nº 6.741/2013**. Dispõe sobre a Política Nacional de Nanotecnologia, a pesquisa, a produção, o destino de rejeitos e o uso da nanotecnologia no país, e dá outras providências. 2013b. Disponível em: <http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=600333>. Acesso em: 20 jul. 2016.

CAMERON, N.M.S. The NELSI imperative: nano ethical legal and social issues and federal policy development. **Nanotechnology Law & Business**, v. 3, n.2, p. 159, 2006.

CAMPOS, T. C. de; Doenças negligenciadas, pobreza e exclusão social: mera coincidência geográfica? **Revista da Faculdade de Direito da Universidade de São Paulo**, v. 103, p. 793-830, 2008.

CANCINO, J.; MARANGONI, V. S.; ZUCOLOTTO, V. Nanotecnologia em medicina: Aspectos fundamentais e principais preocupações. **Química Nova**, v. 37, n. 3, p.521-526, 2014.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS - CGEE – Convergência Tecnológica. Brasília/DF: 2008.

CHANDU, V.P.; ARUNACHALAM, A.; JEGANATH, S., YAMINI, K.; THARANGINI, K., CHAITANYA, G. Niosomes: a novel drug delivery system. **Int J Novel Tr Pharm Sci**, v. 2, p. 498-511, 2012.

CHIMANUKA, B.; GABRIËLS, M. DETAEVERNIER, M. R.; PLAIZIER-VERCAMMEN, J. A. Preparation of β - artemether liposomes, their HPLC–UV evaluation and relevance for clearing recrudescent parasitaemia in Plasmodium chabaudi malaria-infected mice. **J. Pharm. Biomed. Anal.**, Amsterdam, v.28, p.13-22, 2002.

CHRISTOFORIDIS, J.B.; CHANG, S.; JIANG, A.; WANG J.; CEBULLA, C.M. Intravitreal Devices for the Treatment of Vitreous Inflammation. **Mediators Inflamm**, 2012.

COLHONE, M. C.; Silva-Jardim, I.; STABELI, R. G.; CIANCAGLINI, P. Nanobiotechnologic approach to a promising vaccine prototype for immunisation

against leishmaniasis: a fast and effective method to incorporate GPI-anchored proteins of *Leishmania amazonensis* into liposomes. **Journal of Microencapsulation**, v. 32, p. 1-8, 2014.

COMISSÃO EUROPEIA. Plataforma Tecnológica Europeia em Nanomedicina – ETPN. **Strategic Research Agenda**. Luxemburgo: Escritório para Publicações Oficiais das Comunidades Europeias, 2006.

COSTA, M. P. ; ANDRADE, C. A. S. ; MONTENEGRO, R. ; MELO, F. ; OLIVEIRA, M. D. L. . Self-assembled monolayers of mercaptobenzoic acid and magnetite nanoparticles as an efficient support for development of tuberculosis genosensor. **Journal of Colloid and Interface Science (Print)** *JCR*, v. 433, p. 141-148, 2014.

COZZENS, S.; CORTES, R.; SOUMONNI, O.; WOODSON, T. Nanotechnology and the millennium development goals: water, energy, and agri-food. **Journal of Nanoparticle Research**, 2013. Disponível em: <http://doi.org/10.1007/s11051-013-2001-y>. Acesso em: 27 mar. 2016.

CUI, Z.; MUMPER, R.J. Microparticles and nanoparticles as delivery systems for DNA vaccines. **Crit. Rev. Ther. Drug Carrier Syst.**, Redding, v.20, n.2-3, p.103-137, 2003.

CUTCLIFFE, S. La emergencia de CTS como campo académico. In: **Ideas, Máquinas y valores. Los Estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad**. Barcelona: Anthropos, 2003.

DA SILVA, P. B.; DE FREITAS, E. S.; BERNEGOSSI, J.; GONÇALEZ, M. L.; SATO, M. R.; LEITE, C. Q. F.; PAVAN, F. R.; CHORILLI, M. Nanotechnology-Based Drug Delivery Systems for Treatment of Tuberculosis-A Review. **Journal of Biomedical Nanotechnology**, v. 12, p. 241-260, 2016.

DE CARVALHO, R. F.; RIBEIRO, I. F.; MIRANDA-VILELA, A. L.; DE SOUZA FILHO, J.; MARTINS, O. P.; CINTRA E SILVA, D. O.; TEDESCO, A. C.; LACAVALA, Z. G. M.; BÃO, S. N.; SAMPAIO, R. N. R. Leishmanicidal activity of amphotericin B encapsulated in PLGA-DMSA nanoparticles to treat cutaneous leishmaniasis in C57BL/6 mice. **Experimental Parasitology**, v. 135, p. 217-222, 2013.

DIEBOLD, Y.; JARRÍN, M.; SÁEZ, V.; CARVALHO, E.L.S.; OREA, M.; CALONGE, M.; SEIJO, B.; ALONSO, M.J. Ocular drug delivery by liposomechitosan nanoparticle complexes (LCS-NP). **Biomaterials**, Amsterdam, v.28, n.8, p.1553-1564, 2006.

DURÁN, N.; MARCATO, P.; TEIXEIRA, Z; BROCCCHI, M. State of the Art of Nanobiotechnology Applications in Neglected Diseases. **Current Nanoscience**, 5(4), 396-408, 2009.

ETC GROUP. **Nanotech RX. Medical Applications of Nanoscale Technologies: what the impact on marginalized communities?** Ontario: ETC Group, 2006. Disponível em: <http://www.etcgroup.org/files/publication/593/01/etc06nanotechrx.pdf>. Acesso em: 27 mar. 2016.

ETP NANOMEDICINE–NANOMED2020. **Contribution of nanomedicine to horizon 2020. NanoMedicine European technology platform**, 2013. Disponível em:

<http://www.etp-nanomedicine.eu/public/press-documents/publications/etpn-publications/etpn-white-paper-H2020>. Acesso em: 27 mar. 2016.

EUROPEAN MEDICINES AGENCY – EMA. **Commission Staff Working Paper. Types and uses of nanomaterials, including safety aspects.** Accompanying the Communication from the Commission to the European Parliament, the Council and the European Economic and Social Committee on the Second Regulatory Review on Nanomaterials. Brussels: EU; 2012.

FALCÃO, C. B.; RODRIGUES FURTADO, V. L.; ROSSI-BERGMANN, B. **PAMAM Dendrimer as Carriers of Antileishmanial Drugs.** In: Terceira Reunião da Rede de Nanobiotecnologia, 2005, S. Pedro. Proceedings of the Third Meeting of the Network of Nanobiotechnology., p. 105-106, 2005.

FARIA, A. de. As características e o desenvolvimento da nanomedicina nas políticas brasileiras em nanociências e nanotecnologias (2001-2012). 105f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciências Humanas e Sociais), Universidade Federal do ABC, Santo André, 2013.

FEENBERG, A. Teoría Crítica de la tecnología. **Revista CTS**, v. 5, n. 2, 109-123, 2005. Disponível em: <http://oeibolivia.org/files/Volumen%202%20-%20N%C3%BAmero%205/doss04.pdf>. Acesso em: 10 out. 2016.

FERRAZ-CARVALHO, R. S. ; CAVALCANTI, I.M.F. ; LIRA-NOGUEIRA, M. C. B.; SANTOS-MAGALHÃES, N.S. ; MONTENEGRO, L. . Effects of the encapsulation of usnic acid into liposomes and interactions with antituberculous agents against multidrug-resistant tuberculosis clinical isolates. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz (Online) JCR**, v. 1, p. 1-5, 2016.

FERREIRA, L. C. de S. **Laboratório de Desenvolvimento de Vacinas.** Universidade de São Paulo. Disponível em: <https://www.abc.org.br/IMG/pdf/doc-4525.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2016.

FIGUEIRAS, A. R. R.; COIMBRA, A. B.; VEIGA, F. J. Nanotecnologia na saúde: Aplicações e perspectivas, **Informative Geum Bulletin**, v. 5, n. 2, 2014.

FISHER, E. Lessons learned from the Ethical, Legal and Social Implications program (ELSI): Planning societal implications research for the National Nanotechnology Program. **Technology & Society**, 27(3):321-28, 2005.

FONSECA, L. B. da. **Desenvolvimento de nanopartículas poliméricas contendo praziquantel para o tratamento da esquistossomose.** Tese (Doutorado em Engenharia Química), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

FOOD AND DRUG ADMINISTRATION – FDA. Nanotechnology Fact Sheet. 2015. Disponível em: <http://www.fda.gov/ScienceResearch/SpecialTopics/Nanotechnology/ucm402230.htm#overview>. Acesso em: 2 dez. 2016.

FORMARIZ, T. P. **Incorporação da doxorrubicina em microemulsões**

estabilizadas por fosfatidilcolina de soja e estudo da atividade antiproliferativa in vitro através de culturas de células. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Ciências Farmacêuticas, Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2004.

FREITAS, R. A. Nanotechnology, nanomedicine and nanosurgery. *International Journal of Surgery*, v. 3, n.4, p. 243-246, 2005.

FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ - FIOCRUZ. **Doença de Chagas.** 2013a. Disponível em: <https://agencia.fiocruz.br/doen%C3%A7a-de-chagas>. Acesso em: 10 nov. 2016.

FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ - FIOCRUZ. **Leishmaniose.** 2013b. Disponível em: <https://agencia.fiocruz.br/leishmaniose>. Acesso em: 08 set. 2016.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 6. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

HENRIQUES, CI R.; RUIZ, M.A.; ARIAS, J.L. Nanotechnology and the diagnosis/treatment of leishmaniasis. *Ars. Pharmaceutica, Universidad de Granada, Espanha*, 55 (3): 1-10, 2014.

HUGHES, T. P. Technological momentum. In: MARX, L.; SMITH, M. R. (eds). **Does technology drive history? The Dilemma of Technological Determinism.** Cambridge, Mass: MIT Press, 1996.

HUNT, G. Nanotechnologies and society in Europe. In: HUNT, Geoffrey; MEHTA, Michael D. (Eds.). **Nanotechnology risk, ethics and law.** 2. ed. London; Sterling, VA: Earthscan, p. 92-104, 2008.

INÁCIO, M.; QUEVEDO, P. J.; BAGATTOLLI, C. Átomos, moléculas e um vácuo: Apontamentos sobre as iniciativas legislativas brasileiras para a regulamentação da nanotecnologia. In: **VI Simpósio Nacional de Ciência Tecnologia e Sociedade - Esocite.BR TECSOC**, 2015, Rio de Janeiro. Anais Eletrônicos. ESOCITE.BR: Rio de Janeiro, 2015. v. 6. p. 239-240.

INVERNIZZI, N., FOLADORI, G.; MACLURCAN, D. Nanotechnology's controversial role for the South. **Science, Technology & Society**, v.13, n.1, p. 123–148, 2008.

INVERNIZZI, N.; CAVICHIOLO, C. Nanotecnología en los medios: ¿qué información llega al público? **Redes**, v. 15, n. 29, p. 139-175, 2009.

INVERNIZZI, N.; FOLADORI, G. Nanomedicine, poverty and development. **Development**, v. 12, p. 1-5, 2006.

INVERNIZZI, Noela; KÖRBES, Cleci; FUCK, Marcos P. Política de Nanotecnología en Brasil: a 10 años de las primeras redes. In: FOLADORI, G.; INVERNIZZI, N.; ZÁYAGO, E. Z.; (Coords.) **Perspectivas sobre el desarrollo de las nanotecnologías en América Latina.** Mexico, DF: M.A. Porrúa, 2012, p. 55-84.

JUMA, C.; YEE-CHEONG, L. **Innovation: applying knowledge in development. UM Millennium Project – Task Force on Science, Technology and Innovation**, 2005. Disponível em: <http://belfercenter.ksg.harvard.edu/files/tf-advance2.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2016.

KAY, L.; INVERNIZZI, N.; SHAPIRA, P. The role of Brazilian firms in nanotechnology development. **Atlanta Conference on Science and Innovation Policy**, 2009.

KNELL, M. Nanotechnology and the Sixth Technological Revolution. In: COZZENS, S. E.; WETMORE, J. M. (Ed.). **Nanotechnology and the challenges of equity, equalizy and development**. v. 2, cap. 8, p. 127-143, 2011.

KÖRBES, C. **Educação não-formal em mídias: Divulgação científica sobre nanotecnologia**. 321f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Tecnologia). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

KÖRBES, C.; INVERNIZZI, N. Nanotecnologia em mídias: utopias e distopias. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 10, n. 19, 2014. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/2652/1759>. Acesso em: 10 jan. 2017.

KREIMER, P.; ZABALA J. Producción de conocimientos científicos y problemas sociales en países en desarrollo. **Revista Nómadas**, p. 110-122, 2007.

KRIEGER, M. A.; SOUZA, R.; ALVAREZ, P.; FERREIRA, A.; MOREIRA, M. S. Cooperação técnico-científica entre instituições públicas e privadas para incorporação tecnológica: o impacto da nacionalização do teste NAT HIV e HCV na ampliação do acesso e na formação de base tecnológica no âmbito do Sistema Único de Saúde. **Divulgação para Saúde em Debate**, n. 50, p. 102-112, 2013.

KUMAR, N. et al. Nanotechnology: A focus on treatment of tuberculosis. **International Journal of Drug Delivery** (3): 25-42, 2011. doi: 10.5138/ijdd.2010.0975.0215.03051.

LEGGE, D. **Health in the post-2015 development agenda**. Third World Resurgence, p. 45-8, 2014.

LEGRAND, P.; BARRATT, G.; MOSQUEIRA, V.; FESSI, H.; DEVISSAGUET, J-P. Polymeric nanocapsules as drug delivery systems: a review. S.T.P. **Pharma Sci.**, Paris v.9, p.411-418, 1999.

LEWENSTEIN, B. What counts as a 'social and ethical issue' in nanotechnology? **HYLE: International Journal for the Philosophy of Chemistry**, [Berlin], v. 11, n. 1, p. 5-18, 2005.

LUNA, D. M. N.; AVELINO, K.Y.P.S.; CORDEIRO, M. T.; ANDRADE, C. A. S. ; OLIVEIRA, M. D. L. . Electrochemical immunosensor for dengue virus serotypes based on 4-mercaptobenzoic acid modified gold nanoparticles on self-assembled cysteine monolayers. Sensors and Actuators. B, **Chemical JCR**, p. 565-572, 2015.

MACDONALD, C.; WILLIAMS-JONES, B. Nothing New (Ethically) Under the Sun: Policy & Clinical Implications of Nanomedicine. **BioéthiqueOnline**, 2012. Disponível em: <http://bioethiqueonline.ca/en/archives/2848>. Acesso em: 03 mar. 2016.

MAGALHÃES, J.L.; ANTUNES, A. M. S; BOECHAT, N. **Tendências tecnológicas no setor farmacêutico: A questão das doenças tropicais negligenciadas**. Rio de

Janeiro: Synergia: FAPERJ: Farmanguinhos: FIOCRUZ, 2012.

MARCONI, M.A.; LAKATOS, E.V. **Técnicas de Pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

MERIDIAN INSTITUTE. **Nanotechnology and the Poor: Opportunities and Risks - Closing the Gaps Within and Between Sectors of Society**, 2005. Disponível em: <http://www.meridian-nano.org/gdnp/NanoandPoor.pdf>. Acesso em: 27/03/2016.

MILLS, K. **Nanotechnologies and society in the USA**. In: HUNT, G.; MEHTA, M. D. (Eds.). *Nanotechnology risk, ethics and law*. 2. ed. London; Sterling, VA: Earthscan, 2008, p. 74-91.

MINAYO, M. C. S. **O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde**. São Paulo: Hucitec/ABRASCO, 1992.

MNYUSIWALLA, A.; ABDALLAH, S. D.; SINGER, P. A. Mind the Gap: Science and ethics in nanotechnology. **Nanotechnology**, v. 14, R9-R13, 2003.

MOORE, F. N. Implications of nanotechnology applications: using genetics as a lesson, **Health Law Review**, [Canada], v. 10, n. 3, p. 9-15, 2002.

MOSQUEIRA, V. C. F.; LEGRAND, P.; BARRAT, G. Surface-modified and conventional nanocapsules as novel formulation for parenteral delivery of halofantrine. **Journal Nanoscience & Nanotechnology**, Stevenson Ranch, v. 9-10, p. 3193-3202, 2006.

NATIONAL INSTITUTES OF HEALTH – NIH. Nanotechnology at NIH. 2016. Disponível em: <https://www.nih.gov/research-training/nanotechnology-nih>. Acesso em: 10 jan. 2017.

OLIVEIRA, C. R. de. **Nanopartículas de quitosana como novo sistema de liberação vacinal contra a esquistossomose**. Dissertação (Mestrado em Bioquímica e Imunologia). Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2011.

OLIVEIRA, M. L. W. de. Estratégias de prevenção e controle da hanseníase. In: **Universidade de Brasília – UnB. Hanseníase: avanços e desafios**. Brasília, NESPROM, p. 401-418, 2014.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA – UNESCO. **The ethics and politics of nanotechnology**. Paris: UNESCO, 2006. Disponível em: <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001459/145951e.pdf>. Acesso em: 05 abr. 2016.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE - OMS. **Primeiro relatório da OMS sobre as doenças tropicais negligenciadas**, 2010.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Estratégia técnica mundial para o paludismo 2016-2030**. 2015. Disponível em:

http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/176712/6/9789248564994_por.pdf. Acesso em: 20 jun. 2016.

PERINOTTO, A. C.; MAKI, RM ; COLHONE, M. C. ; SANTOS, F. R. ; MIGLIACCIO, V. ; DAGHASTANLI, K. R. P. ; Stabeli R ; CIANCAGLINI, P. ; PAULOVICH, F. ; OLIVEIRA, M. C. F. ; OLIVEIRA JR, O. N. de ; ZUCOLOTTI, V. . Biosensors for Rapid and Efficient Diagnosis of Leishmaniasis: Innovations in Bioanalytics for a Neglected Disease. **Analytical Chemistry**, (Washington), v. 82, p. 9763-9768, 2010.

PIMENTEL, L. F.; JÚNIOR JÁCOME, A. T.; MOSQUEIRA, V. C. F.; SANTOS-MAGALHÃES, N. S. Nanotecnologia farmacêutica aplicada ao tratamento da malária. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 43, n. 4, p. 503-514, 2007.

PINCH, T.; BIJKER, W. La construcción social de hechos y de artefactos: o acerca de cómo la sociología de la ciencia y la sociología de la tecnología pueden beneficiarse mutuamente. In: THOMAS, H.; BUCH, A. (eds) **Actos, actores y artefactos. Sociología de la tecnología**. Quilmes: Universidad Nacional de Quilmes, 2008.

POLHMANN, A. R.; GUTERRES, S. S. **Relatório GT Marco Regulatório. Fórum de Competitividade de Nanotecnologia**. Brasília/DF: MDIC, 2010.

PONTES, A.C.O.; CAETANO, M.N.P.; SANTOSMAGALHÃES, N.S. Physicochemical characterization and antimicrobial activity of benzathine penicillin G liposomes. S.T.P. **Pharma Sci.**, Paris, v.9, p.419-427, 1999.

RESNIK, D. B.; TINKLE, S. S. Ethics in nanomedicine. **Nanomedicine**, v. 2, n. 3, 2, p. 345-350, 2007, doi: 10.2217/17435889.2.3.345. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2695932/>. Acesso em: 03 abr. 2016.

RIBEIRO, E. M. C.; FERREIRA, C. S. ; CAIRES, ANDERSON, J.; FONSEVA, F. G. ; LADEIRA, L. O. ; SILVA, B. M. . Nanopartículas de ouro funcionalizadas com anticorpos para diagnóstico de dengue. In: I Simposio Nacional de Aplicações Biotecnológicas, 2014, Uberlândia. **Anais do I Simposio Nacional de Aplicações Biotecnológicas**, 2014.

RODOVALHO, L. F. F. **Estudo da encapsulação da isotretinoína nas formas livres e associada a ciclodextrinas em niossomas**. 100f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas). Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2007.

ROMERO, E. L.; MORILLA, M. J. Nanotechnological approaches against Chagas' disease. **Advanced Drug Delivery Reviews**, 2009.

ROSSI-BERGMANN, B. Nanotecnologia: da saúde para além do determinismo tecnológico. **Ciência e Cultura (SBPC)**, v. 60, p. 54-7, 2008.

ROSSI-BERGMANN, R.; FRÉZARD, F. Aplicação da nanotecnologia para tratamento e vacinação da leishmaniose. In: MORALES, M. M. **Terapias avançadas: células-tronco, terapia gênica e nanotecnologia aplicada à saúde**. São Paulo: Atheneu, p. 265-277, 2007.

ROSSI-BERGMANN, B.; PACIENZA-LIMA, W.; MARCATO, P. D.; DE CONTI, R.; DURÁN, N. Therapeutic Potential of Biogenic Silver Nanoparticles in Murine Cutaneous Leishmaniasis. **Journal of Nano Research (Online)**, v. 20, p. 89-97, 2012.

ROYAL SOCIETY AND THE ROYAL ACADEMY OF ENGINEERING. **Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties**, julho, 2004. Disponível em: <http://www.raeng.org.uk/publications/reports/nanoscience-and-nanotechnologies-opportunities>. Acesso em: 27 mar. 2016.

RYE, S. **Nanomedicine. New solutions or new problems?** Health Care without Harm. Disponível em: <https://noharm-europe.org/sites/default/files/documents-files/2462/HCWH%20Europe%20Nanoreport.pdf>. Acesso em: 05 abr. 2016.

SALAMANCA-BUENTELLO, F., PERSAD, D.; COURT, E.; MARTIN, D.; DAAR, A.; Singer, P. Nanotechnology and the Developing World. **PLoS Medicine**, 2005. Disponível em: <http://journals.plos.org/plosmedicine/article?id=10.1371/journal.pmed.0020097>. Acesso em: 27 mar. 2016.

SALERNO, M. **A Política industrial, tecnológica e de comércio exterior do governo federal**. Parcerias Estratégicas, Brasília, CGEE, n. 19, 2004.

SANTOS JUNIOR, J. L. **Ciência do futuro: A comunidade de pesquisa e o ciclo da política de nanociência no Brasil**. Tese (Doutorado em Ciências Sociais em Desenvolvimento, Agricultura e Sociedade), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

SANTOS JUNIOR, J. L. **Ciência do futuro e futuro da ciência: redes e políticas de nanociência e nanotecnologia no Brasil**. Rio de Janeiro: EdUERJ, 2013.

SANTOS, F. K. ; GARNERO, C. ; OLIVEIRA, R. N.; SOUZA, A. L. R.; CHORILLI, M.; ALLEGRETTI, S. M. ; LONGHI, M. ; CHAUD, M. V.; GREMIÃO, M. P. D. Nanostructured Lipid Carriers as a Strategy to Improve the <I>In Vitro</I> Schistosomiasis Activity of Praziquantel. **Journal of Nanoscience and Nanotechnology** (Print) **JCR**, v. 15, p. 761-772, 2015.

SANTOS, J. M.; RODRIGUES, S.M.; RIBEIRO, D.M.; PRIOR, J.V. Perspectivas de utilização de nanomateriais em nanodiagnóstico. **Acta Farmaceutica Portuguesa**, v. 3, n. 1, p. 3-14, 2014.

SANTOS-MAGALHÃES, N. S.; MOSQUEIRA, V. C. F. Nanotechnology applied to the treatment of malária. **Advanced Drug Delivery Reviews** (62): 560-575, 2010.

SAREWITZ, D.; WOODHOUSE, E. Science Policies for reducing societal inequities. **Science and Public Policy**, v. 34, n. 3, p. 139-150, 2007. doi: 10.3152/030234207X195158.

SCHAFFAZICK, S. R.; GUTERRES, S. S.; FREITA, L. L.; POHLMANN, A. R.

Caracterização e estabilidade físico-química de sistemas poliméricos nanoparticulados para administração de fármacos. **Química Nova**, v. 26, n.5, p. 726-737, 2003.

SCHUMPERT, B.; WOLF, A. et al. Specificity and Engagement: Increasing ELSI's Relevance to Nano-Scientists. **Nanoethics** 8, p. 193-2000, 2014.

SENJEN, R. Nanomedicine: new solutions or new problems? Health Care Without Harm. Art & Print, Bélgica, 2013.

SILVA, L. H.; VIANA, A. R.; BALDISSERA, M. D.; NASCIMENTO, K.; SAGRILLO, M. R.; LUCHESE, C. Revisão bibliográfica sobre relações entre nanomateriais, toxicidade e avaliação de riscos: A emergência da Nanotoxicologia. **Disciplinarum Scientia. Série: Ciências da Saúde**, Santa Maria, v. 15, n. 1, p. 19-30, 2014.

SILVA, L. P.; MAGALHÃES, B. S.; BONATTO, C. C.; CURLEY, R. C.; BEMQUERER, M.P.; RECH FILHO, E. L.; BLOCH JÚNIOR, C. **BioNanotecnologia/NanoBiotecnologia: a quarta revolução industrial**. EMBRAPA, 2008.

SOLANO-UMANÃ, V.; VEJA-BAUDRIT, J. R.; GONZÁLEZ-PAZ, R. The new field of the nanomedicine. **International Journal of Applied Science and Technology**, v. 5, n. 1, p. 79-88, 2015.

SOUZA, B. L. S. C. **Desenvolvimento tecnológico de uma vacina de DNA intranasal contra a leishmaniose cutânea**. 102 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Biofísica). Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2007.

UNITED NATIONS. **Health in the post-2015. Agenda: report of the global thematic consultation on health**. 2013. Disponível em: <http://www.worldwewant2015.org/file/337378/download/366802>. Acesso em: 10 mai. 2016.

UNITED NATIONS. **Millennium declaration**. 2000. Disponível em: <http://www.un.org/millennium/declaration/ares552e.pdf>. Acesso em: 10 mai. 2016.

UNITED NATIONS. **The future we want**. 2012. Disponível em: http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/66/288&Lang. Acesso em: 10 mai. 2016.

UNIVERSIDADE ABERTA DO SUS – UNASUS. **Ministério da Saúde lança plano de eliminação da malária no Brasil**. 2015. Disponível em: <http://www.unasus.gov.br/noticia/ministerio-da-saude-lanca-plano-de-eliminacao-da-malaria-no-brasil>. Acesso em: 30/06/2016.

WESTAWAY EG, Blok J. **Taxonomy and evolutionary relationships of flaviviruses**. In: Gubler DJ, Kuno C, eds. Dengue and Dengue Hemorrhagic Fever. Cambridge: CAB International; 1997, p. 147-73.

WOODSON, T. S. Research Inequality in Nanomedicine. **Journal of Business Chemistry**, v. 9, n.3, 2012.

WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. **Neglected diseases**. 2016. Disponível em: http://www.who.int/neglected_diseases/diseases/en/. Acesso em: 20 ago 2016.

YED GRAPH EDITOR. Disponível em: <https://www.yworks.com/en/products/yfiles/yed/>. Acesso em: 30 jun. 2016.

APÊNDICE – ROTEIRO DA ENTREVISTA

Nome do Entrevistado	
Nome do Grupo de Pesquisa	
Nome da instituição	
Data da entrevista	
Dimensões da pesquisa	Perguntas
Pesquisador	<p>1) A partir de qual ano ingressou como pesquisador do grupo de pesquisa?</p> <p>2) Antes de participar do grupo de pesquisa, realizava pesquisas na área de nanotecnologia? Ou na área de doenças negligenciadas?</p>
Constituição do grupo de pesquisa	<p>1) Quando o grupo de pesquisa foi criado, a nanotecnologia já se configurou como uma linha de pesquisa?</p> <p>2) A partir de qual ano, a nanotecnologia ingressou como área de pesquisa do grupo?</p> <p>3) As aplicações nanotecnológicas desenvolvidas pelo grupo de pesquisa são destinadas a outras áreas, além das doenças negligenciadas?</p> <p>4) Qual foi a motivação para pesquisar as doenças negligenciadas?</p> <p>5) Como e quando a nanotecnologia foi incorporada? Da onde veio o estímulo para pesquisa em nanotecnologia aplicada a doenças negligenciadas?</p> <p>6) A constituição do grupo se deu por algum incentivo de política pública de nanotecnologia, de editais e de redes de pesquisa? E quais foram os impactos?</p> <p>7) Como o grupo se beneficiou dos incentivos das políticas de nanotecnologia, como por ex. os editais de redes, o SisNANO, NanoSUS?</p> <p>8) Quais são as competências profissionais do grupo?</p>

<p>Doenças negligenciadas e aplicações nanotecnológicas</p>	<p>1) Quais das seguintes doenças negligenciadas são consideradas como prioritárias e de interesse do grupo de pesquisa?</p> <p>() dengue () doença de Chagas () esquistossomose</p> <p>() hanseníase () leishmaniose () malária () tuberculose</p> <p>2) Quais das seguintes aplicações nanotecnológicas têm sido desenvolvidas pelo grupo de pesquisa?</p> <p>() liberação de fármacos () desenvolvimento de vacinas () técnicas de diagnósticos () medicina regenerativa ()</p> <p>Outras. Especificar:</p> <p>3) O grupo de pesquisa desenvolveu/desenvolve algum tipo de nanocarreador para o tratamento da doença negligenciada. Em caso afirmativo, qual(is)?</p> <p>() dendrímeros () lipossomas () nanocápsulas () nanoemulsões () nanoesferas () nanopartículas de lipídios sólidos () nanosuspensões () niossomas () Outra: Especificar.</p> <p>4) Em caso de desenvolvimento de nanocarreadores, são transportados fármacos já existentes ou estão sendo desenvolvidos novos fármacos?</p> <p>5) Quais os benefícios potenciais que as aplicações nanotecnológicas desenvolvidas pelo grupo de pesquisa oferecem para o tratamento das doenças negligenciadas?</p> <p>6) Já foram ou estão sendo desenvolvidos ensaios clínicos? Em caso afirmativo, para quais doenças e como foram/estão sendo realizados?</p> <p>7) As técnicas utilizadas são exclusivas para doenças negligenciadas ou podem ser aplicadas a outras doenças negligenciadas?</p>
<p>Avaliação de riscos e toxicidade</p>	<p>1) Como são realizados e avaliados os testes de toxicidade?</p> <p>2) Quais os resultados relacionados à toxicidade que o grupo de pesquisa encontrou até o momento?</p>
<p>Políticas de Nanotecnologia</p>	<p>1) Como avalia as políticas em nanotecnologia na área da saúde no país? As políticas promoveram/promovem o fomento da área? De que forma?</p> <p>2) As atuais políticas brasileiras em nanotecnologia fortalecem a formação e continuidade do grupo de pesquisa? De que forma?</p> <p>3) As políticas brasileiras em nanotecnologia priorizam a pesquisa na área das doenças negligenciadas? De que forma?</p> <p>4) As políticas brasileiras em nanotecnologia incentivam a avaliação de riscos e a análise das implicações éticas e sociais? Em que sentido?</p>

	5) O grupo analisa as implicações éticas e sociais da pesquisa em curso? De que forma?
Financiamento de pesquisas	<p>1) O grupo de pesquisa teve/tem projetos de pesquisa que foram aprovados por meio de editais do CNPq relacionados à área de nanotecnologia? Se sim, quais? Esses editais contemplavam/contemplam pesquisas para as doenças negligenciadas?</p> <p>2) O grupo de pesquisa teve/tem projetos de pesquisa que foram aprovados por meio de editais do DECIT/MS relacionados à área de nanotecnologia? Se sim, quais? Esses editais contemplavam/contemplam pesquisas para as doenças negligenciadas?</p> <p>3) Como avalia os valores dos recursos provenientes nos editais?</p> <p>4) Há a participação das empresas nas atividades desenvolvidas pelo grupo de pesquisa? Em caso afirmativo, de quais empresas e de que forma elas participam?</p>
Infraestrutura	<p>1) O grupo dispõe de infraestrutura própria ou de laboratórios multiusuários para o desenvolvimento de pesquisas para doenças negligenciadas?</p> <p>2) A participação de editais foi importante para garantir essa infraestrutura?</p>
Incentivo a P&D	<p>1) Como avalia o incentivo à P&D na área da nanotecnologia aplicada a doenças negligenciadas?</p> <p>2) Você considera que se está desenvolvendo inovação nessa área? Em que sentido?</p>
Redes de colaboração	<p>1) O grupo de pesquisa já estabeleceu/estabelece redes de colaboração com empresas públicas/privadas e/ou laboratórios públicos/privados? De que forma?</p> <p>2) O grupo de pesquisa já estabeleceu/estabelece redes de colaboração com outros grupos de pesquisa no âmbito nacional e internacional? De que forma? Se no âmbito internacional, com quais países?</p>
Perspectivas e desafios	<p>1) Quais são os principais desafios do grupo de pesquisa em termos de pesquisa na área de nanotecnologia aplicada a doenças negligenciadas?</p> <p>2) Quais as perspectivas do grupo de pesquisa para a área de nanotecnologia aplicada a doenças negligenciadas?</p>

Fonte: Elaborado pela autora (2016).