



Relatório



A Física e o desenvolvimento nacional

SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA - SBF

Relatório



A Física e o desenvolvimento nacional

Sociedade Brasileira de Física - SBF



cgge

Brasília - DF

2012

Sociedade Brasileira de Física (SBF)

CGEE

Presidente

Mariano Francisco Laplane

Diretor Executivo

Marcio de Miranda Santos

Diretores

*Antonio Carlos Filgueira Galvão
Fernando Cosme Rizzo Assunção
Gerson Gomes*

SBF

Presidente

Celso Pinto de Melo (UFPE)

Vice-Presidente

Ronald Cintra Shellard (CBPF)

Secretário Geral

Antonio Martins Figueiredo Neto (USP)

Secretário

Alberto Saa (UNICAMP)

Tesoureira

Rita Maria Cunha de Almeida (UFRGS)

Secretária para Assuntos de Ensino

Silvânia Sousa do Nascimento (UFMG)

Edição / Tatiana de Carvalho Pires

Projeto gráfico e capa / Eduardo Oliveira

Apoio Técnico / Krislane de Andrade Matias (estagiária) / Nilton Miguel Aguilar de Costa (estagiário)

Apoio administrativo / Flávia Montandon Fagundes Pinto / Marina Maria Guimarães Brasil

Consulta pública ao projeto / Kleber de Barros Alcanfor / Lílian Maria Thomé Andrade Brandão / Rogério Mendes Castilho

Revisão / Anna Cristina de Araújo Rodrigues

Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
SCN Qd 2, Bl. A, Ed. Corporate Financial Center sala 1102
70712-900, Brasília, DF
Telefone: (61) 3424.9600
<http://www.cggee.org.br>

Esta publicação é parte integrante das atividades desenvolvidas no âmbito do Contrato do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos - CGEE/ Sociedade Brasileira de Física - SBF/2011. Ação: Desafios para Física Brasileira nos Próximos 10 anos - 20.1.1

Todos os direitos reservados, pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) e Sociedade Brasileira de Física.



A Física e o desenvolvimento nacional

Sociedade Brasileira de Física - SBF

Supervisão

Marcio de Miranda Santos

Coordenadores

Claudio Chauke Nehme

Eduardo do Couto e Silva

Equipe técnica SBF

Celso Pinto de Melo

Mauricio Kleinke

Rita M. C. de Almeida

Ronald Cintra Shellard

Spero Morato

Tito J. Bonagamba

Equipe técnica CGEE

André Silva de Queiroz

Cristiano Hugo Cagnin

Evando Mirra de Paula e Silva

Lélio Fellows Filho

Sofia Cristina Adjuto Daher Aranha

Tomaz Back Carrijo

A FÍSICA E O DESENVOLVIMENTO NACIONAL

Resumo executivo	9
Apresentação	11
1. Introdução	13
2. A Física brasileira e o desenvolvimento econômico do Brasil	15
2.1. IV Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação	15
2.2. Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação	17
2.3. Plano Brasil Maior	19
3. Mapeamento da Física brasileira	21
3.1. Número de físicos no Brasil	21
3.2. As comunidades de Física	24
3.3. Perfil das comunidades de Física brasileiras	25
3.4. A percepção sobre liderança internacional	27
3.5. Características das comunidades de Física	29
4. Físicos (mestres e doutores) nas empresas	43
4.1. Distribuição por ocupação	48
4.2. Distribuição por natureza jurídica do empregador	52
4.3. Distribuição por atividade econômica	54
5. Interações comunidade de Física e setor empresarial	59
5.1. Percepção sobre os mecanismos de interação	59
5.2. Percepção sobre a formação acadêmica	62
6. Observações e recomendações finais	65
6.1. Gestão de talentos da Física	65
6.2. Ambiente de inovação	65
6.3. Interação indústria-academia	66
6.4. Infraestrutura de pesquisa	66

6.5. Formação profissional	66
6.6. Divulgação e popularização da Física	67
6.7. Recomendações finais	67
Referências	68

APÊNDICE

A.1. Metodologia do estudo	71
A.2. Primeira consulta estruturada	73
A.3. Segunda consulta estruturada	76
A.4. Primeira oficina de trabalho	80
A.5. Segunda oficina de trabalho	81
A.6. Tabelas adicionais com resultados das consultas	82
A.7. Tabelas adicionais do mapeamento dos físicos nas empresas	86

A Física e o desenvolvimento nacional





Resumo executivo

A Física exerce papel central nos programas prioritários da Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação do governo brasileiro e tem potencial para contribuir para a inovação e aumento de competitividade dos setores industrial e empresarial do país. Para isso, é preciso que essa comunidade seja estudada e conhecida, tarefas a que este estudo se propõe.

O presente estudo infere a existência de uma comunidade de Física brasileira diversificada, com cerca de 35% de físicos teóricos, 35% de experimentais e um número significativo de físicos dedicados ao ensino (26%), sendo que o restante realiza atividades de gestão. Este estudo estima que, em 2012, a comunidade de Física consiste de 10 mil membros, sendo que cerca de 20% destes são estudantes de graduação. Os físicos são versáteis, têm alta qualificação e conhecimento tanto abrangente quanto específico. Devido à sua alta capacidade de aprendizado de novas ciências e técnicas, nas empresas encontram-se físicos em atividades de pesquisa e de assistência tecnológica e também prestando consultoria em soluções, projetos e no desenvolvimento de novos produtos ou soluções.

Estima-se que, em 2009, havia 2.651 mestres e doutores em Física com emprego formal no Brasil, sendo que cerca de 70% destes estavam empregados em atividades relacionadas à educação. Aproximadamente 270 mestres e doutores exerciam atividades na área de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) nas empresas e entidades sem fins lucrativos. Estes físicos, em sua maioria, atuavam em setores prioritários da política industrial, tecnológica, de serviços e de comércio exterior. As principais ocupações se relacionavam com atividades econômicas associadas à indústria extrativa e à de transformação, atividades profissionais científicas e técnicas e à defesa, sendo que o número de físicos nas três primeiras áreas correspondia a cerca de 10% do de engenheiros. Os físicos brasileiros tradicionalmente têm ocupado posições de direção no serviço público estadual e federal e, em 2009, contabilizavam 70 profissionais, provavelmente nas áreas de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I). A versatilidade da sua qualificação se evidencia também nas áreas policial, de finanças, de auditoria e de fiscalização, que empregam cerca de 80 físicos. Entretanto, este estudo encontrou aproximadamente 200 físicos (mestres e doutores) em ocupações que não necessariamente exigem alta qualificação. No futuro, devem ser apuradas as razões que justifiquem tal distribuição e se há a necessidade de criar mecanismos mais adequados para promover a inserção desses profissionais nas áreas de PD&I das empresas.

O número de físicos nas empresas obtido neste estudo representa um limite inferior pelas seguintes razões: os dados utilizados compreendem o período de 1996 até 2009, o número de físicos que cursaram apenas bacharelado e trabalham nas empresas não foi computado e também não se incluiu o número de pesquisadores em instituições de ensino que atualmente mantêm parcerias com empresas. Não existe um número ideal de físicos que devam ser empregados nas empresas, mas certamente o número encontrado neste estudo é muito pequeno quando contrastado às perspectivas de desenvolvimento do país. Para aprofundar essa questão, é necessário estimar o valor agregado das empresas que dependem criticamente da Física e avaliar o seu impacto na economia brasileira.

Os participantes deste estudo entendem a necessidade de uma melhor e maior interação com as indústrias e empresas, porém isso não significa mudança de paradigma no meio acadêmico, uma vez que ainda há pouco envolvimento com os setores industrial e empresarial, conhecimento limitado sobre os mecanismos de interação e pouco entendimento sobre os benefícios oriundos dessa aproximação. Assim, a intenção da comunidade de Física de interagir com a indústria deve ser interpretada como uma oportunidade para que se aprofundem as discussões sobre o tema em nível nacional.

Este estudo oferece sugestões com os objetivos de aprofundar o diagnóstico do perfil da comunidade de Física e aperfeiçoar instrumentos de articulação dessa comunidade com os agentes de governo e com os setores empresarial e industrial. Há a percepção de que a Física brasileira precisa se conhecer melhor e reavaliar-se criticamente para atender aos imperativos de crescimento do país e se posicionar, também cientificamente, no cenário internacional, almejando liderança compatível com o seu potencial e acompanhando o desenvolvimento econômico do Brasil. No final desta publicação, recomenda-se um direcionamento estratégico para a Física brasileira com propostas de diretrizes e ações para seis áreas, a saber: gestão de talentos da Física, ambiente de inovação, interação academia-indústria, infraestrutura de pesquisa, formação profissional e divulgação e popularização da Física.

O estudo conclui com as seguintes recomendações finais: estimular a criação de centros de excelência, em parceria com as empresas, para atender aos desafios científicos e tecnológicos do país; criar um observatório de Física para a inovação; fazer uma autoavaliação da Física brasileira a cada cinco ou dez anos para subsidiar um planejamento estratégico; identificar o número de físicos nas empresas e sua titulação (incluindo bacharéis) e dos pesquisadores em instituições de ensino que realizam parcerias com empresas; estimular a participação da Física brasileira em programas internacionais de pesquisa e atividades multidisciplinares; criar programas de estágio nas empresas para estudantes de Física e disseminar o potencial de empregabilidade dos físicos nos Institutos de Ciência e Tecnologia (ICT) e nas empresas.



Apresentação

A presente publicação discorre sobre os desafios que a Física brasileira enfrentará na próxima década em sua relação com a indústria. Este estudo foi encomendado ao Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) pela Sociedade Brasileira de Física (SBF) com apoio da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) e contou com a colaboração de participantes de vários Institutos de Ciência e Tecnologia (ICTs), empresas e associações. Apesar de o público-alvo ser a comunidade brasileira de Física, as informações contidas nesta publicação serão de grande valia tanto para o setor empresarial quanto para o governo brasileiro e suas agências, uma vez que fornecerão subsídios para interlocução e entendimento entre esses atores, visando aumentar a participação da Física no desenvolvimento nacional.

Como não existe uma base de dados dos físicos brasileiros que seja consolidada, de fácil acesso e que descreva a natureza de suas atividades principais e suas linhas de atuação e pesquisa, esperamos que o estudo represente um avanço no mapeamento dessa comunidade, cujo papel é de extrema relevância para as prioridades estratégicas de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) no Brasil.

Esta publicação respeita a seguinte organização: após uma breve introdução, discutiremos as diretrizes do governo brasileiro e a sua relevância para a Física (seção 2). Em seguida, apresentaremos mapeamento das comunidades de Física e o número de físicos no Brasil e nas empresas (seções 3 e 4). Os mecanismos de interação entre a comunidade de Física e o setor industrial e empresarial serão discutidos na seção 5 e finalmente, na última seção, faremos recomendações para fomentar maior interação entre a comunidade de Física e o setor industrial e empresarial, visando ao estímulo à inovação. O Apêndice A descreve a metodologia empregada e permite que o leitor elabore as suas próprias conclusões sobre a aplicabilidade das estratégias adotadas.





1. Introdução

A consolidação da Física brasileira é recente e remonta ao período entre 1930-1940 com a criação das primeiras universidades em São Paulo e no Rio de Janeiro (VEIRA & VIDEIRA, 2007). Desde então, pesquisadores estrangeiros e físicos brasileiros trabalham juntos para promover o desenvolvimento da Física no país e aumentar sua inserção internacional. Com a industrialização do Brasil na década de 1950, a Física adquiriu importância maior na formação de engenheiros, porém suas contribuições resultaram em reduzido impacto direto no setor industrial (VEIRA & VIDEIRA, 2007). Há dez anos, a Sociedade Brasileira de Física (SBF) vem alertando para a importância desse tema e produzindo relatórios para sensibilizar a comunidade de Física e outros atores envolvidos nesse processo (CHAVES & SHELLARD, 2005; CHAVES et al., 2007).

Em outros países, os físicos estão mais presentes nas empresas e beneficiam-se de mecanismos que reconhecem a importância de suas contribuições para o desenvolvimento tecnológico industrial. Como exemplo, citam-se os Estados Unidos¹, com fóruns de interação e premiação de pesquisadores, cujas atividades demonstram o potencial da Física ou o seu impacto direto em aplicações industriais; a Austrália², que promove o “Dia da Física na Indústria”; e o Reino Unido³, com um fórum voltado às empresas cujos resultados dependem do conhecimento da Física. No Reino Unido, o impacto da Física no setor industrial foi quantificado ao analisar o valor agregado das empresas de alto conteúdo tecnológico (IOP, 2007). Os resultados revelaram que 2% das empresas britânicas pertencem a essa categoria e contribuem de maneira significativa com cerca de 6% do valor agregado da produção industrial do Reino Unido.

O atual crescimento econômico brasileiro representa um desafio às comunidades científicas: contribuir diretamente para o desenvolvimento do país, agregando valor à indústria brasileira e aumentando a sua competitividade. A presente publicação constitui subsídio para que a Física brasileira se insira nesse processo e possa definir uma estratégia de longo prazo que incorpore a aproximação do setores industrial e empresarial. Tal estratégia seria incompleta se não levasse em consideração a ciência fundamental como base de sustentação do planejamento de longo prazo.

Dados de 2009 compilados pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) indicam que a produção científica do país cresceu a uma taxa anual média de 10,5% nos últimos 28 anos, três vezes mais do que a média mundial e equivalente a 2,7% da produção científica no mundo (FREITAS, 2012). Um estudo recente no Reino Unido (IOP, 2012) compara o número de publicações em Física no período 2001-2010 entre países com reconhecida importância geopolítica e econômica, como Reino Unido, Estados Unidos, Canadá, França, Alemanha, Itália e Japão, e as economias em expansão com potencial de liderança internacional: Rússia, Índia, China, Coreia do Sul e Brasil. No caso do Brasil, há um declínio de publicações em Física de 2,6% para 2% entre 2001 e 2010, o que o posiciona em último lugar nesse rol de países. Todavia, ao analisar o impacto das citações, o

1 Disponível em: <<http://www.aip.org/industry/>> Acesso em: março de 2012.

2 Disponível em: <<http://physics-industry.com/index.html>> Acesso em: março de 2012.

3 Disponível em: <<http://www.iop.org/activity/business/index.html>> Acesso em: março de 2012.



Brasil sobe para a oitava posição em 2010, à frente de Rússia, Índia, China e Coreia do Sul, correspondendo a um crescimento de aproximadamente 25% em relação a 2009.

Apesar dos indicadores positivos da ciência brasileira, o Brasil ainda ocupa o quadragésimo sétimo lugar em inovação (THE GLOBAL INNOVATION INDEX, 2011). Embora faltem dados específicos, acreditamos que os indicadores para a Física no país reproduzam essa discrepância. São vários os gargalos científicos e tecnológicos brasileiros, como, por exemplo, necessidade de melhoria em educação científica, formação universitária, infraestrutura de pesquisa, instrumentação científica e marco legal de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). É preciso estimular a cultura de inovação e a comunicação entre os principais atores em CT&I e criar um processo de indução continuado para que a Física possa atender aos desafios do país. A Física tem papel preponderante em áreas estratégicas para o Brasil, como, por exemplo, nuclear, defesa, aeroespacial, agronegócio, saúde, energia, meio ambiente e mudanças climáticas.



2. A Física brasileira e o desenvolvimento econômico do Brasil

Para que a Física contribua de forma relevante para o desenvolvimento econômico do país, devemos assegurar alinhamento com as políticas científica e industrial do Brasil. Nesta seção, discutem-se a importância da 4ª Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação, realizada em 2010, que definiu como objetivo central a inovação; o Plano Brasil Maior e suas orientações estratégicas para o período 2011-2014, visando inovar e aumentar a competitividade da indústria brasileira; e a Estratégia Nacional de Ciência Tecnologia e Inovação (2012-2015), lançada em 2012 (CGEE, Livro Azul 2010).

2.1. IV Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação

A IV Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação para o Desenvolvimento Sustentável, realizada em 2010 e cujo objetivo principal foi a inovação, discutiu vários temas, dos quais ressaltam-se alguns relacionados com este estudo:

- Institucionalidade em CT&I;
- Agregação de valor à produção e à exportação nacionais e fomento à inovação tecnológica nas empresas;
- Ampliação e fortalecimento da base de pesquisa científica e tecnológica;
- Diversificação e aprimoramento da estrutura de financiamento a pesquisa e empreendimentos inovadores;
- Papel da CT&I na promoção de uma educação de qualidade e no desenvolvimento social;
- Expansão da cooperação científica e internacionalização da ciência brasileira.

Esses tópicos foram abordados por membros da comunidade de Física com mais de 500 comentários registrados em duas consultas estruturadas e duas oficinas de trabalho realizadas durante o estudo. Nesta seção, mencionam-se alguns dos comentários.

Entre as sugestões dos participantes para aperfeiçoar o ambiente de inovação, encontram-se: a promoção da cultura do empreendedorismo nos cursos de Física; o estímulo à formação de jovens físicos empreendedores; o fortalecimento de P&D nas empresas, inclusive nos grandes centros de P&D de multinacionais que estão se estabelecendo no país, com incentivo à participação de físicos na gestão da inovação; e a integração da comunidade científica com o meio empresarial. Algumas das comunidades de Física destacaram a importância do investimento em grandes laboratórios e projetos mobilizadores de CT&I.



Um tema recorrente nas discussões foi a valorização, perante a sociedade, da carreira docente e da profissão de físico, que ainda não é regulamentada. Alguns físicos acreditam que a regulamentação da profissão e o estabelecimento legal das funções desempenhadas por eles poderiam estimular a contratação de serviços pelo setor empresarial. Durante as oficinas de trabalho, mencionou-se a importância da presença de físicos em comitês dos Fundos Setoriais, dado o papel estratégico da Física nas áreas prioritárias de CT&I.

No processo de aproximação com as indústrias, deve-se sinalizar ao governo áreas em que o programa de encomendas e o uso do poder de compra possam ter impacto positivo no desenvolvimento científico e tecnológico. Os participantes deste estudo reconhecem a importância de também sensibilizar o governo quanto às dificuldades de importação de equipamentos e insumos e de divulgar melhor, dentro da própria comunidade de Física, o marco legal existente em CT&I. Comentou-se a necessidade em aumentar o número de editais para financiar compra de equipamentos de laboratório e o investimento em P&D por parte de indústrias e empresas privadas. Sobre a propriedade intelectual para a inovação, os participantes mencionaram a morosidade e a burocracia no processo de patenteamento. Tanto esse tema quanto a disseminação da cultura da propriedade intelectual precisam ser aprofundados com a comunidade. Os Núcleos de Inovação Tecnológica (NIT) foram mencionados como parceiros importantes, porém, por serem incipientes no país, nem todos acumularam, até o presente, a experiência necessária para facilitar as interações com os setores industrial e empresarial.

Os participantes também destacaram a importância da expansão da formação de recursos humanos em CT&I adequando-se os currículos de Física às necessidades atuais, bem como a necessidade de se ampliar e modernizar a infraestrutura de pesquisa disponível nas instituições de ensino e pesquisa do país, com estímulo a laboratórios multiusuários e colaborações internacionais, para que se propicie acesso à instrumentação de grande porte.

A segunda oficina contou com representantes do Senai e discutiu a importância em ofertar cursos técnicos e profissionalizantes, visando à criação de oportunidade profissional aos jovens e ao atendimento às necessidades do setor produtivo que dependam da Física. Outro tópico de grande interesse foi a elaboração de cursos acadêmicos mais alinhados e dinâmicos de forma a atender as demandas de inovação das empresas no longo e médio prazos.

A promoção da educação de qualidade desde o ensino fundamental pode ser bem explorada pela comunidade de Física. Existe no país, hoje, uma comunidade significativa de pesquisa em ensino de Física. Seu papel é relevante no que se refere à capacitação de professores de educação básica e técnico/profissionalizante e na valorização do professor de Física, inclusive como pesquisador.

Sobre o papel da Física e o desenvolvimento social, mencionou-se, nas oficinas e consultas, a difusão e popularização da ciência. Existe espaço para que a comunidade de Física se engaje de forma direta na solução de problemas sociais por meio de pesquisas e tecnologias que dependam da Física ou por meio da educação da população em temas e metodologias científicas.

No que tange à expansão da cooperação científica e à internacionalização da Física brasileira, percebe-se que há interações regulares e contínuas com pares no exterior, porém há unanimidade entre



as comunidades de Física quanto ao fato de que a Física brasileira possa ocupar posições de liderança em programas de colaboração internacional. Esse tópico merece aprofundamento tanto para a colaboração entre grupos pequenos quanto para a participação brasileira em projetos científicos de grande porte.

Mencionou-se, na segunda oficina, a importância de atrair físicos do exterior (brasileiros e estrangeiros) que possam contribuir com a Física no Brasil na sua aproximação com a indústria. Esse tema vai adquirir relevância maior quando for quantificado, nas seções subsequentes, o número de físicos atuantes em Pesquisa Desenvolvimento e Inovação (PD&I) nas empresas.

Os seguintes tópicos, embora considerados importantes, não foram suficientemente debatidos e recomenda-se que sejam revistos em estudos futuros: a estrutura organizacional universitária, a fixação de recursos humanos em regiões com sistemas de C&T menos consolidados (descentralização), a propriedade intelectual e a participação dos físicos nos serviços de metrologia para os setores empresarial e industrial e o desenvolvimento de projetos conjuntos entre entidade de formação profissional (como, por exemplo, o Senai) e a Física brasileira.

2.2. Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação

A Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (BRASIL, 2012) do Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) ressalta a importância de o Brasil tornar-se uma economia do conhecimento, alicerçada por uma educação sólida, com pesquisa científica de qualidade, inovação e inclusão social. Um dos eixos de sustentação da estratégia é a promoção de inovação nas empresas, e este estudo aprofunda tal questão sob a ótica da comunidade de Física brasileira.

A pesquisa em desenvolvimento realizada nas empresas brasileiras correspondeu, em 2010, a 45,7% do total no país, sendo que este número chega a 70% em países que lideram o processo de inovação. O número de empresas que criaram produtos entre 2005 e 2008 ficou em torno de apenas 4%. Este estudo parte da premissa de que a comunidade científica de Física, ao se aproximar das empresas, pode agregar valor aos seus produtos, auxiliando-as a inovar. As barreiras a serem vencidas não são somente técnico-científicas, mas também econômicas e culturais. A ENCTI elenca 17 ações necessárias para aumentar a participação das empresas no desenvolvimento de tecnologia de ponta, levando à inovação e ao aumento de competitividade das empresas brasileiras.

Há três ações para as quais a Física pode contribuir: o incentivo à formação de mestres e doutores com foco na inovação e no empreendedorismo; a ampliação da articulação entre universidades, centros de pesquisa e empresas; e, a valorização da inovação tecnológica nas avaliações acadêmicas, sendo que as duas últimas não dependem exclusivamente da comunidade de Física. Todavia, todas essas ações assumem o interesse da comunidade científica em se aproximar das empresas, o que historicamente não tem sido comprovado no Brasil. Este estudo, como mostram as seções subsequentes, aprofunda tais questões com a comunidade de Física e identifica sinais que sugerem existir espaço para uma mudança de cultura e, portanto, recomenda diretrizes que auxiliem nesse processo.



A Física tem papel central na política de CT&I no Brasil devido a sua relevância para os temas prioritários da ENCTI, como, por exemplo, as áreas portadoras de futuro: tecnologias de informação e comunicação, fármacos e complexo industrial da saúde, complexo industrial da defesa, nuclear, aeroespacial, petróleo e gás; as áreas consideradas fronteiras para inovação: nanotecnologia e biotecnologia; e aquelas associadas à economia verde: mudanças climáticas, energia renovável, oceanos e zonas costeiras e biodiversidade.

Por meio de uma consulta estruturada, perguntou-se à comunidade de Física (ver Apêndice A) em que áreas do conhecimento a Física brasileira (não necessariamente o pesquisador na sua linha de pesquisa) deveria desenvolver projetos conjuntos de pesquisa na próxima década. Essa pergunta serviu para verificar o alinhamento entre o interesse da comunidade e as prioridades governamentais e a disponibilidade dessa comunidade científica em trabalhar com equipes multidisciplinares ou interdisciplinares, importantes no contexto empresarial. As sete áreas mais votadas se encontram na Tabela 1, sendo que os respondentes tinham a possibilidade de não escolher nenhuma área ou sugerir outras além das propostas no questionário. As respostas indicam que todas as áreas de interesse dos físicos estão relacionadas com a ENCTI. Na seção que discorre sobre o mapeamento da Física, serão analisados tais resultados com maior profundidade. Apesar de a Engenharia de Materiais e Metalúrgica estar associada a temas prioritários de CT&I no Brasil e no mundo, entre eles a nanotecnologia, é preciso investigar se essa percepção vem apenas da comunidade de Física de Matéria Condensada, visto que esta, por ser a que tem maior número de físicos no país, pode predominar entre os respondentes. Ainda que a resposta seja válida, também pode revelar uma falta de conhecimento dos respondentes quanto ao potencial de outras áreas da Física brasileira. E, se isso for verdade, deve-se investigar se o mesmo não ocorre com as outras comunidades de Física brasileira. Observa-se também que clima e meio ambiente aparecem como o segundo tópico mais votado e acredita-se que não haja um número grande de físicos trabalhando nessa área no país. Cabe perguntar se isso demonstra uma conscientização em relação às questões ambientais ou se existem de fato interesse e conhecimento para estabelecer pesquisas futuras nessa área. A área de Saúde e o desenvolvimento de aplicações biomédicas podem se beneficiar das qualificações da comunidade da Física. Os programas Aeroespacial e Nuclear naturalmente aparecem na lista e são acompanhados das Ciências da Computação, pela importância da área na solução de problemas complexos.

Tabela 1 – Áreas do conhecimento em que os respondentes da consulta estruturada sugerem que a Física brasileira desenvolva projetos conjuntos de pesquisa na próxima década.

Engenharia de Materiais e Metalúrgica
Clima e Meio Ambiente
Ciências Biológicas
Ciências da Saúde
Engenharia Aeroespacial
Ciências da Computação
Engenharia Nuclear



2.3. Plano Brasil Maior

O Plano Brasil Maior (BRASIL, 2011) oferece orientações para que o desenvolvimento industrial brasileiro se beneficie da inovação e aumente a competitividade das indústrias nacionais. Há cinco eixos estruturantes que impactam as diretrizes setoriais: fortalecimento de cadeias produtivas; novas competências tecnológicas e de negócios; cadeias de suprimento em energias; diversificação das exportações e internacionalização; competências na economia do conhecimento natural.

Neste estudo, com a ajuda da ABDI, priorizou-se cada um desses eixos para todos os setores produtivos do Plano Brasil Maior, como mostra a Tabela 2. A percepção inicial é de que a maioria dos setores nos quais a Física tem papel relevante são áreas cuja prioridade é estabelecer novas competências tecnológicas e de negócios, porém a contribuição da Física não se limita a apenas essa diretriz.

Tabela 2 – Setores do Plano Brasil Maior com a priorização dos eixos estruturantes após discussões com a ABDI.

Setor Produtivo	Prioridade 1	Prioridade 2	Prioridade 3
Cadeia de suprimento de petróleo & gás e naval	Cadeias de suprimento em energias	Novas competências tecnológicas e de negócios	Fortalecimento das cadeias produtivas
Minero-metalúrgico	Diversificação das exportações e internacionalização	Competências da economia natural	Novas competências tecnológicas e de negócios
Complexos de saúde	Novas competências tecnológicas e de negócios	Competências da economia natural	Fortalecimento das cadeias produtivas
Automotivo	Novas competências tecnológicas e de negócios	Fortalecimento das cadeias produtivas	Diversificação das exportações e internacionalização
Aeronáutica e espacial	Novas competências tecnológicas e de negócios	Diversificação das exportações e internacionalização	
Bens de capital	Novas competências tecnológicas e de negócios	Fortalecimento das cadeias produtivas	Cadeias de suprimento em energias, diversificação das exportações e internacionalização
Tecnologias de informação e comunicação	Novas competências tecnológicas e de negócios	Fortalecimento das cadeias produtivas	Cadeias de suprimento em energias
Químicos	Novas competências tecnológicas e de negócios	Fortalecimento das cadeias produtivas	Cadeias de suprimento em energias
Fertilizantes	Fortalecimento das cadeias produtivas	Novas competências tecnológicas e de negócios	Cadeias de suprimento em energias
Bioetanol	Novas competências tecnológicas e de negócios	Cadeias de suprimento em energias	Fortalecimento das cadeias produtivas
Minero-metalúrgico	Diversificação das exportações e internacionalização	Competências da economia natural	Novas competências tecnológicas e de negócios
Celulose e papel	Diversificação das exportações e internacionalização	Competências da economia natural	Novas competências tecnológicas e de negócios
Plástico	Fortalecimento das cadeias produtivas	Novas competências tecnológicas e de negócios	Cadeias de suprimento em energias
Calçados e artefatos	Fortalecimento das cadeias produtivas	Diversificação das exportações e internacionalização	Novas competências tecnológicas e de negócios
Têxtil e confecção	Fortalecimento das cadeias produtivas	Novas competências tecnológicas e de negócios	Diversificação das exportações e internacionalização



Setor Produtivo	Prioridade 1	Prioridade 2	Prioridade 3
Higiene pessoal, perfumarias e cosméticos	Competências da economia natural	Novas competências tecnológicas e de negócios	Fortalecimento das cadeias produtivas
Móveis	Fortalecimento das cadeias produtivas	Novas competências tecnológicas e de negócios	Competências da economia natural
Brinquedos	Fortalecimento das cadeias produtivas	Diversificação das exportações e internacionalização	
Construção civil	Novas competências tecnológicas e de negócios (sistemas construtivos e industrialização da construção)	Fortalecimento das cadeias produtivas	
Carnes e derivados	Diversificação das exportações e internacionalização	Competências da economia natural	Novas competências tecnológicas e de negócios
Cereais e leguminosas	Diversificação das exportações e internacionalização	Competências da economia natural	Novas competências tecnológicas e de negócios
Café e produtos conexos	Diversificação das exportações e internacionalização	Competências da economia natural	Novas competências tecnológicas e de negócios
Frutas e sucos	Diversificação das exportações e internacionalização	Competências da economia natural	Novas competências tecnológicas e de negócios
Vinhos	Fortalecimento das cadeias produtivas	Novas competências tecnológicas e de negócios	Diversificação das exportações e internacionalização
Serviços produtivos	Novas competências tecnológicas e de negócios	Fortalecimento das cadeias produtivas	Diversificação das exportações e internacionalização
Serviços logísticos	Fortalecimento das cadeias produtivas	Novas competências tecnológicas e de negócios	
Comércios e serviços pessoais	Fortalecimento das cadeias produtivas	Novas competências tecnológicas e de negócios	
Complexo industrial da defesa	Novas competências tecnológicas e de negócios	Fortalecimento das cadeias produtivas	Diversificação das exportações e internacionalização

Para facilitar a articulação com o setor empresarial, a comunidade de Física deve mapear as suas qualificações (competências gerais e específicas) para cada um desses setores. Exemplos de qualificações gerais seriam: computação científica, fabricação de equipamentos, materiais ou sensores, operação de equipamentos ou sensores, técnicas experimentais, simulações, algoritmos matemáticos, modelagem numérica, visualização e processamento de imagens. Para descrever as competências mais específicas, podem-se mencionar microscopia eletrônica, técnicas de espectroscopia ou algoritmos para otimizar a razão sinal-ruído em processamento de imagens com número reduzido de informações, entre outras.

Em contrapartida, o empresariado precisa definir melhor quais são as demandas de cada setor e articulá-las numa linguagem mais acessível para a comunidade científica. Por exemplo, bens de capital, ainda que traduzidos como fabricação de máquinas e equipamentos ou *software* e circuitos integrados associados às tecnologias da informação e comunicação, não dispõem de detalhes suficientes para iniciar uma discussão com essa comunidade. Esse trabalho de casamento de ofertas e demandas envolve conhecimento aprofundado de ambas as culturas e suas linguagens e exige detalhamento maior. O presente estudo retorna a essa questão e quantifica, na seção seguinte, o número ainda pequeno de físicos com mestrado e doutorado que atuam nesses setores.



3. Mapeamento da Física brasileira

Com base nas respostas às consultas estruturadas, infere-se que a comunidade de Física brasileira se divide quase igualmente entre teóricos, experimentais e profissionais do ensino, portanto, com um pouco mais de um terço do total consistindo de físicos experimentais. O número total estimado de físicos no Brasil (incluindo estudantes de graduação em Física) é de aproximadamente 10 mil. O cruzamento de dados oriundos do Ministério da Educação (Capes) e do Ministério do Trabalho e Emprego (RAIS) permite estimar que há cerca de 350 físicos (mestres e doutores) nas empresas brasileiras, sendo que aproximadamente 270 atuam nas áreas de PD&I.

Nesta seção, discute-se como tais estimativas foram obtidas e apresentam-se as principais características das comunidades de Física após contrastar os relatórios de autoavaliação (FIS, 2011) produzidos pelas comissões de área da SBF com os resultados das consultas estruturadas e oficinas de trabalho.

Há dados importantes que não constam neste estudo e que devem ser obtidos no futuro: o número de bacharéis em Física atuando em PD&I nas empresas, o número de físicos nas ICTs que realizam parcerias com empresas e atuam em PD&I e o número de físicos que pertencem a mais de uma sociedade ou associação científica relacionada com a Física. É provável que os dois primeiros números impliquem aumento, possivelmente significativo, do contingente de físicos nas empresas.

3.1. Número de físicos no Brasil

Não existe um cadastro único que se possa usar para calcular o número de físicos no Brasil. Todavia, há três fontes de informações que se podem utilizar para se obter a ordem de grandeza do número de físicos no país: o cadastro da Sociedade Brasileira de Física (SBF), que é a maior sociedade científica relacionada com a Física; o número de membros das associações e as sociedades científicas relacionadas com a Física e o estudo do CGEE sobre mestres e doutores baseado em informações da Capes; e, do cadastro RAIS do Ministério do Trabalho e Emprego. Em seguida, os dados de cada uma dessas fontes serão analisados.

Em 2012, a SBF conta com 6.201 associados cujas qualificações estão listadas na Tabela 3.

Tabela 3 – Distribuição dos associados atuantes da Sociedade Brasileira de Física com participação em eventos e anuidades em dia de 2010 até março de 2012.

Qualificação	Sócios atuantes (2010-2012)	
Doutores	2.780	45%
Mestrando e doutorandos	2.162	35%
Estudantes de graduação	1.259	20%
Total	6.201	100%



Inferimos que 55% dos associados têm até 30 anos⁴, sendo esta uma comunidade jovem e adaptável às evoluções tecnológicas bem como às constantes mudanças vivenciadas na sociedade atual.

Por razões históricas ou por afinidade com outros campos de atuação profissional, os membros das comunidades de Física no Brasil participam de várias sociedades científicas. Pode-se estimar o número de físicos atuantes ao considerar o número de membros nessas sociedades, como mostra a Tabela 4. Todavia, essa estimativa deve ser tratada como uma aproximação pelas seguintes razões: algumas das sociedades não são formadas exclusivamente por físicos; o físico pode ser membro de mais de uma sociedade; o físico pode atuar no setor empresarial sem se associar a nenhuma das sociedades; o físico pode atuar em outra atividade além da Física ou fora da academia.

Tabela 4 – O número de físicos em associações ou sociedades científicas: algumas sociedades não são formadas predominantemente por físicos, e o físico pode ser membro de mais de uma sociedade científica.

Associação ou sociedade científica	Número aproximado de membros
Associação Brasileira de Cristalografia (ABCr) ⁶	204
Associação Brasileira de Física Médica (ABFM) ⁷	505
Sociedade Astronômica Brasileira (SAB) ⁸	448
Sociedade Brasileira de Biofísica (SBBf) ⁹	500
Sociedade Brasileira de Crescimento de Cristais (SBCC)	65
Sociedade Brasileira de Física (SBF) ¹⁰	6.201
Sociedade Brasileira de Geofísica (SBGf) ¹¹	4.184
Sociedade Brasileira de Meteorologia (SBMet) ¹²	1.898
Sociedade Brasileira de Pesquisa em Materiais (SBPMat) ¹³	1.829
TOTAL	15.834

Por exemplo, a ABCr conta com estudantes de graduação e pós-graduação, mestres e doutores, e a SBPMat conta com associados das seguintes áreas de formação: Ciências Econômicas, Ciência de Materiais, Biomateriais, Engenharia Metalúrgica, Engenharia, Engenharia de Fundição, Engenharia de Materiais, Engenharia Elétrica, Engenharia Eletrônica, Engenharia Física, Engenharia Mecânica, Engenharia Metalúrgica, Engenharia Química, Física, Matemática, Materiais Geológicos, Odontologia, Materiais Dentários e Química.

A terceira estimativa do número de físicos é oriunda de um estudo que o CGEE vem desenvolvendo nos últimos anos para analisar dados sobre os programas de pós-graduação, titulações de mestrado e doutorado e características do emprego desse contingente populacional. A criação de competência

⁴ Um estudante de Física com perfil acadêmico típico entra na universidade com 18 anos e, em regra, conclui o seu doutorado até a idade de 30 anos.

⁵ <http://www.abcrystalografia.org.br/socios/lista.php>. Acesso em Março de 2012.

⁶ Comunicação privada - ABFM, 27 de fevereiro de 2012.

⁷ Comunicação privada - SAB, março de 2012.

⁸ Comunicação privada - SBBf – 8 de março de 2012.

⁹ Comunicação privada - SBF, março de 2012.

¹⁰ http://sys2.sbgf.org.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=22&Itemid=34. Acesso em Março de 2012.

¹¹ Comunicação privada - SBMet, 28 de fevereiro de 2012.

¹² Comunicação privada - SBPMat, 9 de março de 2012.



em estudos nesse tema teve como motivação o reconhecimento do papel de destaque reservado aos recursos humanos altamente capacitados no desenvolvimento do país. Nesse sentido, a análise dos dados da formação de recursos humanos em nível de pós-graduação nas últimas décadas tem por objetivo subsidiar o aperfeiçoamento das políticas públicas de formação de pessoal e sua aproximação das necessidades do mercado, mirando o desenvolvimento baseado na competitividade e na inovação tecnológica.

O estudo “Doutores 2010: estudos da demografia da base técnico-científica brasileira” (CGEE, Doutores 2010) apresentou um grande conjunto de dados sobre programas de doutorado, titulações dos doutores no Brasil no período de 1996 a 2008 e característica do emprego desse pessoal em 2009. Para a elaboração do referido estudo, o CGEE utilizou dados sobre programas e titulações dos pós-graduados e sobre o emprego, obtidos em parcerias com a Capes/MEC e o Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), respectivamente. A repercussão positiva deste estudo motivou a sua continuidade, propiciando, em 2011, o trabalho similar sobre os mestres, ainda não publicado, mas utilizado neste relatório. Essa linha de estudos no CGEE também utiliza dados da Pesquisa Nacional de Amostragem por Domicílio e do Censo Demográfico, buscando compreender a relação da população pós-graduada com a população do país em geral.

A Tabela 5 ilustra o número de mestres e doutores em Física, Astronomia e Biofísica e todas as áreas do conhecimento (segundo definição da Capes) para o período de 1996 a 2008. O mesmo estudo indica que, em 2008, titularam-se 238 doutores em Física. Assumindo essa mesma taxa para os anos subsequentes até 2011, pode-se estimar o número total de doutores em 3.137. A taxa de crescimento do número de mestres é provavelmente maior e, portanto, pode-se assumir que seja pelo menos a mesma dos doutores, contabilizando, assim, 3.297 mestres em 2012. Ao somar estes números aos 5.030 mestres e doutores estimados para 2009, obtêm-se 6.434 mestres e doutores para 2012.

Tabela 5 – Número e percentagem de mestres e doutores titulados no Brasil no período de 1996 a 2009. Fonte: Coleta Capes (Capes, MEC) e RAIS 2009 (MTE). Elaboração Núcleo de RHCTI (CGEE), Brasil, 2012.

Formação		Titulados	
Mestres	Física	2.595	0,94%
	Biofísica	427	0,16%
	Astronomia	133	0,05%
	Todas as áreas	275.445	100%
Doutorado	Física	2.435	2,48%
	Biofísica	570	0,58%
	Astronomia	170	0,17%
	Todas as áreas	98.319	100%

A Tabela 6 compara as informações das três fontes e aponta as suas limitações para que o leitor possa analisar criticamente as estimativas feitas neste estudo.

**Tabela 6** – Comparação entre os três métodos usados para estimar o número de físicos no Brasil.

Fonte	Limitações	Número aproximado de físicos
Sociedade Brasileira de Física	Apesar de incluir mestres, doutores e estudantes, há duas listas de sócios (atuantes e não atuantes). Além disso, nem todos os físicos são sócios da SBF, pois há físicos em empresas que podem não ser membros, e outros físicos que simplesmente não quiseram se associar.	6.201
Sociedades e associações científicas	Físicos podem pertencer a mais de uma associação ou a nenhuma. Não se sabe exatamente o número de mestres, doutores e estudantes atuantes de todas as associações. Nem todos os números disponibilizados para este estudo são de 2012.	15.834
Estudos do CGEE	Não incluem estimativas dos físicos que têm apenas bacharelado e os dados são de 2009. Portanto, assume-se que a taxa de crescimento anual de mestres e doutores titulados seja constante e corrige-se o número 5.030 físicos para 6.434 para o ano de 2012	5.030 – 6.434

Os resultados da Tabela 6 podem ser combinados para estimar o número de físicos no país. O número estimado pelos estudos de mestres e doutores do CGEE para o ano de 2012 é 6.434, o qual pode ser considerado um limite inferior de físicos no Brasil. Pode-se assumir que o maior número da Tabela 6 seja uma estimativa elevada devido ao fato de que um indivíduo pode se associar a mais de uma sociedade, e considera-se assim o limite superior para este estudo. Para se obter o número final, não se deve calcular a média entre os dois limites, uma vez que o limite superior inclui uma fração pequena de físicos que pertencem a mais de uma sociedade e também não estão incluídos os que apenas têm bacharelado em física e não ingressaram na pós-graduação. Portanto, uma inferência conservadora é que o número total da comunidade de Física (incluindo estudantes de graduação que correspondem a cerca de 20% total) seja aproximadamente 10.000.

Uma das recomendações para estudos futuros é que a SBF interaja com outras sociedades e associações, visando criar um cadastro único que contabilize separadamente o número de bacharéis, mestres e doutores. Alternativamente, a criação de Conselhos Regionais de Física, uma vez regulamentada a profissão de físico, pode propiciar uma estimativa melhor do número de físicos no Brasil. Além disso, o CGEE deve estender o estudo sobre mestres e doutores para incluir bacharéis, beneficiando não apenas a comunidade de Física, mas também as outras áreas do conhecimento.

3.2. As comunidades de Física

Historicamente, a SBF se organiza em dez comissões de área com o objetivo de desenvolver estudos e propor atividades, tanto no âmbito nacional quanto nos eventos temáticos da SBF. São as seguintes as áreas de atuação: Física Atômica Molecular, Física Biológica, Física Médica, Ótica e Fotônica, Física Estatística e Computacional, Física Nuclear e Aplicações, Pesquisa em Ensino de Física, Física de Plasmas, Física de Partículas e Campos e Física de Matéria Condensada e de Materiais.



3.3. Perfil das comunidades de Física brasileiras

De acordo com as respostas das consultas estruturadas às comunidades de Física, infere-se que a Física brasileira se divide em três áreas teóricas, cinco áreas experimentais e uma área computacional, como mostra a Tabela 7. Essa tabela inclui também a Astronomia e a Astrofísica devido à disponibilização pela Sociedade Astronômica Brasileira do *e-mail* dos seus associados para este estudo.

Tabela 7 – Natureza das áreas de pesquisa atual informada pelos respondentes da consulta estruturada à comunidade de Física.

Área de Atuação	Natureza
Física Estatística e Computacional	Computacional
Física de Partículas e Campos	Teórica
Pesquisa em Ensino de Física	Ensino
Física Atômica e Molecular	Teórica
Física Biológica	Ligeiramente teórica
Astronomia e Astrofísica	Ligeiramente teórica
Ótica e Fotônica	Experimental
Física Médica	Experimental
Física de Matéria Condensada e de Materiais	Experimental
Física Nuclear e Aplicações	Ligeiramente experimental
Física de Plasmas	Ligeiramente experimental

Portanto, este estudo representa a fase inicial de um mapeamento que deve ser aprofundado com o cadastro completo da Física brasileira para que se obtenha um retrato mais preciso. Durante a preparação deste relatório, a equipe responsável recebeu informações complementares sobre o mapeamento feito anteriormente por algumas das comissões de área da SBF, como, por exemplo, a Física Nuclear e Aplicações e a Física de Partículas e Campos. Esses dados foram incluídos nas descrições de cada uma das comunidades de Física feitas em seções subsequentes.

Os resultados apresentados na Tabela 8 incluem a tabulação das 1.532 respostas daqueles que indicaram estas como as suas áreas principais de atuação. Os resultados sugerem que as quatro maiores comunidades dos membros da SBF são: Física de Matéria Condensada e de Materiais, Pesquisa em Ensino de Física, Física Estatística e Computacional e Física de Partículas e Campos. Alternativamente, pode-se deduzir que os membros dessas áreas são os mais interessados em emitir as suas opiniões. É importante mencionar que a possibilidade dessa interpretação existe para todas as questões. A maior de todas as comunidades é a de Física de Matéria Condensada e de Materiais e, apesar de ser predominantemente experimental, o número total de físicos experimentais no Brasil é menor do que o de teóricos, como ressaltado nos parágrafos subsequentes.

As comunidades foram agrupadas em quatro blocos de acordo com o número de respondentes: as comunidades mais numerosas são a de Física de Matéria Condensada, seguida da de Pesquisa do Ensino em Física; o segundo bloco é formado pela Física Estatística e pela Física de Partículas e Campos;



o terceiro bloco consiste da Física Nuclear, Astronomia e Astrofísica, Ótica e Fotônica; e no quarto bloco, encontram-se as comunidades da Física Médica, Biológica e Atômica e Molecular. A comunidade de Física de Plasma é isoladamente a menor de todas. Um dado interessante dessa tabela é que a Física Médica tem o maior número de profissionais que se classificam como gestores de P&D, talvez representando uma presença maior de físicos em empresas desse setor.

Inferre-se, a partir desses dados, que 20% dos físicos sejam teóricos, 15% computacionais, 35% sejam físicos experimentais e 26% sejam físicos com ênfase em ensino. Subtraindo-se os astrônomos e astrofísicos esta distribuição fica praticamente inalterada. Ao analisar as áreas indicadas como secundárias por aqueles que selecionaram Física Computacional como área principal de atuação, encontram-se 85% destes como teóricos (os dados para cada comunidade da Física se encontram no Apêndice A.6). Portanto, justifica-se somar as colunas de teóricos e computacionais para concluir que a comunidade divide-se entre teóricos (35%), experimentais (35%), ensino (26%), sendo os 4% restantes divididos em atividades de gestão.

Tabela 8 – Áreas de atuação e natureza das atividades das comunidades de Física na segunda consulta estruturada. A escolha das áreas das comunidades reproduz as áreas das comissões da SBF e incluem Astrofísica e Astronomia, uma vez que a SAB disponibilizou a sua lista de associados para este estudo.

Áreas de atuação	Nº respondentes	Nº respostas	Experimental	Teórico	Computacional	Ensino	Pesquisa em ensino	Gestão em P&D	Gestão acadêmica
Bloco 1									
Matéria condensada e materiais	456	483	275	77	52	55	4	13	7
Pesquisa em ensino	223	232	10	2	0	112	98	2	8
Bloco 2									
Estatística e computacional	160	187	7	54	100	18	2	3	3
Partículas e campos	146	157	23	92	10	27	4	0	1
Bloco 3									
Astronomia e astrofísica	94	101	33	33	16	17	1	0	1
Nuclear e aplicações	89	99	45	19	12	19	1	3	0
Ótica e fotônica	86	86	59	10	3	10	1	2	1
Bloco 4									
Atômica e molecular	56	66	21	17	12	13	3	0	0
Física biológica	41	42	16	4	16	3	1	1	1
Física médica	51	55	33	0	7	8	1	5	1
Plasmas	20	24	12	4	4	3	1	0	0
TOTAL	1.422	1.532	534	312	232	285	117	29	23
TOTAL		100%	34,9%	20,4%	15,1%	18,6%	7,6%	1,9%	1,5%

As áreas de Ótica e Fotônica, Física Médica e Física de Matéria Condensada são predominantemente experimentais; é plausível supor que tais áreas disponham de condições mais favoráveis para interagir com as empresas. No campo teórico, predomina a Física Estatística, seguida pela Física de Partículas e Campos, reunindo, respectivamente, o maior número de físicos teóricos e computacionais.



Convém ressaltar que teoria não é sinônimo de falta de pragmatismo, uma vez que físicos podem contribuir nas empresas com simulações e modelagens numéricas, como, por exemplo, para o estudo de estruturas biológicas ou implantação de testes não destrutivos na caracterização de amostras, materiais e processos industriais.

Os consultados escolheram as áreas de pesquisa e a natureza das atividades e as classificaram como principal ou secundária. Aproximadamente, 85% dos respondentes pertencem a Institutos de Ciência e Tecnologia (ICT), sendo que 60% desses físicos atuam em universidades.

3.4. A percepção sobre liderança internacional

As comunidades de Física foram questionadas sobre a percepção da importância que a Física brasileira pode vir a ter no cenário internacional. O intuito era avaliar se as comunidades percebiam a Física como um todo ou se estavam voltadas exclusivamente para as suas áreas de atuação. Os resultados da consulta apresentados na Tabela 9 indicam Nanociências, Ciências dos Materiais e Energia como os tópicos mais votados pelos respondentes. Cada respondente pôde escolher mais de uma resposta. Os dados apresentados no apêndice A.6 demonstram que essa visão se repete independentemente da faixa etária dos consultados. Esses dados não permitem analisar se a escolha representa um foco específico das comunidades de física ou se significa apenas um reconhecimento de que esses tópicos aparecem com frequência na mídia ou no cotidiano do físico brasileiro.

Os dados da Tabela 9 também podem ser analisados de uma outra maneira ao comparar o número de respostas (valores percentuais) pelas comunidades de Física para cada um dos tópicos listados. Dessa forma, ao identificar para cada coluna da Tabela 9 as comunidades com maior porcentagem de votos para um determinado tópico, percebe-se pouca autocrítica. Em regra, há uma tendência de que a comunidade de Física indique as suas próprias áreas de atuação como aquelas que virão a ser referência mundial. Provavelmente essas respostas indicam um possível isolamento entre as comunidades da Física, seja pela inadequação dos canais de informação, ou ainda pelo pouco conhecimento dos desenvolvimentos científicos nas outras áreas, criando algumas dificuldades para que se avalie, nesta consulta, o potencial de liderança da Física brasileira.

Foi também pedido aos respondentes que indicassem os principais gargalos de infraestrutura a serem superados para que a Física brasileira se torne mais competitiva. Os resultados foram classificados de acordo com o tipo de instituição do respondente, a saber, universidade, colégio ou escola, empresa, instituto de pesquisa e outros ou não declarados. Como mostra a Tabela 10, a instrumentação científica e os laboratórios multiusuários foram apontados como os principais gargalos, ambos importantes para aumentar as interações com o setor empresarial.

Tabela 9 – Percepção sobre liderança internacional, extraída da primeira consulta estruturada, com 5.419 respostas. Cada um dos 3.063 respondentes era livre para escolher mais de uma área de atuação.

	Nº de respostas	Física básica	Programas de colaboração internacional	Nanociências	Ciência dos materiais	Clima e meio ambiente	Energia	Biofísica	Física médica	Ensino de física	Instrumentação científica	Em nenhuma área	Outras
Matéria Condensada	1.150	181	173	700	766	224	599	123	102	100	207	9	10
Ensino	803	108	126	400	305	222	463	81	103	231	118	5	6
Estatística	534	102	106	275	258	136	273	79	51	63	88	7	9
Partículas e Campos	480	121	140	247	190	117	235	41	44	48	88	5	9
Astronomia e Astrofísica	445	83	111	212	141	130	231	45	52	91	83	4	0
Nuclear	407	65	82	187	161	121	236	46	70	62	76	4	7
Atômica e Molecular	393	87	70	215	179	99	217	49	41	59	60	2	3
Ótica e Fotônica	380	74	53	227	203	77	200	41	42	45	74	5	11
Biofísica	340	43	55	193	134	86	161	71	65	42	55	2	2
Física Médica	328	35	53	171	142	78	167	31	106	50	54	2	2
Plasmas	159	28	35	78	68	52	100	13	20	21	21	2	2
TOTAL	5.419	927	1.004	2.905	2.547	1.342	2.882	620	696	812	924	47	61
TOTAL	100%	17%	19%	54%	47%	25%	53%	11%	13%	15%	17%	1%	1%

Tabela 10 – Respostas sobre as áreas em que cada comunidade de Física acredita existirem gargalos de infraestrutura que devem ser superados para induzir competitividade à Física brasileira.

Total de respondentes: 3063	Nº de respondentes	Nº de respostas	Instrumentação científica	Registro de patentes	Programa espacial	Lab. nacionais multiusuários	Computação larga escala	Programa nuclear	Outros
Universidade	1.240	3.260	814	532	257	833	477	189	158
Colégio/Escola	302	864	199	121	78	212	144	84	26
Empresa	88	214	45	45	17	55	28	14	10
Instituto de Pesquisa	253	703	163	102	81	163	80	77	37
Outros/não declarados	1.180	2.623	617	424	233	629	402	224	94
TOTAL	3.063	7.664	1.838	1.224	666	1.892	1.131	588	325
TOTAL		100%	24%	16%	9%	25%	15%	8%	4%



3.5. Características das comunidades de Física

Em 2011, a SBF encomendou a cada uma dessas comissões um relatório de autoavaliação (FIS, 2011) que descreve o estado da arte, os desafios e as perspectivas para os próximos cinco anos. Para uma análise mais aprofundada dos relatórios, é importante conhecer as características das comunidades da Física e identificar os seus interesses.

Os relatórios encomendados às comissões de área pela diretoria da SBF têm uma estrutura definida com a finalidade de caracterizar suas atividades e posicioná-las no contexto nacional e mundial. Os relatórios discorrem sobre o estado da arte, os desafios e as perspectivas, o potencial de contribuição científica no Brasil e no mundo, mencionam os possíveis benefícios à sociedade e oferecem recomendações para o futuro. Malgrado essa estrutura comum, cada comissão de área explorou os tópicos com conteúdos qualitativamente distintos, o que dificultou uma comparação detalhada entre as áreas. Todavia, essa diferença de foco revelou aspectos importantes sobre os níveis de organização e maturidade de cada comunidade.

Tabela 11 – Lista de tópicos explorados nos relatórios de cada uma das comissões de área: Física Atômica Molecular (ATO), Física Biológica (BIO), Física Médica (MED), Ótica e Fotônica (OTI), Física Estatística e Computacional (EST), Física Nuclear e Aplicações (NUC), Pesquisa em Ensino de Física (ENS), Física de Plasmas (PLA), Física de Partículas e Campos (PTC) e Física de Matéria Condensada e de Materiais (FMC). O símbolo “x” significa que o tópico foi abordado no relatório e o símbolo “o” indica uma abordagem parcial do tópico.

	PTC	PEF	BIO	EST	ATO	MED	NUC	OTI	PLA	FMC
Aplicação/atuação no Brasil ou no mundo	x	x	x	x	o	x	x	x	x	x
Problemas e demandas de infraestrutura e recursos humanos etc.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
O que a sua aplicação ou resultado da aplicação resultou ou possibilitou historicamente	x		x	x	x	x	x	x	x	x
Número de pesquisadores no Brasil	x		x	x		x	x	x	x	x
Distribuição geográfica dos pesquisadores no Brasil	x		x	x	x	x	x		x	x
Linhas de pesquisa com atuação de pesquisadores brasileiros	x	x	x	x	o		o	x	x	x
Distribuição geográfica de grupos de pesquisa e instituições de excelência	x	x					x	x	x	
Infraestrutura disponível no país	x						x	x	x	
Menção a trabalhos pioneiros no Brasil	x	x		x		o				
Cooperações internacionais	x				o		x		x	



Na Tabela 12, indicam-se os tópicos mencionados nos relatórios; o símbolo “x” significa que o tópico foi abordado de uma forma satisfatória e o símbolo “o” indica uma abordagem parcial do tópico, ou seja, carece de maior detalhamento. Por exemplo, enquanto uma comissão de área detalha na seção “estado da arte” um breve histórico da ciência, remetendo por vezes ao seu estágio primário, outra se dedica a compilar as criações tecnológicas possibilitadas pelo seu desenvolvimento. Em alguns capítulos, a seção “infraestrutura” descreve o instrumental à disposição dos pesquisadores brasileiros, mas em outros são os equipamentos produzidos pelos cientistas brasileiros que são relatados.

Dentro das recomendações deste estudo para futuras iniciativas, acredita-se que as comissões de área devam atualizar os relatórios, identificando para cada área:

1. Os principais desafios científicos para a próxima década, separando os desafios mundiais daqueles predominantemente brasileiros;
2. As linhas de pesquisa em que a Física brasileira é referência, separando os diferentes contextos, isto é, mundial e nacional;
3. As qualificações dos físicos e a relevância destas para a solução de problemas complexos;
4. As contribuições relevantes para a solução de problemas nacionais, seja pela participação isolada, seja por meio de equipes multidisciplinares ou interdisciplinares, bem como os perfis de tais equipes;
5. Os desafios relacionados com a infraestrutura de pesquisa, detalhando os equipamentos científicos de alto custo atualmente acessíveis no Brasil e incluindo as demandas futuras e a necessidade de participação em cooperações internacionais e em laboratórios multiusuários;
6. Linhas de pesquisas atuais por meio das quais os físicos contribuam com os setores industrial e empresarial e para a solução de problemas sociais, separando o que se faz atualmente no Brasil daquilo que é potencial a ser desenvolvido;
7. As desigualdades regionais: sistematizando os dados a respeito da distribuição geográfica e do número de físicos e instituições atuantes em cada área, com a identificação dos problemas e demandas relativos à formação de recursos humanos.

Nesta seção, os relatórios de autoavaliação (FIS, 2011) feitos pelas comunidades de Física foram comparados com os resultados das consultas estruturadas e das oficinas de trabalho, visando extrair informações relevantes sobre as características de cada comunidade, o que possibilitou analisar a sua percepção sobre a interação com as indústrias. Em geral, as escolhas dos respondentes sobre as áreas nas quais a Física brasileira deve desenvolver trabalhos conjuntos de pesquisa demonstram um olhar centrado nas suas áreas tradicionais de atuação. Detecta-se a tendência em estimular as mesmas linhas de pesquisa interdisciplinares em vigor. A maioria dos respondentes foi favorável à aproximação entre a Física e os setores empresarial e industrial e ofereceu apoio à criação de uma comissão da SBF dedicada à interação entre a Física e a indústria. Apesar de considerarem esta aproximação importante, há em geral pouco conhecimento sobre o assunto, sendo que um número reduzido indicou envolvimento com este tema. Os respondentes que trabalham diretamente com instrumentação científica indicaram os seguintes problemas com o mesma importância relativa: ausência de empresas e grupos de pesquisa ou empresas que fabriquem equipamentos no Brasil, custos proibitivos de importação desses equipamentos e falta de recursos humanos adequados para modificá-los ou adaptá-los quando necessário. Há também uma preocupação com o fortalecimento da formação dos físicos para atuação no setor empresarial.



Os dados das consultas estruturadas indicam pouca comunicação entre as comunidades da Física. Tanto a interdisciplinaridade quanto a multidisciplinaridade não foram consideradas principais gargalos de infraestrutura a serem superados para que se induza competitividade à Física brasileira, sendo que apenas metade das comunidades da Física sugeriram áreas diferentes das suas para que a Física brasileira desenvolvesse projetos futuros de pesquisa. É preciso incentivar tais atividades, uma vez que o treinamento obtido ao realizar pesquisas com profissionais de outras áreas estimula o espírito de equipe e a receptividade a novas ideias e a outros métodos de pesquisa. Essa posição é fundamental para que a Física brasileira alcance uma posição de maior destaque e contribua com os setores industrial e empresarial do país.

Nas seções seguintes apontam-se as variações entre as diferentes comunidades da Física. As tabelas com os resultados das questões das consultas estruturadas se encontram no Apêndices A.2, A.3. e A.6.

3.5.1. Física de Matéria Condensada e de Materiais

A natureza das atividades da comunidade de Física de Matéria Condensada e de Materiais foi inferida considerando 483 respostas da consulta estruturada, as quais indicaram ser esta a sua área principal de atuação. Os dados indicam ser esta uma comunidade predominante experimental com a seguinte distribuição: experimentais (57%), teóricos (16%) e computacionais (11%). Detalhes sobre as outras atividades (ensino e gestão) estão disponíveis na Tabela 8 da seção 3.3. O relatório de autoavaliação menciona que há uma crescente aproximação entre experimentais e teóricos.

Foi pedido aos respondentes que indicassem outras áreas, além da Física, com as quais atualmente colaboram em suas linhas de pesquisa. As áreas mais votadas foram as engenharias (principalmente de Materiais, Metalúrgica e Elétrica), a Química e as Ciências Biológicas, corroborando as informações no relatório de autoavaliação que indicam uma aproximação com engenheiros, químicos e biólogos. Os respondentes sugeriram que a Física brasileira desenvolva projetos conjuntos e se aproxime mais da Engenharia de Materiais e Metalúrgica na próxima década.

Sobre o financiamento para equipamentos, houve vários comentários individuais: falta de recursos de custeio e capital dos órgãos de financiamento, número reduzido de editais para financiar compra de equipamentos de laboratório, pouco financiamento em projetos de pesquisa por parte de indústrias e empresas privadas. Problemas com manutenção também foram mencionados, incluindo a falta de recursos financeiros e até dificuldades para enviá-los ao exterior (mesmo que a garantia esteja válida).

Alguns dos comentários individuais são ilustrativos dos possíveis desafios na formação para a instrumentação científica: necessidade de cursos na própria instituição (ou no exterior) para a utilização de equipamentos e treinamento de pessoal até para a seleção e compra de equipamentos. Há também dificuldades na contratação e disponibilização de técnicos pelas universidades e na fixação de pessoal qualificado na instituição onde é desenvolvida a pesquisa, dificultando a manutenção de massa crítica de recursos humanos atuantes na área. Por fim, o relatório de autoavaliação demonstra preocupação com a falta de recursos humanos com treinamento adequado em microscopia eletrônica no país.



Por ser a maior comunidade experimental da Física brasileira, encontram-se vários comentários sobre a preocupação com a burocracia de importação de equipamentos e a taxa alfandegária, que revelam a falta de um tratamento diferenciado dos agentes governamentais (Receita Federal) aos pesquisadores, dilatando o prazo para completar o processo de importação.

A maioria dos respondentes foi favorável à aproximação entre a Física e os setores empresarial e industrial. Foi pedido aos respondentes que comentassem sobre os mecanismos de interação entre a comunidade de Física e o setor empresarial. Dentre as sugestões oferecidas pelos respondentes, encontram-se: estímulo à instrumentação científica mediante editais específicos, abrindo inclusive a possibilidade de participação/colaboração com empresas; criação de comissão/comitê que divulgue como o físico pode atuar na indústria; criação de um mecanismo que permita que as empresas sugiram disciplinas para as grades curriculares da graduação e pós-graduação; maior investimento em pesquisa nas empresas com oferecimento de estágios; estímulo à discussão para que o empresário apresente o seu problema aos centros de pesquisa e também apoie a solução do problema, quando trabalhado pela equipe.

Houve vários comentários sobre a importância da regulamentação da profissão de físico e a falta de entendimento dos departamentos de recursos humanos das empresas sobre como classificá-los. Este último tópico será aprofundado na seção 6.

Foi ressaltada a preocupação com fortalecimento da formação dos físicos para atuação no setor empresarial. Os respondentes sugeriram: criar bacharelados profissionalizantes e tecnológicos, estimular estágio no final do curso de graduação (como trabalho de final de curso) na indústria, incluir disciplinas relacionadas ao setor industrial (cursos sobre gestão, inovação e empreendedorismo) nos currículos de bacharelado e licenciatura em Física. Todavia, não há consenso se os estágios devem ou não ser obrigatórios, mas essa comunidade foi a mais enfática quanto à necessidade deles.

O relatório oferece exemplos claros do potencial existente para que esta comunidade contribua mais diretamente para o desenvolvimento nacional. Modelagem e simulações de materiais (incluindo estudos fora do equilíbrio) e o desenvolvimento de sensores, dispositivos e novos materiais (também em escala nanométrica) são relevantes para aplicações no complexo de saúde, nas cadeias de petróleo e gás, na fabricação de dispositivos eletrônicos e magnéticos para TICs e sensores para as mais variadas utilidades. O relatório ressalta a falta de empresas brasileiras interessadas em desenvolver supercondutores, que também são relevantes para os grandes projetos de aceleradores de interesse da comunidade de Física de Partículas.

Esta comunidade se beneficiaria de maior apoio à instrumentação científica que deve ser fomentada junto com os recursos humanos adequados para operá-la.



3.5.2. Pesquisa em Ensino de Física

Algumas questões das consultas estruturadas talvez não sejam adequadas para a comunidade de Pesquisa em Ensino de Física, que predominantemente trabalha com ensino. Entretanto, detalhes sobre a natureza das atividades estão disponíveis na Tabela 8 da seção 3.3.

Perguntou-se sobre as áreas nas quais, além da Física, realizam pesquisas atualmente. Após 232 respostas, as áreas mais votadas foram: “nenhuma área”, seguida de Matemática. Quando perguntados sobre as áreas nas quais a Física brasileira deveria desenvolver projetos conjuntos, apenas a resposta “em nenhuma área” se sobressaiu.

A maioria dos respondentes foi favorável à aproximação entre a Física e os setores empresarial e industrial. Algumas das sugestões oferecidas pelos respondentes foram: criar mecanismos nos quais as empresas e a academia possam explicitar suas demandas e ofertas, criar programas de estágios nas empresas, incentivar criação de empresas juniores, incentivar a pesquisa e desenvolvimento nas empresas e estimular que o setor empresarial também apoie projetos voltados ao desenvolvimento da área de ensino no país.

Foi ressaltada a preocupação com o fortalecimento da formação dos físicos para atuação no setor empresarial. Entre os comentários, há vários sobre a importância da regulamentação da profissão de físico.

A participação da comunidade de Pesquisa em Ensino de Física é importante para a adequação da formação dos físicos e também nas ações relativas à melhoria do ensino em todos os níveis, além da valorização do físico como pesquisador.

3.5.3. Física Estatística e Computacional

A natureza das atividades da comunidade de Física Estatística e Computacional foi inferida considerando 187 respostas a uma consulta estruturada, que indicaram esta como a sua área principal de atuação. Esses dados indicam que a Física de Estatística e Computacional é formada em sua maioria pelos físicos computacionais e que tem a seguinte distribuição: experimentais (4%), teóricos (29%) e computacionais (53%). Detalhes sobre as outras atividades (ensino e gestão) estão disponíveis na Tabela 8 da seção 3.3.

Foi pedido aos respondentes que indicassem outras áreas, além da Física, com as quais atualmente colaboram em suas linhas de pesquisa. Apesar do relatório de autoavaliação mencionar clima e meio ambiente, as áreas mais votadas foram: Ciências da Computação e Ciências Biológicas. Os respondentes sugeriram que a Física brasileira desenvolva projetos conjuntos e se aproxime das Ciências Biológicas na próxima década. Apesar do relatório de autoavaliação também mencionar a importância dos trabalhos desta comunidade nas cadeias de petróleo e gás, aparentemente o interesse em realizar projetos conjuntos em geociências não é tão elevado. Recomenda-se que estudos futuros incluam membros da Sociedade Brasileira de Geofísica, uma vez que petróleo e gás são áreas prioritárias para o Brasil.



Os respondentes consideraram importante a relação da comunidade de Física com as empresas e comentaram sobre os mecanismos de interação. Entre as sugestões oferecidas pelos respondentes, encontram-se: seminários ou visitas que possibilitem o setor empresarial e o meio acadêmico apresentarem suas demandas e qualificações; estudo de exemplos de outros países; promoção da inovação tecnológica e valorização dos programas de pós-graduação que tenham interação com a indústria nas avaliações da Capes.

Foi ressaltada a preocupação com o fortalecimento da formação dos físicos para atuação no setor empresarial. Os respondentes sugeriram colocar o físico, em seu processo de formação ou no doutorado, em contato com os problemas reais do setor empresarial; treiná-los para abrir empresas; criar programas para estágio dos futuros físicos de indústria e estimular a mudança de cultura dos físicos para que esta aproximação aconteça.

A Física Estatística é um exemplo de comunidade teórica cujo potencial é enorme para contribuir com as empresas. Como afirma o relatório de autoavaliação, uma das razões pelas quais a contribuição não seja maior talvez se deva à pouca utilização de métodos computacionais para soluções de problemas nos programas acadêmicos de Física.

3.5.4. Ótica e Fotônica

O relatório de autoavaliação indica que a comunidade de Ótica e Fotônica é formada por cerca de 800 profissionais. A natureza das atividades da comunidade de Ótica e Fotônica foi inferida, considerando 86 respostas a uma consulta estruturada, que indicaram esta como a sua área principal de atuação. Os resultados da consulta estruturada corroboram o fato de esta ser uma comunidade em que há predomínio de físicos experimentais com a seguinte distribuição: experimentais (69%), teóricos (12%) e computacionais (3%). Detalhes sobre as outras atividades (ensino e gestão) estão disponíveis na Tabela 8 da seção 3.3.

Foi pedido aos respondentes que indicassem outras áreas, além da Física, que atualmente colaboram em suas linhas de pesquisa e percebeu-se uma aproximação com as engenharias (principalmente de Materiais, Metalúrgica e Elétrica); resposta similar à Física de Matéria Condensada, que também é predominantemente experimental. Todavia, nenhuma área se sobressaiu quando perguntados sobre com que área a Física brasileira deveria desenvolver projetos conjuntos, isto é, não há o foco específico em nenhuma área. As informações do relatório de autoavaliação complementam a consulta ao demonstrar preocupação com o número reduzido de atividades interdisciplinares.

Os respondentes que indicaram instrumentação científica como essencial às suas atividades observaram a ausência de recursos regulares para custeio e manutenção dos laboratórios de pesquisa. A burocracia excessiva foi também motivo de preocupação, principalmente a lentidão do sistema de compras e licitações para a aquisição de equipamentos e insumos e a dificuldade em se contratar equipe especializada para auxiliar na operação dos equipamentos.



Esta comunidade foi a que revelou maior envolvimento com os setores empresarial e industrial. Os respondentes ofereceram os seguintes comentários sobre os mecanismos de interação entre a comunidade de Física e esses setores: o reconhecimento da profissão de físico, esclarecendo a habilitação profissional; a criação de laboratórios de P&D em indústrias de médio e grande porte com pessoal qualificado (mestres e doutores); a criação de centros de gerenciamento com a função de coordenar as pesquisas básica e aplicada, visando ao desenvolvimento tecnológico, tanto nas universidades quanto nos centros de pesquisa; a simplificação dos procedimentos para estabelecer convênios entre universidade/centros de pesquisa e a indústria; a simplificação e a desburocratização dos mecanismos de financiamento de *startups*; a aproximação das engenharias e a organização de visitas de grupos de físicos às indústrias para identificar problemas comuns em que possam colaborar.

Foi ressaltada a preocupação com o fortalecimento da formação dos físicos para atuação no setor empresarial. Os respondentes sugeriram estabelecer estágios nos cursos de graduação e pós-graduação; incorporar disciplinas na grade curricular relacionadas com empreendedorismo e inovação, preparando o físico também para a gestão de P&D, e incentivar a criação de incubadoras de empresas voltadas para a área de tecnologia.

Esta comunidade é uma das mais atuantes no setor empresarial e os casos de sucesso devem ser analisados para que se identifiquem elementos que possam ter efeitos multiplicadores.

3.5.5. Física Nuclear e Aplicações

A comunidade de Física Nuclear consiste em 452 físicos (incluindo doutores com posições permanentes, pós-doutores e pós-graduandos), é formada por uma ligeira maioria de físicos experimentais (52%), sendo o restante teóricos (48%). A natureza das atividades dos 99 respondentes da consulta, que indicaram esta como a sua área principal de atuação, tem a seguinte distribuição: experimentais (45%), teóricos (19%) e computacionais (12%). Detalhes sobre as outras atividades (ensino e gestão) estão disponíveis na Tabela 8 da seção 3.3.

Foi solicitado aos respondentes que indicassem outras áreas, além da Física, com as quais atualmente colaboram em suas linhas de pesquisa. A área mais indicada foi a Engenharia Nuclear, que também foi sugerida como a área na qual a Física brasileira deveria desenvolver projetos conjuntos.

Na consulta estruturada, houve poucos comentários individuais sobre instrumentação científica, o que é consistente com a percepção de que nesta comunidade há uma ligeira predominância de físicos experimentais. Assim como na comunidade de Física de Matéria Condensada, houve vários comentários sobre a burocracia que órgãos públicos têm que enfrentar ao importar equipamentos e sobre a dificuldade de financiamento e burocracia para aquisição de equipamento no Brasil, incluindo a falta de regularidade na liberação de recursos e o tipo de recurso liberado.

A maioria dos comentários foi favorável à aproximação entre a Física e o setor industrial e foi ressaltado o papel das incubadoras nas universidades como exemplo de mecanismo de interação bom, ágil e



barato. Outras sugestões foram oferecidas pelos respondentes, como: criação de oficinas de trabalho voltadas à divulgação do potencial da área para o setor industrial; incentivo à inserção de pesquisadores universitários na indústria; estímulo à cultura de P&D nas empresas; criação de bolsas da indústria para pesquisa básica em ciências; estímulo ao direcionamento de problemas tecnológicos das empresas para a comunidade científica brasileira, reduzindo a contratação de serviços por empresas internacionais, e incentivo ao recém-formado a interagir com o setor empresarial por meio da criação de empresas ou utilização de infraestrutura dos institutos de pesquisa. Houve vários comentários sobre a importância da regulamentação da profissão de físico para que facilite as prestações de serviço e consultorias.

Sobre o fortalecimento da formação dos físicos para atuação no setor empresarial, os respondentes sugeriram a importância de estágios e disciplinas voltadas para o setor empresarial/industrial, sendo que se deve ter cuidado em preservar uma formação sólida em Física e também incentivar a formação de engenheiros-físicos nos diversos campos de tecnologia e inovação.

Esta área tem um grande potencial a ser explorado com a indústria: radiologia diagnóstica, radioterapia, medicina nuclear, identificação de poluentes, datação de materiais, caracterização de materiais, esterilização de alimentos, técnicas de vácuo e criogenia, utilização de equipamentos eletrônicos e supercondutores e computação sequencial de alto desempenho. Pelas informações obtidas, não é claro qual dessas áreas no Brasil dispõe de infraestrutura e de recursos humanos adequados para interagir com as indústrias.

3.5.6. Física Atômica e Molecular

A comunidade de Física Atômica e Molecular brasileira teve sua origem na década de 1970. Com base nas 66 respostas obtidas na consulta estruturada, que indicaram esta como a sua área principal de atuação, infere-se que há um número ligeiramente maior de físicos teóricos e com a seguinte distribuição: experimentais (32%), teóricos (26%) e computacionais (18%). Os respondentes que se intitularam físicos computacionais têm como área de atuação secundária a teoria ou o ensino. O relatório de autoavaliação sugere que esta distribuição talvez se dê pelo custo mais elevado em realizar experimentos e em geral pela dificuldade em estabelecer e manter grupos experimentais que em sua maioria se encontram na região Sudeste. Detalhes sobre as outras atividades (ensino e gestão) estão disponíveis na Tabela 8 da seção 3.3.

Foi pedido aos respondentes que indicassem outras áreas, além da Física, com as quais atualmente colaboram em suas linhas de pesquisa. Todavia, nenhuma área se sobressaiu, sendo que a área mais votada foi a Química. Os respondentes também foram perguntados sobre em qual área a Física brasileira deveria desenvolver projetos conjuntos no futuro. Novamente, nenhuma área se sobressaiu. O relatório de autoavaliação complementa esta consulta ao apontar a falta de pesquisas multidisciplinares como um problema a ser superado.

Entre os respondentes que indicaram instrumentação científica como essencial às suas atividades, houve bem menos sugestões que indicassem outros problemas com o desenvolvimento da instru-



mentação. Todavia, esta comunidade mencionou a morosidade na importação de equipamentos devido à rigidez jurídica de aquisição de bens e serviços, aos entraves burocráticos nos processos de importação e à lentidão no desembaraço alfandegário.

A maioria dos comentários foi favorável à aproximação entre a Física e o setor industrial. A criação de eventos em que as necessidades e perspectivas de ambos os setores sejam apresentadas, discutidas e divulgadas é percebida como algo positivo. Todavia, este não foi o único instrumento de interação sugerido, sendo que alguns deles dependem de parcerias entre empresas e instituições de ensino superior, como a criação de estágios nos setores produtivos e de serviço.

Sobre o fortalecimento da formação dos físicos para atuação no setor empresarial, as respostas indicaram a necessidade de o currículo de Física ser mais diversificado, como ocorre com as engenharias.

Como menciona o relatório de autoavaliação, o conhecimento de sistemas moleculares pode ter forte impacto na indústria farmacêutica, de alimentos e cosmética. A Física Atômica e Molecular pode contribuir muito com várias áreas prioritárias da Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação, como, por exemplo, o Complexo da Saúde. Esta comunidade de predominância teórica dispõe de um grande potencial nas áreas de simulação e modelagem que talvez seja ainda desconhecido pelo setor industrial.

3.5.7. Física Biológica

Considerando as 42 respostas obtidas na consulta estruturada, as quais indicaram a Física Biológica como a sua área principal de atuação, infere-se que a comunidade de Física Biológica é formada por um número ligeiramente maior de físicos teóricos com a seguinte distribuição: experimentais (38%), teóricos (10%) e computacionais (38%). Os respondentes que se intitularam físicos computacionais têm como área de atuação secundária a teoria ou o ensino. Detalhes sobre as outras atividades (ensino e gestão) estão disponíveis na Tabela 8 da seção 3.3. Pediu-se aos respondentes que indicassem outras áreas, além da Física, com as quais atualmente colaboram em suas linhas de pesquisa, e as Ciências Biológicas receberam o maior número de votos. Devido ao número reduzido de respostas, não se pode concluir quais as áreas da Física são consideradas mais importantes para que realizem pesquisas conjuntas no futuro, mas é razoável admitir a presença das Ciências Biológicas. As escolhas demonstram um olhar centrado nas suas próprias linhas de pesquisa.

Entre os respondentes que indicaram instrumentação científica como essencial às suas atividades, esta foi a que ofereceu o menor número de sugestões relacionadas a problemas com instrumentação. A maioria dos respondentes se mostrou favorável à aproximação da Física com o setor industrial. A criação de eventos nos quais as necessidades e perspectivas de ambos os setores sejam apresentadas, discutidas e divulgadas é percebida como algo positivo. Todavia, este não foi o único instrumento de interação sugerido, sendo que alguns deles dependem de parcerias entre empresas e instituições de ensino superior, como a criação de estágios nos setores produtivos e de serviço. Esta comunidade foi a que expressou maior preocupação com a possível ineficiência e com o aumento de burocracia com



a criação da comissão “Física na Indústria” na SBF. É importante investigar o porquê e se há algo em particular que afete mais esta comunidade do que outras ou se isso se deve ao perfil dos respondentes da consulta. Foi também ressaltada a preocupação, por 87% dos respondentes, com o fortalecimento da formação dos físicos para atuação no setor empresarial.

Recomenda-se que esta comunidade aumente a interação com a Física Médica dada a possibilidade de existirem interesses comuns.

3.5.8. Física Médica

A natureza das atividades dos 55 respondentes da consulta, os quais indicaram a Física Médica como a sua área principal de atuação, sugere que esta seja formada predominantemente por físicos experimentais com a seguinte distribuição: experimentais (60%) e computacionais (13%), sendo que na consulta nenhum respondente se identificou como físico teórico como área principal de atuação. Detalhes sobre as outras atividades (ensino e gestão) estão disponíveis na Tabela 8 da seção 3.3.

Foi pedido aos respondentes que indicassem outras áreas, além da Física, com as quais atualmente colaboram em suas linhas de pesquisa. Nenhuma das áreas se sobressaiu, sendo que a área mais votada foi Ciências da Saúde e que também aparece quando se questiona com qual área a Física brasileira deveria desenvolver projetos conjuntos. As escolhas demonstram um olhar centrado nas suas linhas de pesquisa, similar aos da Física Biológica.

A maioria dos respondentes se mostrou favorável à aproximação da Física com o setor industrial. Perguntados sobre a importância da relação da comunidade de Física com as empresas, esta comunidade teve a porcentagem mais elevada no quesito conhecimento sobre o assunto. Entretanto, apenas um número reduzido revelou ter algum envolvimento.

Foi pedido aos respondentes que avaliassem a importância da criação de mecanismos de interações entre a comunidade de Física e o setor empresarial. Entre as sugestões oferecidas pelos respondentes encontram-se: mecanismos que possibilitem ao setor empresarial e ao meio acadêmico apresentarem suas demandas e qualificações; incentivo à criação de empresas juniores; criação de um cadastro de grupos de pesquisa dispostos a prestar serviços a empresas; criação de estágios ou bolsas de pesquisa nas empresas, além da preocupação com a regularização da profissão de físico.

A maioria dos comentários sobre o aperfeiçoamento da formação acadêmica sugere alteração na grade curricular, com disciplinas de caráter aplicado e que incentivem o empreendedorismo.

Recomenda-se que esta comunidade aumente a interação com a Física Biológica, dado a possibilidade de existirem interesses comuns.



3.5.9. Física de Plasmas

A natureza de atuação da comunidade de Física de Plasmas foi inferida por meio de 24 respostas à consulta estruturada. Com um número tão pequeno de respondentes sem uma amostragem probabilística, é difícil tirar conclusões mais detalhadas. Predomina nesta comunidade um número maior de físicos experimentais com a seguinte distribuição: experimentais (50%), teóricos (17%) e computacionais (17%). Os respondentes que se intitularam físicos computacionais têm como área de atuação secundária a teoria ou o ensino. Detalhes sobre as outras atividades (ensino e gestão) estão disponíveis na Tabela 8 da seção 3.3.

Por ser uma comunidade relativamente pequena, apenas um número reduzido de respondentes indicou instrumentação científica como essencial às suas atividades. Porém os que responderam à consulta ressaltaram a dificuldade com importação e contrato de equipe especializada para treinar no uso de equipamentos.

A maioria dos comentários foi favorável à aproximação entre a Física e o setor industrial. A necessidade de regulamentar a profissão de físico foi levantada por meio de comentários, e há a preocupação com o fortalecimento da formação dos físicos para atuação no setor empresarial.

Foi pedido aos respondentes que avaliassem a importância de mecanismos de interações entre a comunidade de Física e o setor empresarial. A criação de eventos nos quais as necessidades e perspectivas de ambos os setores sejam apresentadas, discutidas e divulgadas é percebida como algo positivo. Essa comunidade pode contribuir com a indústria no tratamento de resíduos que afetam o meio ambiente ou aqueles relacionados à área médica (bactericidas).

3.5.10. Física de Partículas e Campos

A comunidade brasileira de Física de Partículas e Campos começou a ter trabalhos desenvolvidos por pesquisadores brasileiros a partir da década de 1940 com a consolidação do projeto universitário brasileiro. As linhas de pesquisa iniciadas no Brasil desde então e ao longo dos anos conseguiram se desenvolver e estabelecer parcerias com centros de pesquisa do exterior.

O relatório da comissão de área indica que a comunidade de Física de Partículas conta com 532 professores cujas subáreas de atuação se dividem em: teoria de campos (37,5%), cosmologia e gravitação (17,8%), fenomenologia (17,2%), experimental de altas energias (13,1%) e o restante dividido entre astronomia, nuclear e outros.

Com base nas 157 respostas à consulta estruturada, concluiu-se que esta é uma comunidade predominante teórica. A distribuição dos respondentes da consulta foi: teóricos (59%), experimentais (15%) e computacionais (6%). Detalhes sobre as outras atividades (ensino e gestão) estão disponíveis na Tabela 8 da seção 3.3.



Foi pedido aos respondentes que indicassem outras áreas, além da Física, com as quais atualmente colaboram em suas linhas de pesquisa. As áreas mais votadas foram: “nenhuma área”, seguida de Matemática. O relatório de autoavaliação sugere a importância da interdisciplinaridade, porém, quando perguntados sobre as áreas com as quais a Física brasileira deveria desenvolver projetos conjuntos, nenhuma área se sobressaiu. A ausência de áreas predominantes no que concerne à interdisciplinaridade não necessariamente indica falta de interesse, mas isso só poderá ser verificado com uma amostra probabilística em estudos futuros. Outras respostas na consulta indicam a preocupação em garantir uma boa formação dos físicos e incentivar ideias e projetos na fronteira do conhecimento.

Talvez devido ao número pequeno de físicos experimentais, apenas um número reduzido de respondentes indicou instrumentação científica como essencial às suas atividades. Ao contrário do que se esperava, os respondentes desta questão estavam igualmente divididos entre os que se intitulavam teóricos e experimentais. Apesar de a comunidade experimental se organizar por meio da Rede Nacional de Física de Altas Energias (Renafae), que também conta com a participação dos teóricos, talvez falte uma sensibilização do grupo sobre a importância do desenvolvimento da instrumentação para maior interação com a indústria.

A maioria dos comentários foi favorável à aproximação entre a Física e o setor industrial. Perguntados sobre a importância da relação da comunidade de Física com as empresas, a maioria se pronunciou positivamente. Houve um comentário indicando que este assunto interessa apenas a físicos experimentais. É provável que a comunidade de Física de Partículas desconheça as principais questões em que teoria e simulação possa ser útil para atender as demandas dos diversos setores da indústria nacional. Há outras sugestões concretas feitas no relatório de autoavaliação para estimular a indústria nacional, como, por exemplo, criar centros de computação nacionais, aumentar a inserção em mercado de equipamentos e peças para aceleradores de partículas e fomentar o desenvolvimento de *software* no país.

Foi pedido aos respondentes que avaliassem a importância de mecanismos de interações entre a comunidade de Física e o setor empresarial. A criação de eventos nos quais as necessidades e perspectivas de ambos os setores sejam apresentadas, discutidas e divulgadas é percebida como algo positivo. Todavia, este não foi o único instrumento de interação sugerido, sendo que alguns deles dependem de parcerias entre empresas e instituições de ensino superior, como a criação de estágios nos setores produtivos e de serviço; pagamento de bolsas de iniciação científica (na graduação) e bolsas de pós-graduação por empresas interessadas em contratar futuros físicos. Há uma expectativa de que empresas criem cargos de pesquisador/desenvolvedor de tecnologias e institutos/laboratórios próprios para desenvolvimento de pesquisa e tecnologia. Como indica o relatório de autoavaliação, esta comunidade se beneficia da utilização de equipamentos sofisticados para suas pesquisas (aceleradores e detectores de partículas), e as consultas sugerem que é provável que as empresas brasileiras não estejam inteiradas das oportunidades de negócio existentes que as motivem a participar de tais experimentos.

Foi ressaltada a preocupação com o fortalecimento da formação dos físicos para atuação no setor empresarial. As respostas indicaram a necessidade de divulgar a flexibilidade da formação dos físicos, além de realizar um trabalho de valorização da profissão perante a sociedade. Há comentários que



sugerem que a formação de físico deve incluir disciplinas ou desenvolvimento de competências voltadas às necessidades do setor empresarial, não se limitando apenas a tecnologias, mas ao estímulo à criatividade e à gestão do conhecimento científico.

É necessário um estudo quantitativo que avalie o potencial existente no Brasil (ou que necessita de indução) em alguns dos temas discutidos aqui, para que esta comunidade contribua mais diretamente para o desenvolvimento nacional.





4. Físicos (mestres e doutores) nas empresas

Este trabalho envolveu o acesso, a absorção, o tratamento, a classificação e o cruzamento de duas grandes bases de dados contendo registros administrativos. A primeira base contém o registro das informações prestadas pelos programas de pós-graduação brasileiros sobre os indivíduos que obtiveram títulos de mestrado e doutorado. Essa base, denominada Coleta Capes, é administrada e mantida pela Capes, órgão do Ministério da Educação. A segunda base de dados contém o registro de informações prestadas pelos empregadores brasileiros (empresas, órgãos públicos, instituições sem fins lucrativos, etc.) sobre os indivíduos empregados nessas instituições e os dados dos seus empregos. Essa base sobre o emprego formal no Brasil, conhecida como Relação Anual de Informações Sociais (RAIS), é administrada e mantida pelo Ministério do Trabalho e Emprego (MTE). Essa linha de estudos no CGEE também utiliza dados do Programa Nacional de Amostras a Domicílio e do Censo Demográfico, buscando compreender a relação da população pós-graduada com a população do país em geral.

O período de cobertura da base de titulados (Coleta Capes) disponível é 1996 a 2009. Os dados de emprego são aqueles apurados na RAIS em 31/12/2009. A RAIS apenas relaciona empregados e os sócio-proprietários de empresas que são físicos não estão incluídos. A base do Coleta Capes, com informações sobre a pós-graduação brasileira desde 1996 e atualizada até o ano de 2009, passou por um longo processo de seleção, classificação e tratamento metodológico.

A partir dessas bases de dados cruzadas e preparadas para os estudos anteriores, foi feito o recorte para a área de Física, cujos resultados são apresentados nas tabelas a seguir e no Apêndice A.7. no final deste documento. São apresentadas informações sobre o emprego dos mestres e doutores em Física, tais como as ocupações desses profissionais e a classificação da atividade econômica (CNAE) das instituições empregadoras, distribuídos segundo os estados e regiões do emprego.

Os dados da Tabela 12 indicam que a Física parece ser uma área que privilegia o doutorado. Enquanto a proporção de doutores em todas as áreas em relação aos mestres titulados no mesmo período é de 36%, na Física, a proporção é de cerca de 94%. Na Astronomia e Biofísica, essa proporção é ainda maior e o número de doutores supera o de mestres. A taxa de emprego formal em 2009 foi calculada considerando a presença dos mestres e doutores na RAIS. Essa taxa é substancialmente menor para os mestres da área de Física (40,9%) em relação ao conjunto de mestres (66,3%). Da mesma forma, a taxa de emprego formal dos doutores em Física é menor do que dos doutores em geral (65,3% e 76,1%, respectivamente). Observa-se (na última coluna da Tabela 12) que a taxa de emprego dos doutores é maior do que a de mestres em todas as áreas e essa característica é mais acentuada nas áreas da Física, Astronomia e Biofísica.

É possível que parte desse pessoal esteja com emprego informal, trabalhando fora do Brasil, atuando em atividades empresarias como sócios proprietários ou ainda trabalhando como profissionais autônomos, consultores, por exemplo. Essas são algumas das possibilidades que também servem para explicar parte do contingente de titulados na pós-graduação, em todas as áreas, que estão sem emprego formal. Cabe, no entanto, investigar por que os doutores e mestres em Física apresentam



diferenças tão grandes em relação ao conjunto de todas as áreas (Tabela 12). É plausível admitir que a razão principal seja que a maioria esteja recebendo bolsas de estudo de doutorado (para os mestres) ou pós-doutorado (para os doutores), uma vez que hoje se exige cada vez mais qualificação para atuar como físico nas universidades, e este ainda é o caminho predominante da maioria desses profissionais no Brasil.

Tabela 12 – Número e percentagem de mestres e doutores titulados no Brasil no período de 1996 a 2009 encontrados na RAIS de 2009.

	Formação	Titulados		Encontrados na RAIS 2009		RAIS 2009/ titulados
Mestres	Física	2.595	0,94%	1.060	0,58%	40,9%
	Biofísica	427	0,16%	183	0,10%	42,9%
	Astronomia	133	0,05%	38	0,02%	28,6%
	Todas as áreas	275.445	100%	182.529	100%	66,3%
Doutores	Física	2.435	2,48%	1591	2,13%	65,3%
	Biofísica	570	0,58%	415	0,55%	72,8%
	Astronomia	170	0,17%	88	0,12%	51,8%
	Todas as áreas	98.319	100%	74.860	100%	76,1%

Fonte: Coleta Capes (Capes, MEC) e RAIS 2009 (MTE). Elaboração Núcleo de RHCTI (CGEE), Brasil, 2012.

Conforme ocorre no conjunto das áreas, o emprego dos mestres e doutores em Física, segundo a RAIS em 2009, é bastante concentrado na região Sudeste, especialmente em São Paulo. Observa-se, no entanto, um maior número de doutores, em relação aos mestres, da área de Física empregados no país. Isso ocorre nas regiões Sudeste, Sul e Nordeste. O Norte e o Centro-Oeste apresentam números próximos entre mestres e doutores na área de Física empregados. A análise estadual mostra uma variação considerável da proporção entre mestres e doutores empregados. A concentração maior de doutores está nas regiões Sul e Sudeste (São Paulo, seguido de longe por Rio de Janeiro, Minas Gerais, Paraná e Rio Grande do Sul), seguidos pelo Distrito Federal e pela Bahia (Figura 1. e Tabela A.7.1.). A maior concentração na região Norte é a do Pará.

A ocupação mais frequente dos mestres e doutores em Física é a de professor em diversos níveis de ensino, como se vê nas tabelas do Apêndice A.6. As ocupações mais frequentes em todos os estados são: professores de educação continuada de jovens e adultos e ensino fundamental, 1ª a 4ª série, seguidos de professores de nível médio e nível superior.

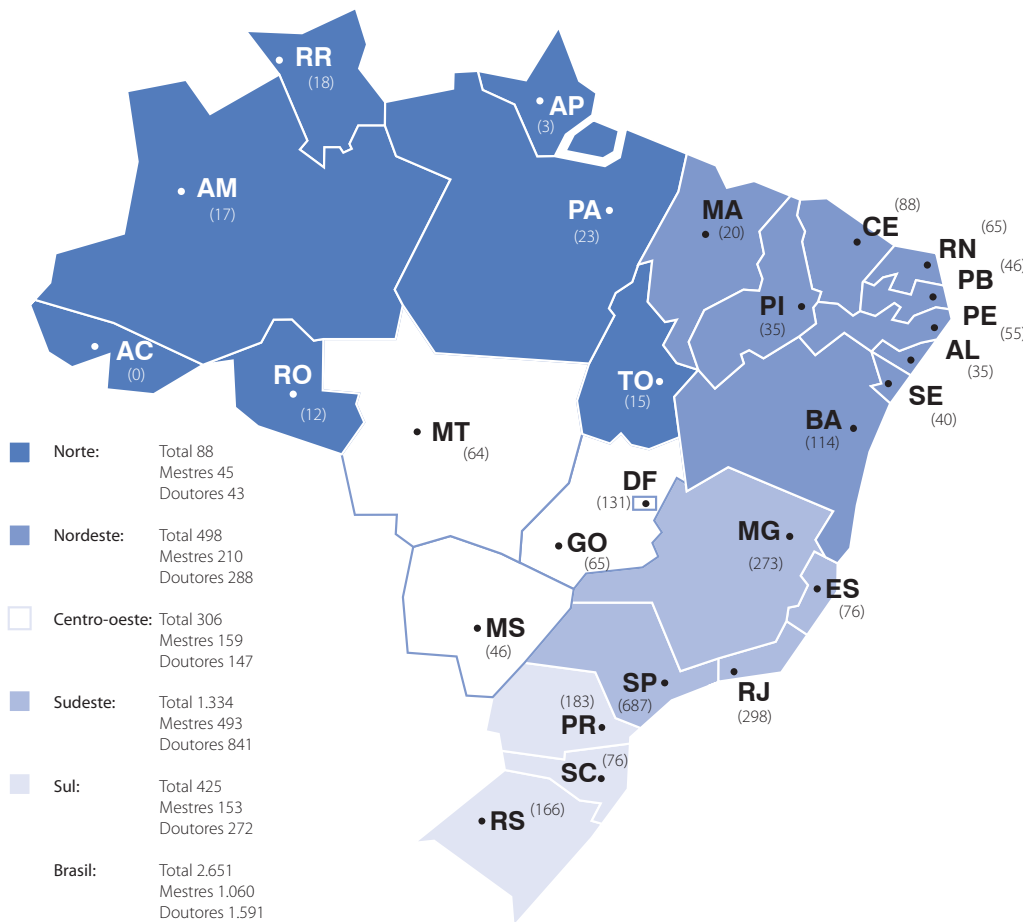


Figura 1. – Distribuição dos mestres e doutores titulados no Brasil em Física entre 1996 a 2009 empregados em 31/12/2009 segundo região e UF do emprego.

Fonte: Coleta Capes (Capes, MEC) e RAIS 2009 (MTE). Elaboração Núcleo de RHCTI (CGEE), Brasil, 2012.

Os resultados da Figura 2. e da Tabela A.7.2. indicam que no Sudeste e no Centro-Oeste não há mudanças (ver a Figura 1.), isto é, São Paulo e Distrito Federal continuam a predominar. Já no Norte, Amazonas e Pará dividem a primeira posição e, no Nordeste, o Ceará fica à frente de todos os demais estados, inclusive a Bahia. Já no Sul, o Rio Grande do Sul substituiu o Paraná na liderança.

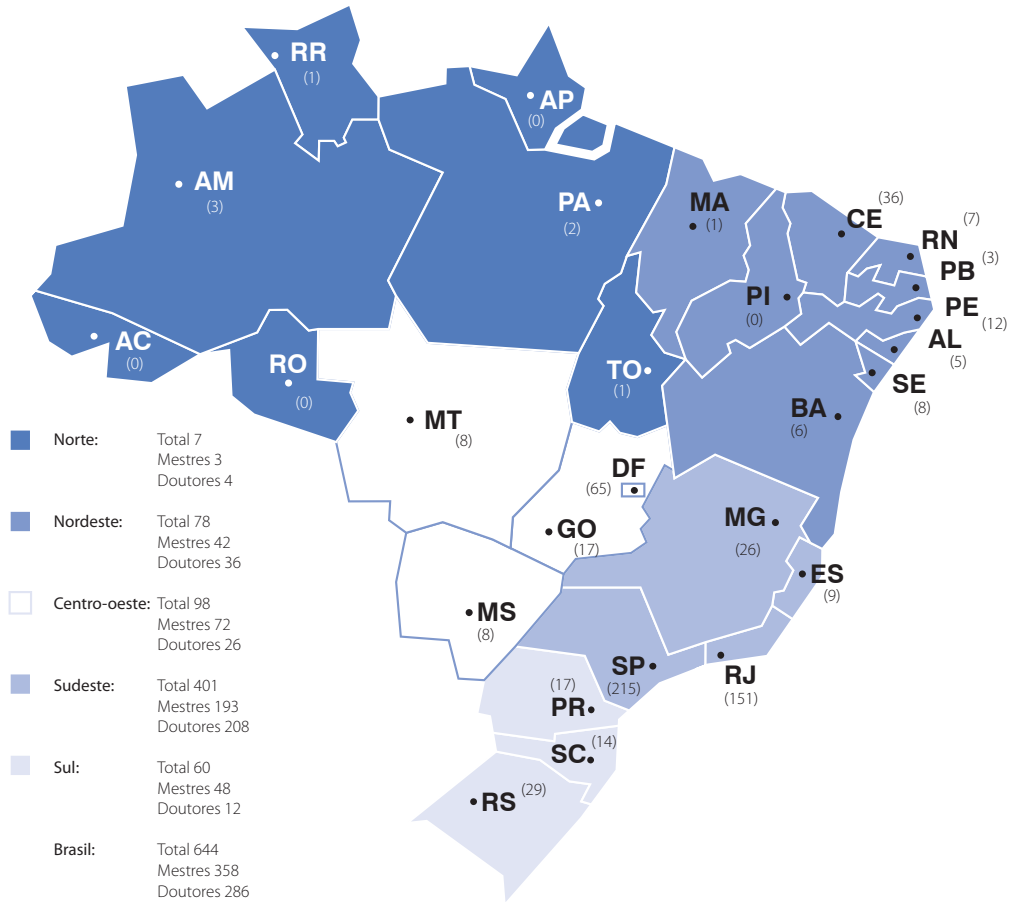


Figura 2. – Distribuição dos mestres e doutores titulados no Brasil em Física entre 1996 a 2009 empregados em 31/12/2009 segundo região e UF do emprego, excluídos os relacionados com ensino.

Fonte: Coleta Capes (Capes, MEC) e RAIS 2009 (MTE). Elaboração Núcleo de RHCTI (CGEE), Brasil, 2012.

Na Figura 2., os físicos que atuam em atividades de ensino foram excluídos para que se contabilizassem aqueles que exercem atividades nas empresas (públicas e privadas). É importante mencionar que há professores nas universidades que também realizam projetos de pesquisa em colaboração com as empresas, mas estes dados não nos permitem contabilizá-los e recomenda-se que em estudos futuros este mapeamento se inicie com os grupos de pesquisa do CNPq e das Fundações de amparo à pesquisa estaduais. Com o intuito de se obter uma estimativa precisa do número de físicos envolvidos com as empresas, deve-se também contabilizar o número de físicos apenas com o bacharelado, uma vez que este número pode ser elevado e ter impacto importante no setor empresarial.

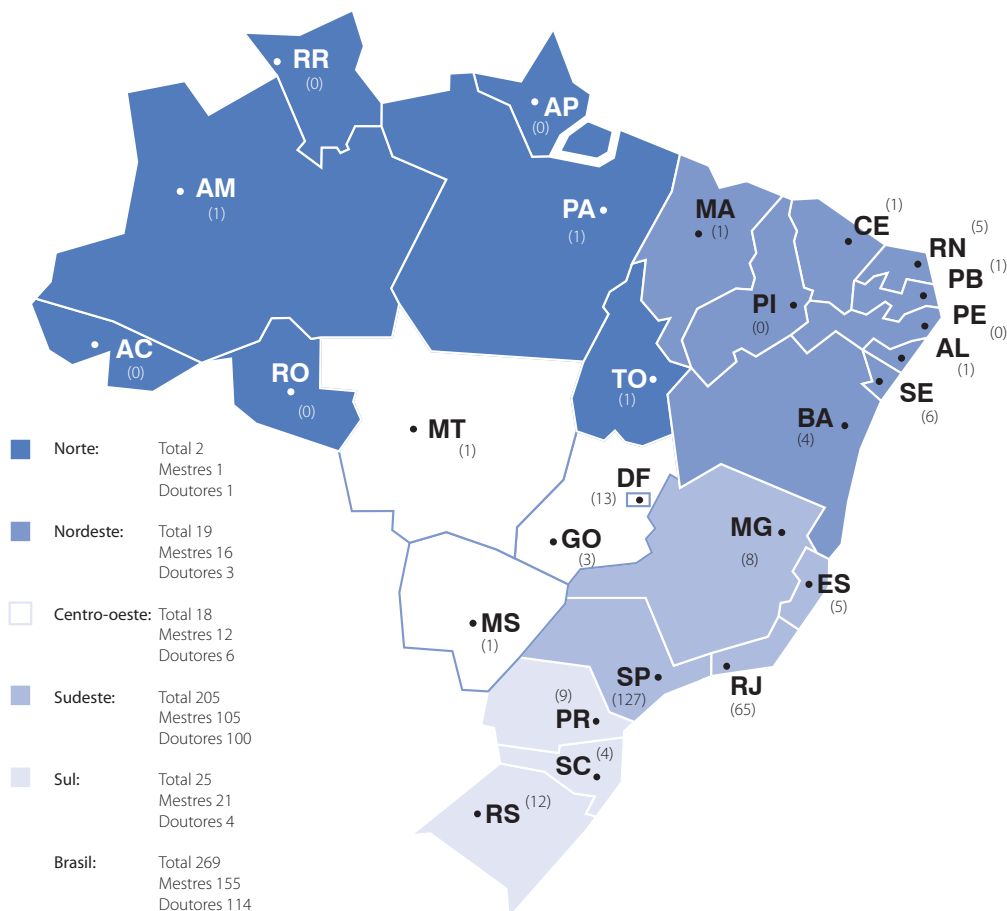


Figura 3. – Distribuição dos mestres e doutores titulados no Brasil em Física entre 1996 a 2009 empregados em 31/12/2009 segundo região e UF do emprego, incluindo apenas os relacionados com PD&I. Esta tabela não inclui os físicos cuja titulação máxima é o bacharelado nem aqueles que são professores em universidades e realizam parcerias com empresas.

Fonte: Coleta Capes (Capes, MEC) e RAIS 2009 (MTE). Elaboração Núcleo de RHCTI (CGEE), Brasil, 2012.

As tabelas do Apêndice A.7 permitem que se analisem e selecionem as ocupações entre estes 644 físicos que mais se assemelham às atividades de PD&I. Entretanto, há uma subjetividade na análise, uma vez que em alguns casos o título da ocupação pode não indicar precisamente a natureza do trabalho. Como as tabelas completas se encontram disponíveis no Apêndice A.7, o leitor pode fazer a sua própria interpretação. Este exercício resultou em um número de cerca de 270 físicos, como mostra a Figura 3. e a Tabela A.7.3., e que deve ser considerado um limite inferior. Como esperado, o estado de São Paulo não apenas apresenta a maior diversidade de ocupações para pós-graduados em Física, mas também o maior número absoluto de físicos. Na região Norte, quase não há físicos nas empresas e no Nordeste predomina o estado de Sergipe. No Sul e Centro-Oeste, como esperado, o Rio Grande do Sul e o Distrito Federal se destacam. Tais dados sugerem que a região Sudeste talvez seja a única com massa crítica para explorar mais a fundo os mecanismos de interação com as indústrias. Percebe-se que em Minas Gerais existe um número pequeno de físicos nas empresas. Talvez, neste caso, a maior contribuição venha de parcerias entre professores universitários e empresas, cujos dados não estão disponíveis neste estudo.



4.1. Distribuição por ocupação

Durante as discussões nas oficinas de trabalho e nos comentários dos respondentes das consultas estruturadas, havia uma percepção, não quantificada, de que muitos físicos são contratados como técnicos pelo fato da profissão ainda não ser regulamentada. Assim, esta seção analisa o emprego segundo a Classificação Brasileira de Ocupações. Neste recorte físico é definido como aquele que possui mestrado ou doutorado em Física.

Os dados da Tabela 13 mostram que há um número pelo menos duas vezes maior de pessoas classificadas como físicos pelos departamentos de recursos humanos das empresas. Recomenda-se que futuros estudos avaliem as implicações das classificações utilizadas tanto para o mapeamento dos físicos quanto para o exercício das atividades profissionais e sua remuneração. Observa-se, na Tabela 13, que há um número reduzido de geofísicos, especialmente ao se levar em conta a importância da área de petróleo e gás no país.

Há uma nuance a ser considerada. Nesta tabela, encontram-se aqueles que se titularam (mestres e doutores) em Física, mas que exercem a função de geofísico. Uma breve investigação na mesma base de dados usando os mesmos critérios aqui descritos apontou cerca de 150 geofísicos (mestres e doutores) exercendo funções de geofísico nas empresas. Entretanto, uma apresentação da Petrobras na II Semana Acadêmica de Geofísica (II SeGeof) da Universidade Federal Fluminense, realizada em 2009, sugere que há cerca de 600 geofísicos no país¹³. Recomenda-se que estudos futuros procurem consolidar estes dados e esclarecer se são consistentes.

¹³ Apresentação de Eduardo Lopes de Faria comentada no *website* Geofísica Brasil: <http://www.geofisicabrasil.com/noticias/161-tendencias/393-petroleo-puxa-mercado-geofisico.html> Acesso em: 24 de março de 2012

Tabela 13 – Ocupação dos mestres e doutores titulados no Brasil em Física entre 1996 a 2009 empregados em 31/12/2009 segundo a Classificação Brasileira de Ocupações, excluídos aqueles associados às atividades de educação e mantendo apenas aqueles relacionados a PD&I.

Ocupação dos físicos nas empresas e entidades sem fins lucrativos nas áreas de PD&I			
Ocupação	Mestres	Doutores	Total
Total de Físicos	159	110	269
Analista (Desenvolvimento de Sistemas; Redes e Comunicação de dados; Suporte Operacional); Programador (de Sistemas de Informação); Administrador (de Banco de Dados, de Redes, de Sistemas Operacionais).	42	20	62
Físico (Geral, Materiais, Medicina, Ótica).	29	31	60
Pesquisador (de Engenharia e Tecnologia; de Engenharia Elétrica; de Engenharia Eletrônica; Mecânica e Química; em Biologia e microorganismos e parasitas; em Biologia vegetal; em Física; em Metrologia; em Química).	17	30	47
Técnico (de apoio em Pesquisa e Desenvolvimento; de Comunicação de dados; de Laboratório Industrial; de Manutenção eletrônica de planejamento e programação da manutenção; Eletrônico; de Operação de equipamentos de exibição de Televisão; em Ótica e Optometria; em Ortopedia; Florestal; Químico de Petróleo).	20	4	24
Geofísico	11	11	22
Engenheiro (Aeronáutico; Agrônomo; Civil; de Aplicativos em Computação; de Produção; de Segurança do Trabalho; de Telecomunicações; Eletricista; Eletricista de Projetos; Eletrônico; Eletrônico de Projetos; Mecânico; Mecânico Industrial; Químico; Químico de Petróleo e Borracha).	16	5	21
Gerente (de P&D; de Produção e Operações; de Projetos e Serviços de Manutenção; de Riscos; de suporte técnico de Tecnologia da Informação).	4	4	8
Operador (em exploração de petróleo)	8	0	8
Estatístico	3	3	6
Astrônomo	3	1	4
Agente Fiscal Metroológico	1	0	1
Arquiteto de edificações	1	0	1
Matemático	0	1	1
Especialista em Pesquisa Operacional	1	0	1
Inspetor de Aviação Civil	1	0	1
Instalador de linhas elétricas de alta e baixa tensão	1	0	1
Supervisor de montagem e instalação eletroeletrônica	1	0	1

Fonte: Coleta Capes (Capes, MEC) e RAIS 2009 (MTE). Elaboração Núcleo de RHCTI (CGEE), Brasil, 2012.

Cabe também perguntar o que fazem os outros físicos que não realizam atividades de PD&I nas empresas. A Tabela 14 ilustra as ocupações que aparecem com mais frequência e que exigem maior qualificação, porém não necessariamente relacionadas ao ensino ou à PD&I. Talvez a motivação para assumir tais funções venha pelo interesse em receber melhores remunerações oferecidas pelo setor público. Tradicionalmente, os físicos atuam no setor público como dirigentes de instituições estaduais e federais e contribuem também com o estímulo a CT&I no Brasil. A pergunta a se fazer é se estes que buscam o setor público procurariam as empresas se houvesse salários mais elevados.



Tabela 14 – Ocupação dos mestres e doutores titulados no Brasil em Física entre 1996 a 2009 empregados em 31/12/2009 que exigem maior qualificação, excluídos aqueles envolvidos com ensino e PD&I.

Distribuição dos físicos nas empresas e entidades sem fins lucrativos excluídos aqueles envolvidos com ensino e PD&I			
Ocupação	Mestres	Doutores	Total
Total	69	63	132
Servidor público estadual e distrital (dirigente)	17	25	42
Servidor público federal (dirigente)	8	16	24
Polícia (Perito criminal, papiloscopista policial, investigador de polícia, policial rodoviário federal, agente da Polícia Federal, agente ambiental)	21	7	28
Finanças (Analista de negócios, de pesquisa de mercado, de produtos bancários, de sinistros, financeiro, economista, corretor de valores, gerente de crédito e cobrança, gerente financeiro, gerente de riscos e operador de negócios)	13	8	21
Auditoria e Fiscalização (auditor, auditor fiscal da Receita Federal e do trabalho, contador, técnico da Receita Federal, fiscal de tributos estadual e municipal)	10	7	17

Fonte: Coleta Capes (Capes, MEC) e RAIS 2009 (MTE). Elaboração Núcleo de RHCTI (CGEE), Brasil, 2012.

A Tabela 15 mostra as ocupações que exigem menos qualificações. Observa-se que há um número razoavelmente grande de mestres e doutores nessas áreas, quando comparados aos 270 físicos presentes nas áreas de PD&I nas empresas. Há um número expressivo de físicos com mestrado e doutorado atuando como assistentes administrativos, comparável ao número de físicos e pesquisadores nas empresas atuando em PD&I, como mostra a Tabela 13. Recomenda-se que estudos futuros investiguem o porquê dessa evasão e se existe a necessidade de criar mecanismos que estimulem esses profissionais tão capacitados a ingressarem nas áreas de PD&I das empresas.

Como foi mostrado anteriormente, o número de físicos nas empresas brasileiras ainda é pequeno. Há vários fatores que afetam o potencial de empregabilidade dos físicos, entre eles, o número reduzido de empresas que dependem necessariamente dos conhecimentos da Física, a falta de divulgação das qualificações dos físicos e o desconhecimento das áreas nas quais os físicos possam atuar. Em países com um número de físicos maior nas empresas, estes exercem atividades mais variadas.

Por exemplo, os dados de 2006 e 2007 nos Estados Unidos indicam que cerca de 60% dos físicos, ao terminar o bacharelado, encontram o seu primeiro emprego nas empresas¹⁴. Recomenda-se que no Brasil se faça este estudo com bacharéis em Física e outras profissões, pois pode haver um número maior de físicos nas empresas do que contabilizado neste estudo.

¹⁴ AIP Statistical Research Center, Focus on Physics Bachelor's Initial Employment – Web site da American Physical Society – Disponível em: <<http://www.aps.org/careers/statistics/bsempsectors.cfm>>. Acesso em: 23 de março de 2012.

Tabela 15 – Ocupação dos mestres e doutores titulados no Brasil em Física entre 1996 a 2009 empregados em 31/12/2009 que exigem menor qualificação, excluídos aqueles envolvidos com ensino e PD&I.

Distribuição dos físicos nas empresas e entidades sem fins lucrativos excluídos aqueles envolvidos com ensino e PD&I			
Ocupação	Mestres	Doutores	Total
Total de físicos	85	85	170
Assistente administrativo	35	72	107
Auxiliar de escritório, em geral	22	3	25
Escriturário de banco	10	4	14
Supervisor administrativo	5	2	7
Auxiliar de serviços jurídicos	5	1	6
Dirigente de serviço público municipal	4	0	4
Gerente administrativo	2	2	4
Auxiliar técnico em laboratório de farmácia e patologia clínica	2	1	3

Fonte: Coleta Capes (Capes, MEC) e RAIS 2009 (MTE). Elaboração Núcleo de RHCTI (CGEE), Brasil, 2012.

Dados de 2007 e 2008 sobre mestres em Física no setor privado dos Estados Unidos indicam que cerca de 40% destes trabalham em empresas de engenharia e 19% em empresas de ciências da computação ou tecnologia da informação¹⁵. Na maioria das vezes, as atividades são realizadas em equipes, visando à solução de problemas técnicos e utilizando conhecimento específico da área ou de Matemática avançada e operando equipamento especializado. Além disso, os físicos nas empresas estadunidenses atuam em gestão de projetos, de orçamento e de pessoas e são capazes de trabalhar diretamente com clientes. Têm habilidades em programação, administração de computadores, desenho e desenvolvimento de produtos e até redação técnica. Desde 1997, a *American Physical Society*, *American Institute of Physics* e a *General Motors* premiam os físicos cujas contribuições levam ao desenvolvimento de produtos ou de pesquisas com potencial para gerar aplicações industriais¹⁶. As premiações dos últimos 35 anos envolveram pesquisas relacionadas com as áreas de ciências de materiais, saúde, circuitos integrados, aplicações magnéticas, relógios de precisão, sistemas inerciais de navegação, aplicações óticas e xerografia, entre outras.

Neste estudo, percebe-se que, apesar de receptivos à ideia de contratar físicos, os empresários brasileiros ainda não exploram todo o potencial desta comunidade. Os que têm experiência com os físicos admitem que eles demonstram iniciativa, são curiosos e reforçam o espírito de investigação; são inquietos e estimulam a solução de problemas complexos, utilizando seus conhecimentos científicos, específicos ou abrangentes, para contribuir com os trabalhos em equipe.

No exterior, os projetos científicos internacionais de grande porte criam oportunidades adicionais para treinar os físicos. São atividades que não somente dependem das qualificações técnicas habituais, mas também envolvem outras relacionadas com as áreas de gestão, controle de qualidade, administração de computadores e elaboração de documentos técnicos. Além da atuação nas empresas, as qualificações dos físicos podem ser de grande valia para resolver problemas em áreas consideradas

¹⁵ AIP Statistical Research Center, Focus on Physics and Astronomy Master's Initial Employment – Web site da American Physical Society – disponível em: <<http://www.aps.org/careers/statistics/masterinitial.cfm>> Acesso em: 23 de março de 2012.

¹⁶ American Institute of Physics, disponível em: <<http://www.aip.org/industry/prize/>> Acesso em: 23 de março de 2012.



estratégicas para o Brasil. Percebe-se isso pelo número de físicos trabalhando em projetos de defesa, por exemplo, como será apresentado na Tabela 19.

Para promover a inserção dos físicos nas empresas, é necessário que as comunidades da Física brasileira articulem suas qualificações perante o setor empresarial para que juntos possam identificar aquelas que devem ser fomentadas, visando ao desenvolvimento nacional. Recomenda-se que as comissões de área da Física façam um estudo para subsidiar um planejamento de longo prazo usando a tabela da seção 2.3 como ponto de partida. Este mapeamento das competências da Física e dos setores do Plano Brasil Maior pode representar um instrumento poderoso de articulação com o governo e com o setor empresarial para a indução de setores com maior probabilidade de inovar devido aos conhecimentos da Física.

4.2. Distribuição por natureza jurídica do empregador

A análise da seção anterior usou a ocupação dos físicos como base e para identificar aqueles relacionados ao ensino, excluíram-se as ocupações intituladas “professores”, “orientador pedagógico” e assim por diante. Assim, não se pôde precisar a natureza jurídica dos empregadores. Nesta seção, encontram-se os resultados por natureza jurídica, mas perde-se a informação sobre as ocupações. Para cruzar as informações, fez-se um trabalho minucioso de análise de cruzamento de dados. Como há subjetividade na interpretação de que profissão é relacionada com PD&I e na associação da razão social da empresa com atividades de PD&I, os números encontrados não são idênticos aos da seção anterior. Apesar da complexidade no cruzamento dos dados, os números são consistentes.

A análise dos empregadores segundo sua natureza jurídica mostra que a administração pública (inclui universidades federais) é o setor que mais emprega os mestres e, mais ainda, os doutores em Física (ver Tabela 16). De um total de 1.060 mestres, 637 estão na administração pública e 232 em empresas (privadas, estatais e sem fins lucrativos). Quantos aos doutores, de um total de 1.591, 1.283 estão na administração pública e 118 em empresas. Na administração pública, incluem-se os professores das redes públicas de ensino em todos os níveis e esferas de governo. Um dado interessante mostra que, no caso das empresas, tanto privadas quanto estatais, a proporção de empregados mestres é maior do que a de doutores, conforme se vê na Tabela 15. Entre as empresas privadas estão também os estabelecimentos privados de ensino. Esse dado reflete uma maior exigência do doutorado no campo público de ensino e pesquisa. É possível que também haja maior disponibilidade de mestres em Física para o mercado de trabalho privado. A investigação sobre o número de vínculos e remuneração pode contribuir para uma análise mais apurada sobre o mercado de trabalho desses profissionais. Instituições sem fins lucrativos também empregam mestres e doutores em Física e estão aí classificados alguns dos institutos de pesquisa, mas também instituições voltadas à educação, como associações e fundações.

Tabela 16 – Distribuição dos mestres e doutores titulados no Brasil em Astronomia, Biofísica e Física entre 1996 a 2009 empregados em 31/12/2009 segundo a natureza jurídica da instituição empregadora.

Natureza jurídica do empregador	Astronomia			Biofísica			Física		
	Mestres	Doutores	Total	Mestres	Doutores	Total	Mestres	Doutores	Total
Administração pública	14	50	64	110	290	400	637	1.283	1.920
Administração pública federal	10	46	56	46	257	303	342	942	1.284
Administração pública estadual	4	4	8	41	32	73	279	331	610
Administração pública municipal	0	0	0	23	1	24	16	10	26
Empresas	15	12	27	40	29	69	232	118	350
Empresas estatais	2	2	4	10	4	14	52	28	80
Empresas privadas	13	10	23	30	25	55	180	90	270
Entidades sem fins lucrativos	6	26	32	30	96	126	164	190	354
Total	21	38	59	70	125	195	396	308	704

Fonte: Coleta Capes (Capes, MEC) e RAIS 2009 (MTE). Elaboração Núcleo de RHCTI (CGEE), Brasil, 2012.

Apesar de os números de astrônomos, biofísicos e físicos nas empresas brasileiras serem, respectivamente, 27, 89 e 350, ao se removerem as instituições relacionadas ao ensino, encontram-se os dados da Tabela 17, que contabilizam 19 astrônomos, 34 biofísicos e 197 físicos nas empresas privadas e 2, 5 e 63 físicos respectivamente nas entidades sem fins lucrativos. No caso da Física, o número de mestres e doutores contratados é similar, talvez indicando a versatilidade da qualificação dos físicos. Estes resultados devem ser contrastados com aqueles da Tabela 13, que contém as ocupações dos físicos nas empresas. A pequena diferença entre os números das Tabelas 13 e 17 envolvem interpretações subjetivas sobre quais ocupações estão relacionadas com PD&I e quais empresas estão essencialmente voltadas ao ensino. Estas limitações podem ser removidas com um estudo aprofundado.

Tabela 17 – Distribuição dos mestres e doutores titulados no Brasil em Astronomia, Biofísica e Física entre 1996 a 2009 empregados em 31/12/2009 segundo a natureza jurídica da instituição empregadora e excluídas as empresas associadas a ensino.

Natureza jurídica do empregador	Astronomia			Biofísica			Física		
	Mestres	Doutores	Total	Mestres	Doutores	Total	Mestres	Doutores	Total
Empresas	15	4	19	32	17	49	109	88	197
Empresas estatais	2	2	4	10	4	14	52	28	80
Empresas privadas	13	2	15	22	13	35	57	60	117
Entidades sem fins lucrativos	0	2	2	0	5	5	30	43	73
Total	15	6	21	32	22	54	139	131	270

Fonte: Coleta Capes (Capes, MEC) e RAIS 2009 (MTE). Elaboração Núcleo de RHCTI (CGEE), Brasil, 2012.



4.3. Distribuição por atividade econômica

Neste recorte à base de dados, perdem-se as informações sobre a natureza jurídica do empregador e as ocupações, mas propicia-se uma visão sobre as atividades econômicas relacionadas com o Plano Brasil Maior. Uma verificação detalhada indicou que há consistência entre os dados dos três recortes apresentados.

Na Tabela 18, encontramos as áreas de maior participação dos físicos brasileiros. A maioria (88,2%) está em instituições de ensino ou administração pública. Na administração pública, encontra-se também a defesa, que conta com um número significativo de físicos¹⁷ que, apesar de não constar explicitamente na Tabela 13, pode ser encontrado na Tabela 19.

As áreas com o maior número de físicos fora do ensino e da administração pública e classificadas quanto à sua atividade econômica são: atividades profissionais, científicas e técnicas (2,5%), indústrias de transformação (2,3%), atividades financeiras, de seguros e serviços relacionados (1,5%), informação e comunicação (1,4%) e indústrias extrativas (1,1%).

Tabela 18 – Distribuição dos mestres e doutores titulados no Brasil em Física entre 1996 a 2009 empregados em 31/12/2009 segundo a Classificação Nacional de Atividades Econômicas da instituição empregadora.

CNAE	Descrição	Mestres	Doutores	Total	
-	Total	1060	1591	2651	100%
P	Educação	549	1346	1895	71,5%
85.1	Educação infantil e ensino fundamental	32	6	38	
85.2	Ensino médio	22	4	26	
85.3	Educação superior	404	1264	1668	
85.4	Educação profissional de nível técnico e tecnológico	72	52	124	
85.5	Atividades de apoio à educação	3	7	10	
85.9	Outras atividades de ensino	16	13	29	
O	Administração pública, defesa e seguridade social	324	118	442	16,7%
84	Administração Pública, Defesa e Seguridade Social	324	118	442	
M	Atividades profissionais, científicas e técnicas	17	50	67	2,5%
69	Atividades jurídicas, de contabilidade e de auditoria	5	4	9	
71	Serviços de arquitetura e engenharia; testes e análises técnicas	2	3	5	
72	Pesquisa e desenvolvimento científico	10	42	52	
74	Outras atividades profissionais, científicas e técnicas	0	1	1	
C	Indústrias de transformação	31	19	50	2,3%
11	Fabricação de bebidas	1	0	1	
14	Confeção de artigos do vestuário e acessórios	1	0	1	
19	Fabricação de coque, de produtos derivados do petróleo e de biocombustíveis	5	1	6	
21	Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos	1	3	4	

¹⁷ De um total de 66 mestres e doutores, infere-se que 31 destes estejam envolvidos com atividades de ensino.



CNAE	Descrição	Mestres	Doutores	Total	
24	Metalurgia	1	0	1	
25	Fabricação de produtos de metal, exceto máquinas e equipamentos	3	0	3	
26	Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos	10	7	17	
28	Fabricação de máquinas e equipamentos	0	7	7	
29	Fabricação de veículos automotores, reboques e carrocerias	5	0	5	
30	Fabricação de outros equipamentos de transporte, exceto veículos automotores	2	0	2	
32	Fabricação de produtos diversos	1	1	2	
33	Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos	1	0	1	
K	Atividades financeiras, de seguros e serviços relacionados	30	9	39	1,5%
64	Atividades de serviços financeiros	23	7	30	
65	Seguros, resseguros, previdência complementar e planos de saúde	2	0	2	
66	Atividades auxiliares dos serviços financeiros, seguros, previdência complementar e planos de saúde	5	2	7	
J	Informação e comunicação	24	12	36	1,4%
58	Edição e edição integrada à impressão	0	1	1	
59	Atividades cinematográficas, produção de vídeos e de programas de televisão; gravação de som e edição de música	1	0	1	
60	Atividades de rádio e de televisão	2	1	3	
61	Telecomunicações	1	2	3	
62	Atividades dos serviços de tecnologia da informação	16	6	22	
63	Atividades de prestação de serviços de informação	4	2	6	
B	Indústrias extrativas	18	11	29	1,1%
06	Extração de petróleo e gás natural	10	3	13	
07	Extração de minerais metálicos	0	2	2	
09	Atividades de apoio à extração de minerais	8	6	14	

Fonte: Coleta Capes (Capes, MEC) e RAIS 2009 (MTE). Elaboração Núcleo de RHCTI (CGEE), Brasil, 2012

A Tabela 19 descreve o número de físicos para as principais atividades econômicas classificadas no Plano Brasil Maior. As duas últimas categorias, apesar de não aparecerem explicitamente no Plano Brasil Maior, foram incluídas dada a sua relevância. Todavia, o recorte por classificação econômica dificulta a identificação dos físicos atuantes no setor aeroespacial.

É preciso fazer um estudo aprofundado sobre as áreas em que os físicos estão atuando, principalmente quando se analisam os setores da indústria da transformação, pois a participação dos físicos é seguramente diferente entre os vários setores. Apesar da observação óbvia de que o número de físicos é pequeno, não há um indicador de referência do que seria o número ideal de físicos na indústria.



Tabela 19 – Distribuição dos mestres e doutores em Física por setores industriais relevantes para o Plano Brasil Maior entre 1996 a 2009 empregados em 31/12/2009.

Bloco do Plano Brasil Maior	Sector Produtivo	Mestres	Doutores	Total
	TICs (fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos; telecomunicações; serviços de tecnologia da informação; prestação de serviços de informação)	31	17	48
	Complexo da defesa	15	20	35
	Mecânica, Eletroeletrônica e Saúde			
	Petróleo e gás (extração de petróleo e gás natural, eletricidade gás e outras utilidades)	16	5	21
	Bens de capital (fabricação de produtos de metal; de máquinas e equipamentos; de veículos automotores, reboques e carrocerias; de outros equipamentos de transporte; de produtos diversos e manutenção, instalação de máquinas e equipamentos)	12	8	20
	Complexo da saúde (fabricação de produtos farmacêuticos e farmacêuticos)	1	3	4
	Intensivos em Escala			
	Bioetanol(extração de minerais metálicos, metalurgia)	5	1	6
	Minero-metalúrgico (extração de minerais metálicos, metalurgia)	1	2	3
Intensivo em Trabalho	Construção civil (construção de edifícios; obras de infraestrutura)	5	2	7
	Têxtil e confecções(confecção de artigos de vestuário e acessórios)	1	0	1
Comércio, logística e serviços pessoais	Comércio atacado e varejista(exceto veículos automotores e motocicletas)	10	3	13
	Logística (transporte terrestre e aéreo, armazenamento e atividades auxiliares de transporte)	3	2	5
	Serviços (reparação e manutenção de equipamentos de informática e comunicação e de objetos pessoais e domésticos)	2	0	2
Categoria não definida explicitamente no Plano Brasil Maior	Finanças (serviços financeiros; seguros, resseguros, previdência complementar e planos de saúde e atividades auxiliares)	30	9	39
	Atividades Técnicas e científicas (P&D; serviços de arquitetura e engenharia, testes e análises técnicas e outras atividades profissionais científicas e técnicas)	12	46	58
Total		144	118	262

Fonte: Coleta Capes (Capes, MEC) e RAIS 2009 (MTE). Elaboração Núcleo de RHCTI (CGEE), Brasil, 2012.

O estudo (CGEE, Doutores 2010) considerou nove grandes áreas do conhecimento: ciências agrárias; ciências biológicas; ciências da saúde; ciências exatas e da terra; ciências humanas; ciências sociais aplicadas; engenharias; linguística, multidisciplinar e letras e artes. Na Tabela 20, compara-se o número de físicos doutores com os doutores nas grandes áreas do conhecimento consideradas importantes para as atividades econômicas de interesse deste estudo: ciências agrárias, ciências exatas e da terra e engenharias. Aqui se percebe que o número de físicos é realmente pequeno em relação a outras áreas e corresponde a cerca de 10% do de engenheiros. O grande desafio é aumentar o número de físicos no Brasil para que possam participar das atividades dos setores elencados no Plano Brasil Maior. Deve-se lembrar que os números neste estudo são limites inferiores, pois não estão incluídos os físicos que fizeram apenas bacharelado. Nos EUA, esses físicos estão bastante presentes nas em-



presas de engenharia e de tecnologia da informação¹⁸. É possível que mesmo um número pequeno de físicos possa ter impacto positivo nas áreas de PD&I das empresas.

Como mencionado anteriormente, um estudo encomendado pelo *Institute of Physics* estimou que 2% das empresas que dependem criticamente da Física contribuem com cerca de 6% da produção industrial do Reino Unido (IOP 2007). É preciso realizar um estudo similar que avalie o impacto no valor agregado da Física nas empresas brasileiras e decidir se este é um bom indicador para futuras políticas públicas no Brasil. A título ilustrativo, a última tabela do Apêndice A.7. contabiliza o número de mestres e doutores em Física no Brasil que têm as mesmas ocupações elencadas no estudo do Reino Unido.

Tabela 20 – Distribuição dos mestres e doutores em Física e das grandes áreas do conhecimento para os setores industriais relevantes para o Plano Brasil Maior entre 1996 a 2008 empregados em 31/12/2008. A porcentagem da Física é calculada em função do número total na última coluna e obviamente é um subconjunto dos dados de Ciências Exatas e da Terra.

Código CNAE 2.0	Atividade Econômica	Física	Ciências Agrárias	Ciências Exatas e da Terra	Engenharias	Ciências Humanas, Sociais aplicadas, Linguística, Letras e Artes e Multidisciplinar	Todas as áreas
B	Indústria extrativa	11 (5,2%)	3 (1,4%)	77 (37,0%)	106 (51,0%)	22 (10,6%)	208 (100%)
C	Indústria de transformação	19 (2,7%)	153 (22,0%)	119 (17,1%)	270 (38,9%)	152 (21,9%)	694 (100%)
M	Atividades profissionais científicas e técnicas	50 (2,6%)	805 (42,6%)	273 (14,4%)	476 (25,2%)	3377 (17,8%)	1891 (100%)

Fonte: Coleta Capes (Capes, MEC) e RAIS 2009 (MTE), (CGEE, Doutores 2010).

¹⁸ AIP Statistical Research Center, Focus on Physics Bachelor's Initial Employment – Web site da American Physical Society – disponível em: <<http://www.aps.org/careers/statistics/bsempsectors.cfm>> Acesso em: 23 de março de 2012.





5. Interações comunidade de Física e setor empresarial

Uma das grandes dificuldades para interagir tem origem na cultura dos físicos que estão tradicionalmente ligados à Academia e costumam divulgar pesquisas e eventos, preferencialmente, entre os seus pares, como nos mostra um dos respondentes da segunda consulta estruturada: “Todos os nossos eventos são divulgados para nós mesmos, para nossa própria avaliação, e o restante da comunidade não fica sabendo de praticamente nada que nossos pesquisadores desenvolvem”. Um estudo realizado pela Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (Fiesp), em 2010, identificou os principais obstáculos à inovação nas empresas. A falta de informação sobre os serviços disponibilizados pelas universidades apareceu como um dos três primeiros itens¹⁹.

Apesar disso, dada a alta capacidade de aprendizado de novas ciências e técnicas, encontram-se físicos nas empresas em atividades de pesquisa, assistência tecnológica e também prestando consultoria em soluções, projetos e desenvolvimento de novos produtos ou soluções.

5.1. Percepção sobre os mecanismos de interação

A segunda consulta estruturada indicou que há uma oportunidade para que a Física explore a interação com as indústrias. Todavia, são poucos os físicos que acumulam experiência nesta área, como mostram os resultados da Tabela 21. A consulta avaliou a percepção da importância e os níveis de conhecimento e de envolvimento dos respondentes sobre a interação da Física com a indústria. Os dados indicam que mais de 85% dos respondentes acredita que o tema seja importante, porém apenas cerca de 35% o conhecem em mais detalhes e aproximadamente 20% têm algum tipo de envolvimento com o assunto. É provável que os físicos não tenham podido avaliar as implicações desta aproximação, e isso deve ser feito para que se legitimem as ações subsequentes, caso a comunidade esteja interessada em prosseguir nesta direção.

¹⁹ Palestra de José Ricardo Roriz Coelho - Núcleo de Inovação e Comitê Empresarial do Movimento Empresarial para Inovação. Disponível em www.fiesp.com.br/competitividade/. Acesso em março de 2012;



Tabela 21 – Avaliação da importância e os níveis de conhecimento e de envolvimento dos 1.422 respondentes sobre a interação da Física com a indústria. A escala corresponde a: 0=nenhum, 1=pouco e 5=muito

	Importância	Conhecimento	Envolvimento
0 (nenhum)	2%	8%	38%
1 (pouco)	1%	16%	16%
2	3%	17%	10%
3	9%	26%	13%
4	18%	16%	9%
5 (muito)	68%	16%	14%
Total áreas	100%	100%	100%

Um dos mecanismos de aproximação da Física com a indústria foi proposto na segunda consulta estruturada: a criação de uma comissão de área da SBF dedicada à interação entre a Física e o setor empresarial e intitulada “Física na Indústria”. Corroborou-se o apoio evidenciado anteriormente, pois os dados da Tabela 22 indicam que 72% dos respondentes se mostram favoráveis à criação dessa comissão. Os respondentes foram além e ofereceram sugestões, entre as quais encontram-se: avaliar as demandas do setor empresarial e encaminhá-las aos devidos centros de pesquisas do país; ajudar a reorientar a formação dos estudantes, mas sem perder o foco da Física; criar um comitê para divulgar como o físico pode atuar na indústria; convidar consultores de outros países para colaborar neste processo de interação e até incluir membros de outros países nesta comissão. Durante a oficina de trabalho, surgiram outras, como o fomento de editais específicos; articulação com governo e meio empresarial; aproximação com engenharias; divulgação das competências; atuação junto aos NITs; sinalização de prioridades e potencial; coordenação de colaborações com laboratórios empresariais, entidades do sistema S e associações de empresas. Entretanto, os respondentes pedem cautela para que esta comissão não aumente a burocracia já existente no dia a dia dos físicos, não funcione como instrumento de promoção política de indivíduos e não sirva a interesses puramente pessoais. Alguns foram mais céticos, dizendo que não são as comissões que fomentam interações, mas a existência de financiamento que as viabilizem. Por fim, ressaltam o risco de se criarem mecanismos ineficazes ou ineficientes quando já existem incubadoras em universidades que agem como modelos bons, ágeis e baratos de interação. Houve pouca menção aos parques tecnológicos. Recomenda-se disseminar as informações sobre parques e incubadoras para essa comunidade científica.



Tabela 22 – Respostas de 1.251 indivíduos sobre a importância da criação da Comissão de Área “Física para a Indústria” dedicada à interação entre a física e o setor empresarial. A escala corresponde a: 0=não tenho elementos para opinar, 1=pouco e 5=muito.

Importância de se criar uma Comissão de Área na SBF intitulada Física na Indústria		
0 (não tenho elementos para opinar)	92	6%
1 (pouco importante)	64	4%
2	81	6%
3	154	11%
4 (importante)	244	17%
5 (muito importante)	789	55%
Total areas	1.424	100%

Explorou-se na primeira consulta estruturada a percepção dos respondentes sobre outros mecanismos de interação, como: incubar empresas tecnológicas, preparar os físicos para as indústrias, induzir laboratórios nas indústrias e aproximar a pesquisa da indústria. Como mostra a Tabela 23, as respostas foram analisadas de acordo com o tipo de instituição do respondente, a saber, universidade, colégio ou escola, empresa, instituto de pesquisa e outros (ou não declarados). Independentemente do grupo respondente, os dados indicam uma preocupação maior com a aproximação da pesquisa com a indústria e a preparação dos físicos para atuar nos setores industrial e empresarial. Há evidências de que essa vontade em aproximar ambos os grupos não se materializa. No final deste estudo, há recomendações para aperfeiçoar os mecanismos de aproximação. Entretanto, este estudo não abordou de forma exaustiva todas as causas que dificultam o trabalho conjunto entre a Física e o meio empresarial.

Tabela 23 – Respostas extraídas da primeira consulta estruturada sobre as ações necessárias para estimular interação entre a Física e a indústria. Cada respondente poderia optar por uma ou mais das categorias indicadas.

Total de respondentes: 3063	Nº de respondentes	Nº de respostas	Incubar empresas tecnológicas	Preparar Físicos para Indústria	Induzir Laboratórios na Indústria	Aproximar Pesquisa e Indústria	Outros
Ações necessárias para estimular interação entre a física e a indústria							
Universidade	1.240	3.282	727	820	670	976	89
Colégio/Escola	302	761	129	222	167	233	10
Empresa	88	241	56	68	40	73	4
Instituto de Pesquisa	253	644	141	159	112	214	18
Outros/não declarados	1.180	2476	484	661	510	763	58
Total	3.063	7.404	1.537	1.930	1.499	2.259	179



5.2. Percepção sobre a formação acadêmica

Na segunda consulta estruturada, indagou-se novamente sobre a necessidade de fortalecer a formação dos físicos para atuar no setor industrial. Existe uma preocupação com adequação da formação acadêmica para que se facilite a colaboração de físicos com o setor industrial. Os dados da Tabela 24 indicam que cerca de 80% são favoráveis a esta iniciativa. Um relatório do Centro das Indústrias do Estado de São Paulo (Ciesp) e as Faculdades de Campinas (Facamp) indicou como um dos principais desafios nas empresas a falta de mão de obra qualificada, sendo que as áreas mais prejudicadas são a produção seguida de P&D²⁰. Portanto, é preciso detalhar as demandas para avaliar as oportunidades para que os físicos contribuam com a indústria.

Tabela 24 – Respostas de 1.427 indivíduos sobre a necessidade de fortalecer a formação dos físicos para atuar no setor empresarial. A escala corresponde a: 0=nenhum, 1=pouco e 5=muito.

Rever a formação dos físicos para se aproximar da indústria		
0 (nenhuma importância)	47	3%
1 (pouco importante)	54	4%
2	60	4%
3	169	12%
4 (importante)	258	18%
5 (muito importante)	839	59%
Total	1.427	100%

A Tabela 25 oferece detalhes adicionais sobre a importância em rever a formação dos físicos.

Tabela 25 – Respostas sobre as áreas em que cada comunidade de Física acredita existirem gargalos de infraestrutura que devem ser superados para induzir competitividade à Física brasileira.

Total de respondentes 3063	Nº de respondentes	Nº de respostas	Ciclo básico - formação básica	Alfabetização científica	Licenciaturas	Interdisciplinaridade	Flexibilidade curricular	Formação experimental	Mestrado vinculado ao mundo do trabalho	Inovação	Empreendedorismo
Universidade	1.240	3.399	608	637	288	308	231	481	219	374	253
Colégio/Escola	302	831	108	179	121	51	43	102	97	62	68
Instituto de pesquisa	253	719	103	125	51	61	40	131	53	93	62
Empresa	88	246	22	36	21	23	18	21	30	34	41
Outros e não declarados	1.180	2.575	428	446	253	195	180	312	237	285	239
Total	3.063	7.770	1.269	1.423	734	638	512	1047	636	848	663
Total		100%	16%	18%	9%	8%	7%	13%	8%	11%	9%

²⁰ Sondagem Industrial Mensal (Ciesp-Facamp), abril 2011. Disponível em www.ciespcampinas.org.br/arquivos/Sondagem_março2011.pdf. Acesso em março de 2012.



As preocupações dos físicos em institutos de pesquisa e empresas se assemelham (alfabetização científica, interdisciplinaridade e empreendedorismo), evidenciando uma preocupação com a solução mais imediata que possa melhorar a formação dos físicos e estimular as interações entre a Física e a indústria.

Já os físicos nas universidades oferecem uma visão complementar, importante em longo prazo, e sinalizam como prioridade a formação básica, a formação experimental e a alfabetização científica.

É estranho notar que a formação experimental aparece como prioritária para os institutos de pesquisa, o que pode evidenciar uma distribuição maior de teóricos nas universidades enquanto aqueles nas empresas creem que podem treinar os físicos desde que estes tenham uma formação adequada. O fato de serem as empresas as que mais se preocupam com o mestrado vinculado ao mundo de trabalho e com o empreendedorismo na formação dos físicos, implica que há demandas não claramente articuladas com a comunidade de ICTs.

Os físicos nos colégios e escolas são os que mais se preocupam com a licenciatura e com a alfabetização científica, pois vivem mais de perto esta realidade.

Eles se aproximam das empresas na medida em que reconhecem a importância do mestrado vinculado ao setor empresarial e da formação experimental, sinalizando que tais mecanismos de interação devem ser exercitados nos estágios iniciais das carreiras dos físicos. Deve-se ainda considerar o papel que os cursos profissionalizantes possam ter.

Por fim, devemos ressaltar que não existe coincidência entre os principais interesses do mundo do trabalho aplicado (escolas, empresas e institutos de pesquisa) e da universidade, e isso representa um obstáculo a ser vencido.





6. Observações e recomendações finais

A recomendação principal deste estudo é que a Física se aproxime do setor empresarial e industrial para auxiliar o desenvolvimento nacional, estimulando inovações compatíveis com a sua posição relativa na economia mundial. As diretrizes e ações sugeridas derivam de uma análise detalhada deste relatório e de discussões realizadas durante a segunda oficina de trabalho e abrangem seis áreas: gestão de talentos da Física, ambiente de inovação, interação academia-indústria, infraestrutura de pesquisa, formação profissional e divulgação e popularização da Física. As recomendações finais estão listadas na última seção.

6.1. Gestão de talentos da Física

- Criar um cadastro único dos físicos no Brasil;
- Identificar os físicos apenas com bacharelado trabalhando nas empresas e empregados em instituições de ensino e atuando em parceria com as empresas;
- Definir uma terminologia para o registro de físicos pelos departamentos de recursos humanos para mapear melhor a ocupação destes nas empresas;
- Fazer uma autoavaliação da comunidade de Física a cada cinco ou dez anos para subsidiar um planejamento estratégico para o futuro, disponibilizando estatísticas e estudos via *website*;
- Formular programas e políticas públicas para físicos que estão no exterior.

6.2. Ambiente de inovação

- Identificar e fomentar áreas específicas e tecnologias alinhadas com os programas prioritários do país em que a Física possa contribuir de maneira significativa;
- Identificar ou propor programas mobilizadores para que a comunidade de Física atue em conjunto com o setor industrial e empresarial, com metas e cronogramas explícitos;
- Criar um observatório de Física para a inovação para:
 - Realizar estudo sistemático e contínuo de acompanhamento do ambiente de inovação e das mudanças no cenário de CT&I, mantendo atualizada a estratégia de contribuição da Física para o desenvolvimento nacional;
 - Mapear as empresas no Brasil nas quais o potencial de contribuição da comunidade de Física seja relevante para agregar valor à indústria;
 - Realizar um estudo do impacto econômico do valor agregado das empresas que dependem criticamente da Física.



6.3. Interação indústria-academia

- Mapear as qualificações (competências gerais e específicas) dos físicos para atuarem nos setores empresariais;
- Criar ambientes e estratégias de interação entre físicos e o meio empresarial, como, por exemplo:
 - Organizar encontros e fóruns periódicos da Física com a indústria;
 - Criar na SBF a comissão de área “Física para a Indústria”;
 - Incentivar programas de empreendedorismo, incubação e formação de *spin-off* que dependam do conhecimento em Física.
- Fortalecer NITs com modelos de gestão e operação;
- Disseminar informações sobre parques tecnológicos e incubadoras entre as comunidades de Física.

6.4. Infraestrutura de pesquisa

- Estimular a criação de centros de excelência, em parceria com as empresas, para atender os desafios científicos e tecnológicos do país;
- Expandir a estrutura disponível para a pesquisa de ponta de forma aberta aos usuários, como por exemplo, fomentar projetos de pesquisa que estimulem a inovação;
- Estimular a participação de pesquisadores e profissionais brasileiros a laboratórios e centros de P&D no exterior e em grandes projetos científicos internacionais.

6.5. Formação profissional

- Estimular ações para a melhoria do ensino fundamental e médio (efeito de longo prazo);
- Apoiar programas de educação científica;
- Criar programas de estágio na indústria para estudantes de Física;
- Priorizar o crescimento e a expansão da Física experimental:
 - Estimular o desenvolvimento da instrumentação para aplicações científicas e tecnológicas;
 - Adequar prazos de bolsa, editais e regras de avaliação.
- Complementar a formação do físico na academia, incorporando competências relativas ao empreendedorismo e à inovação:
 - Disponibilizar infraestrutura industrial para a formação do físico (Senai, etc.);
 - Revisar propostas pedagógicas da Física, em todos os níveis, para preparar os físicos para atuar no meio industrial e empresarial;
 - Aumentar a flexibilidade dos cursos de graduação;
 - Modernizar a grade curricular, valorizando o estágio nas empresas e áreas de especialização, educando os físicos sobre empreendedorismo, inovação, patentes e *spin-off*.



6.6. Divulgação e popularização da Física

- Motivar os estudantes a ingressarem na carreira de físico;
- Disseminar o potencial de empregabilidade dos físicos nos ICTs e nas empresas;
- Difundir o papel da Física no desenvolvimento nacional e o seu impacto na sociedade;
- Modificar a percepção estereotipada sobre o físico que sugere pouca conexão com a realidade.

6.7. Recomendações finais

As sugestões oferecidas nas seções anteriores podem ser resumidas na seguinte lista de recomendações principais:

- Estimular a criação de centros de excelência, em parceria com as empresas, para atender os desafios científicos e tecnológicos do país;
- Criar um observatório de Física para a inovação;
- Fazer uma autoavaliação da Física brasileira a cada cinco ou dez anos para subsidiar um planejamento estratégico;
- Identificar o número de físicos nas empresas e sua titulação (incluindo bacharéis) e dos pesquisadores em instituições de ensino que realizam parcerias com empresas;
- Estimular a participação da Física brasileira em programas internacionais de pesquisa e atividades multidisciplinares;
- Criar programas de estágio nas empresas para estudantes de Física;
- Disseminar o potencial de empregabilidade dos físicos nos ICTs e nas empresas.



Referências

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. *Estratégia Nacional de Ciência Tecnologia e Inovação* 2012-2015. Balanço das Atividades estruturantes 2011. Brasília, 2012. Disponível em: http://www.mct.gov.br/upd_blob/0218/218981.pdf. Acesso em: março de 2012.

BRASIL. Ministério da Indústria e Comércio. *Plano Brasil Maior 2011-2014: Inovar para competir. Competir para crescer*. Brasília, 2011. Disponível em: http://www.brasilmaior.mdic.gov.br/wp-content/uploads/2011/08/apresentacao_completa_final.pdf. Acesso em: março de 2012.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. *Doutores 2010: Estudos da demografia da base técnico-científica brasileira*. Brasília, 2010. Disponível em: <http://www.cgee.org.br/publicacoes/doutores.php>. Acesso em: março de 2012.

_____. *Livro Azul - 4ª Conferência Nacional de Ciência Tecnologia e Inovação para o Desenvolvimento Sustentável*. Brasília, 2010. Disponível em: <http://www.cgee.org.br/atividades/redirect/6820>. Acesso em: março de 2012.

CHAVES, A. et al. *Física para um Brasil competitivo*. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2007. Disponível em: http://www.sbfisica.org.br/v1/arquivos_diversos/publicacoes/FisicaCapes.pdf. Acesso em: março de 2012.

CHAVES, A. ; SHELLARD, R. C. *Física para o Brasil: pensando o futuro*. São Paulo, 2005. Disponível em: http://www.sbfisica.org.br/v1/arquivos_diversos/publicacoes/FisicaBrasil_DeZos.pdf. Acesso em: março de 2012.

FREITAS, L.C. Estratégia nacional de ciência, tecnologia e inovação. Brasília, 2001. In: WORKSHOP INTERAÇÃO ACADEMIA-INDÚSTRIA, 1., *Apresentação...* Brasília-DF, CGEE, 09 nov. 2011.

IOP - Institute of Physics. *Bibliometric evaluation and international benchmarking of the UK's physics research*. Londres, 2012. Disponível em: http://www.iop.org/publications/iop/2012/page_53959.html. Acesso em: março de 2012.

_____. *Physics and the UK economy*. Londres, 2007. Disponível em: http://www.iop.org/publications/iop/2007/file_42709.pdf. Acesso em: março de 2012..

NOGUEIRA, S.; ROMERO, T. *Física 2011: estado da arte, desafios e perspectivas para os próximos cinco anos*. 1.ed. São Paulo: Chis Mchilliard, 2011.

THE GLOBAL INNOVATION INDEX 2011, *Accelerating growth and development*. França, 2011. Disponível em: http://www.globalinnovationindex.org/gii/GII%20COMPLETE_PRINTWEB.pdf. Acesso em: março de 2012.

VIERA, C. L. ; VIDEIRA, A. A. P. História e historiografia da física no Brasil. Rio de Janeiro, 2007. *Fênix – Revista de História e Estudos Culturais*. v. 4., n. 3, Jul-Set., 2007. ISSN: 1807-6971. Disponível em: <http://www.revistafenix.pro.br/PDF12/dossie>. Acesso em: março de 2012.

Apêndice





A. Apêndice

A.1. Metodologia do estudo

O objetivo do estudo foi identificar a capacidade da Física brasileira de contribuir para inovações no ambiente empresarial e industrial brasileiro, levando em consideração aspectos relacionados com a competitividade.

O estudo foi desenvolvido a partir da aplicação da abordagem metodológica utilizada pelo CGEE, baseada em métodos e técnicas consolidadas, e de inovações metodológicas que o CGEE julgou necessárias para a realização desta fase, contratada pela SBF. O principal suporte metodológico institucional advém do Núcleo de Competência Metodológico, cuja missão é prover ao CGEE conhecimentos, experiências e inovações metodológicas nacionais e internacionais em prospecção (*foresight*), avaliações estratégicas e gestão do conhecimento.

A experiência adquirida pelo CGEE no desenvolvimento de estudos prospectivos de alta complexidade recomendou a criação de um comitê gestor para o estudo composto por representantes das duas instituições. A importância deste comitê se justificou pela necessidade de envolver a equipe da SBF no desenho e na condução do estudo prospectivo a respeito do futuro da Física brasileira.

O estudo foi realizado em duas etapas, constituídas cada uma das fases de pré-exercício e exercício principal. À segunda etapa foi adicionada a fase de pós-exercício (conforme descrito na Figura A.1.1.), que envolveu a elaboração deste relatório e a divulgação dos resultados.

Em cada fase/etapa, previu-se pelo menos uma reunião do comitê gestor, cujo objetivo foi analisar o progresso do estudo assim como indicar oportunidades para o seu fortalecimento. Ao término das duas etapas, foi realizada uma reunião final com o Conselho da SBF com o intuito de apresentar os resultados e coletar percepções para melhoria das etapas realizadas pelo CGEE, bem como para fornecer subsídios para os estudos subsequentes.

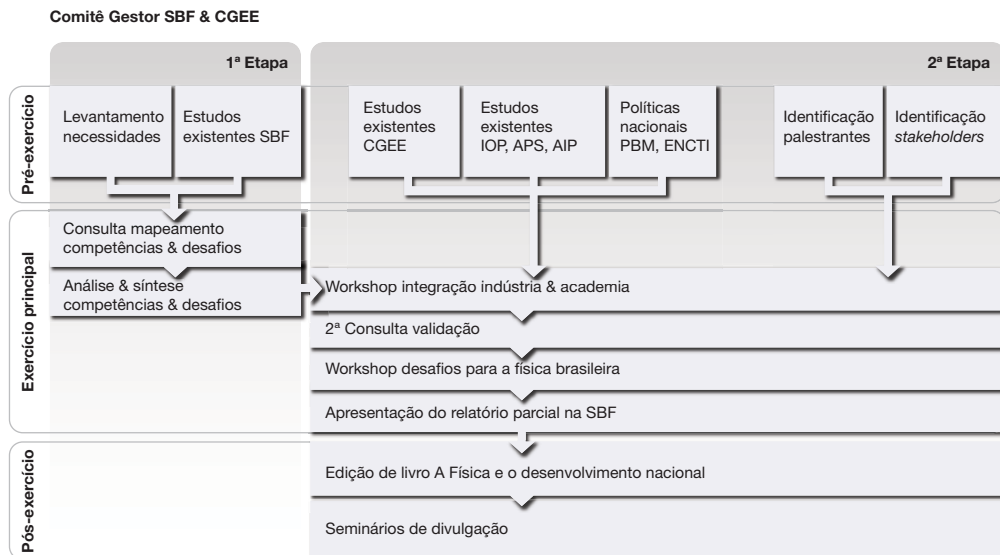


Figura A.1.1. – Metodologia de Estudo

Este estudo também utilizou os relatórios de autoavaliação produzidos pelas comissões de área da SBF, que estão inseridos no livro *Física 2011*. Durante a preparação deste estudo, a equipe de elaboração recebeu um relatório atualizado da Comissão de Física Nuclear e dados adicionais da Comissão de Física de Partículas, os quais foram considerados na análise final deste documento. Os subsídios para este estudo consistiram de duas consultas estruturadas e duas oficinas de trabalho, sendo que, nestas, incluídos representantes dos Institutos de Ciência e Tecnologias (ICTs), empresas, governo, Comissões de Área da SBF e representantes da Sociedade Astronômica Brasileira e da Associação Brasileira de Física Médica.

A metodologia aplicada nas consultas estruturadas foi, por conveniência, não probabilística, uma vez que não existe uma base de dados dos físicos brasileiros que seja consolidada e de fácil acesso e que contenha a natureza de suas atividades principais e as suas linhas de atuação e pesquisa para que se definisse uma amostra probabilística. Este estudo, entre outros objetivos, visa apontar a importância da criação dessa base de dados e representa um avanço nesta direção, ao oferecer uma visão mais qualitativa da comunidade. Assim, o resultado das consultas estruturadas podem não descrever de maneira precisa as características de cada comunidade, tornando os relatórios e as opiniões das comissões de área da SBF essenciais para a validação destes resultados. É possível que as comissões de área também não tenham uma visão detalhada da comunidade, mas foram utilizadas as melhores informações disponíveis para um estudo de curto prazo. Recomenda-se que um estudo futuro aprofunde tais questões, utilizando uma amostragem probabilística dos membros das sociedades científicas relacionadas à Física, dada a inexistência de um cadastro central.

Após as duas oficinas e consultas, uma apresentação com resultados preliminares foi feita ao Conselho Deliberativo da SBF com o objetivo de colher sugestões e críticas ao estudo. Recomenda-se que se aprofunde o diagnóstico da comunidade e que futuros estudos incluam as comissões de área no trabalho de elaboração dos questionários e análise dos dados.



A.2. Primeira consulta estruturada

A primeira consulta foi realizada via *web* por meio de um questionário e foi desenhada com o objetivo de mapear as características das comunidades de Física e as suas expectativas sobre pesquisa e desenvolvimento industrial para a próxima década. Foi divulgada entre maio de 2011 e dezembro de 2011, e no Encontro de Física 2011, realizado em Foz do Iguaçu, entre 5 e 10 de junho de 2011. Aproximadamente 19.000 pessoas foram consultadas e obteve-se a participação de cerca de 3.100 respondentes. A metodologia aplicada foi, por conveniência, não probabilística.

O questionário continha os seguintes itens:

Cadastro inicial com informações pessoais: Nome completo; *e-mail*; Gênero e faixa etária; Formação: Nome da instituição; Sigla do país; Ano de conclusão e Área da graduação, Mestrado e Doutorado; Vínculo empregatício: Instituição/Empresa; Sigla; País; Tipo de instituição/empresa (especifique);

Natureza da atividade (indique a opção mais importante): pesquisa básica, pesquisa aplicada, desenvolvimento experimental, desenvolvimento tecnológico, nenhum; Ensino: ensino médio, ensino superior, ensino técnico, nenhum; Administração: gestão P&D, gestão acadêmica, nenhum. Outra atividade;

Área de afinidade (marque quantas opções desejar): EST: Física Estatística e Computacional; PTC: Física de Partícula e Campos; PEF: Pesquisa em Ensino de Física; AST: Astronomia e Astrofísica; ATO: Física Atômica e Molecular; BIO: Física Biológica; OTI: Ótica e Fotônica; FMC: Física de Matéria Condensada e de Materiais; MED: Física Médica, NUC: Física Nuclear e Aplicações; PLA: Física de Plasmas.

Tipos de atuação: (marque quantas opções desejar): teórico, experimental, computacional;

Entre as opções, indique até 3 (três) da área de pesquisa em Física em que o Brasil, nesta década, poderá conquistar liderança em nível internacional: Física básica; programas em colaboração internacional; nanociências; ciências dos materiais, clima e meio ambiente, energia, biofísica, física médica, ensino de física, instrumentação científica, em nenhuma área da física, outras.

Indique até três áreas da Física que, nesta década, serão importantes para assegurar competitividade internacional aos físicos brasileiros: Física básica; programas em colaboração internacional; nanociências; ciências dos materiais, clima e meio ambiente, energia, biofísica, física médica, ensino de física, instrumentação científica, em nenhuma área da física, outras.

Indique os principais gargalos de infraestrutura que deverão ser superados para induzir competitividade à Física brasileira (marque quantas opções desejar): Instrumentação científica de grande porte, infraestrutura e apoio ao programa espacial, laboratórios nacionais multiusuários, infraestrutura de apoio para o registro de patentes, computação de larga escala, infraestrutura de apoio ao programa nuclear, outro.

Indique as principais ações que serão importantes para a Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação empresarial nas áreas relacionadas à Física (marque quantas opções desejar): incubar empresas de



base tecnológica, preparar os físicos para atuar nas empresas, induzir laboratórios de físicas nas empresas, aproximar os centros de pesquisas e as empresas, outra.

Em estudos realizados pela SBF, foram identificadas questões relativas à formação dos físicos no Brasil. Indique até três itens que deveriam ser aprofundados em estudos futuros: ciclo básico nas universidades – ênfase na formação básica, alfabetização científica – conteúdo de ciências no ensino médio, licenciatura – conteúdo científico, interdisciplinaridade – P.ex. sistema americano de Major e Minor, aumento da flexibilidade do currículo de graduação, formação experimental – exposição às técnicas experimentais, mestrado – ênfase na preparação para o mundo fora da academia, inovação – apoio e incentivo à programas de estímulo à inovação, empreendedorismo – preparação para atuação no meio empresarial.

Caso você conheça profissionais em Física que, na sua opinião, devam preencher este questionário, indique abaixo. (Profissionais já contatados não receberão nova mensagem). Preenchimento, por parte do respondente, do formulário com nome e e-mail do profissional indicado.

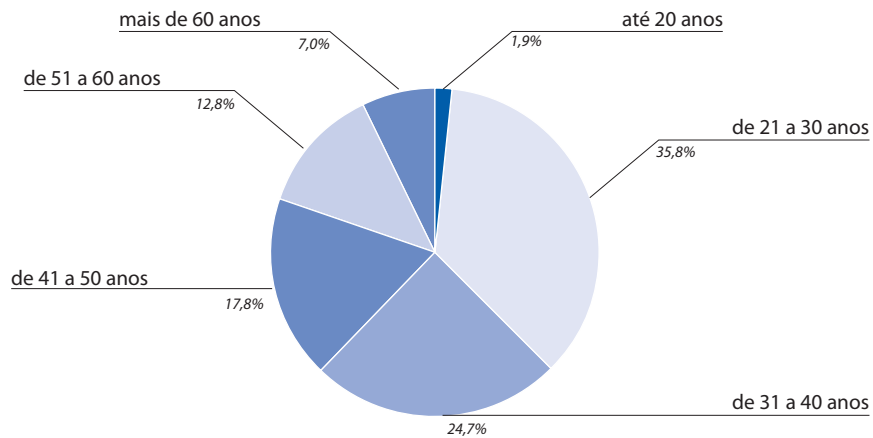


Figura A.2.1. – Faixa etária dos respondentes.

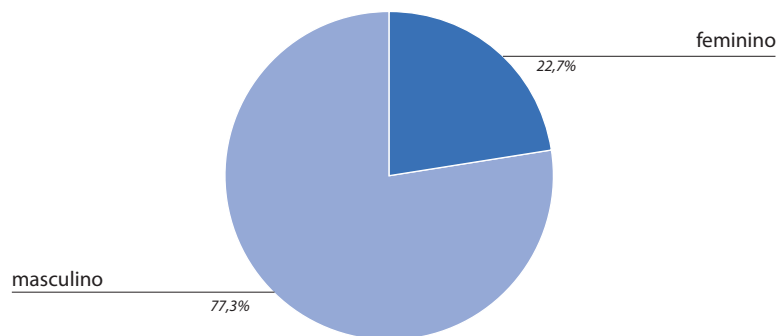


Figura A.2.2. – Gênero dos respondentes.



Tabela A.2.1. – Tipo de instituição dos respondentes (nem todos os 3.063 responderam à esta questão).

Instituição	Número	Porcentagem
Universidade	1.240	62,3%
Colégio/Escola	302	15,2%
Instituto de pesquisa	233	11,7%
Empresa	88	4,4%
Instituição de fomento	20	1,0%
Hospital/Clínica	9	0,5%
ONG	1	0,1%
OS	1	0,2%
OSCIP	1	0,1%
Outra	93	4,7%
TOTAL CIT.	1.990	100,0%

Tabela A.2.2. – Unidade da federação dos respondentes.

Distribuição geográfica dos respondentes da primeira consulta estruturada		
	Número	Porcentagem
Norte	81	2,64%
Acre	3	0,10%
Amapá	2	0,07%
Amazonas	20	0,65%
Pará	37	1,21%
Rondônia	3	0,10%
Roraima	8	0,26%
Tocantins	8	0,26%
Nordeste	320	10,45%
Alagoas	15	0,49%
Bahia	78	2,55%
Ceará	34	1,11%
Maranhão	28	0,91%
Paraíba	31	1,01%
Pernambuco	51	1,67%
Piauí	26	0,85%
Rio Grande do Norte	39	1,27%
Sergipe	18	0,59%
Sudeste	1.212	39,57%
Espírito Santo	29	0,95%
Minas Gerais	192	6,27%
Rio de Janeiro	334	10,90%
São Paulo	657	21,45%
Sul	272	8,88%



Distribuição geográfica dos respondentes da primeira consulta estruturada		
Paraná	132	4,31%
Rio Grande do Sul	96	3,13%
Santa Catarina	44	1,44%
Centro-Oeste	115	3,75%
Distrito Federal	50	1,63%
Goiás	33	1,08%
Mato Grosso	18	0,59%
Mato Grosso do Sul	14	0,46%
Não respostas à esta questão	1.063	34,70%
BRASIL (Total)	3.063	100%

A.3. Segunda consulta estruturada

A segunda consulta também foi realizada via *web* por meio de um questionário, visando aprofundar a caracterização da natureza de atuação dos respondentes (teórica, experimental, etc), identificar as áreas com as quais os físicos desenvolvem trabalhos interdisciplinares e como eles percebem a importância da interação com a indústria e os mecanismos apropriados. A segunda consulta foi divulgada entre janeiro de 2012 e março de 2012 e contou com cerca de 12.000 consultados e aproximadamente 1.500 respondentes. A metodologia aplicada foi também, por conveniência, não probabilística. Houve espaço para comentários individuais em certas questões. Mais de 500 comentários foram analisados no contexto do relatório final.

Para que fosse possível validar os resultados da primeira consulta, pediu-se aos respondentes que não apenas escolhessem as áreas de pesquisa e a natureza das atividades, mas também que as classificassem como principal ou secundária. Além disso, expandiram-se as opções de resposta no rol da natureza de atividades, incluindo Ensino, Pesquisa em Ensino, Gestão em P&D e Gestão Acadêmica.

O questionário consistiu das seguintes questões:

Indique até duas áreas de pesquisa em que você atua e classifique-as como principal ou secundária. Áreas de pesquisa indicadas na questão: Física Atômica e Molecular; Física Biológica; Física Estatística, Computacional e Modelagem; Física da Matéria Condensada e de Materiais; Física Médica; Astronomia e Astrofísica; Física Nuclear e Aplicações; Pesquisa no Ensino de Física; Ótica e Fotônica; Física de Plasma; Física de Partículas e Campos.

Qual a principal natureza de suas atividades atuais? Indique até duas. Natureza das atividades: Pesquisa/atuação com ênfase experimental; Pesquisa/atuação em área computacional; Pesquisa/atuação em área teórica; Pesquisa em ensino; Ensino; Gestão acadêmica; Gestão de P&D.

Indique onde você exerce a parte principal das suas atividades de pesquisa e inclua o nome da



instituição. Instituições: Universidade; Centro/Instituto de pesquisa; Empresa/Indústria; Hospital/Clinica; Escola/Colégio; Outra.

Indique até três áreas do conhecimento, além da Física, nas quais você atualmente colabora nas suas linhas de pesquisa. Áreas de conhecimento: Ciências: Agrárias, Biológicas, da Computação e da Saúde; Geociências; Matemática; Química; Probabilidade e Estatística; Engenharias: Aeroespacial, Civil, Elétrica, de Materiais e Metalúrgicas, Mecânica, Nuclear e Química; Clima e Meio Ambiente.

Havia, ainda, nesta questão os itens “Outras” e “Não tenho projetos de pesquisa com nenhuma dessas áreas”, caso o respondente não identificasse suas áreas de conhecimento nas opções listadas.

Em sua opinião, em quais as áreas do conhecimento a Física brasileira deve desenvolver projetos conjuntos de pesquisa na próxima década (escolha até duas opções e as classifique como principal e secundária). Áreas de conhecimento: Ciências: Agrárias, Biológicas, da Computação e da Saúde; Geociências; Matemática; Química; Probabilidade e Estatística; Engenharias: Aeroespacial, Civil, Elétrica, de Materiais e Metalúrgicas, Mecânica, Nuclear e Química; Clima e Meio Ambiente.

Nesta questão, caso o respondente optasse pelo item “Outra área” e/ou “Com nenhuma dessas áreas”, foi solicitado que este a especificasse.

Caso instrumentação científica seja essencial para a sua atividade de pesquisa, indique as suas duas maiores dificuldades classificando-as como principal e secundária. Dificuldades apontadas para seleção: Adaptação e/ou modificação de equipamentos por falta de mão de obra especializada; custos proibitivos para comprar equipamentos importados; falta de empresas/grupos de pesquisa que fabriquem equipamentos no Brasil; outra (necessário especificá-la).

Avalie a importância das interações entre a comunidade de Física e o setor empresarial, o seu conhecimento sobre este assunto e seu envolvimento até o momento. (Utilize a escala: 0=nenhum; 1=pouco; 5=muito). Tópicos para seleção e atribuição da escala: Importância; Conhecimento e Envolvimento.

No que se refere às interações entre a comunidade de Física e o setor empresarial, avalie a importância dos seguintes itens: (utilize a escala: 0 – não tenho elementos para opinar, 1 – pouco importante, 5 - muito importante). Tópicos para seleção e atribuição da escala: criar a Comissão da Área “Física para a Indústria” dedicada à interação entre a física e o setor empresarial; fortalecer a formação dos físicos para atuar no setor empresarial; criar outras formas de interação entre a física e o setor empresarial (se possível, especifique no campo abaixo).

Dos 11.924 consultados, cerca de 1.504 (respondentes) participaram da segunda consulta estruturada, sendo que 9.172 consultados pertencem ao cadastro da SBF, 448 consultados ao da SAB e os 2.304 restantes foram sugeridos como participantes durante a primeira consulta.

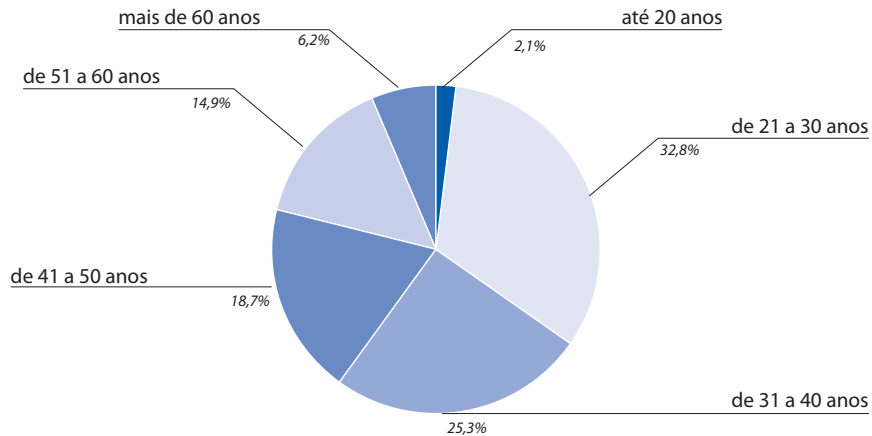


Figura A.3.1. – Faixa etária dos respondentes.

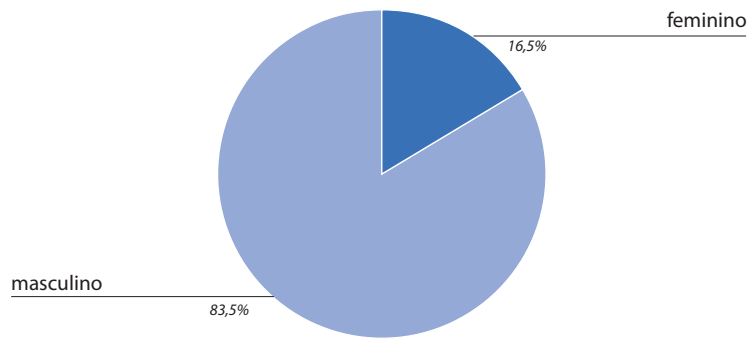


Figura A.3.2. – Gênero dos respondentes.

Caso você conheça profissionais em Física que, na sua opinião, devam preencher este questionário, indique abaixo. (Profissionais já contatados não receberão nova mensagem). Preenchimento, por parte do respondente, do formulário com nome e *e-mail* do profissional indicado.

Tabela A.3.1. – Tipo de Instituição dos respondentes (nem todos os 1.501 responderam a esta questão).

Instituição	Número	Porcentagem
Universidade	313	58,4%
Colégio/Escola	71	13,2%
Instituto de pesquisa	63	11,8%
OSCIP	27	5,0%
Empresa	23	4,3%
Instituição de fomento	5	0,9%
OS	2	0,4%
Hospital/Clinica	1	0,2%
ONG	1	0,2%
Outra	30	5,6%
Universidade	313	58,4%
TOTAL	536	100,0%



Tabela A.3.2. – Unidade da federação dos respondentes.

Distribuição geográfica dos respondentes da segunda consulta estruturada		
Instituição	Número	Porcentagem
Norte	17	1,13%
Acre	1	0,07%
Amapá	0	0,00%
Amazonas	5	0,33%
Pará	5	0,33%
Rondônia	1	0,07%
Roraima	3	0,20%
Tocantins	2	0,13%
Nordeste	76	5,06%
Alagoas	4	0,27%
Bahia	16	1,07%
Ceará	11	0,73%
Maranhão	4	0,27%
Paraíba	9	0,60%
Pernambuco	16	1,07%
Piauí	6	0,40%
Rio Grande do Norte	5	0,33%
Sergipe	5	0,33%
Sudeste	312	20,79%
Espírito Santo	9	0,60%
Minas Gerais	53	3,53%
Rio de Janeiro	92	6,13%
São Paulo	158	10,53%
Sul	77	5,13%
Paraná	37	2,47%
Rio Grande do Sul	27	1,80%
Santa Catarina	13	0,87%
Centro-Oeste	35	2,33%
Distrito Federal	12	0,80%
Goiás	13	0,87%
Mato Grosso	5	0,33%
Mato Grosso do Sul	5	0,33%
Não respostas a esta questão	984	66,56%
BRASIL (Total)	1.501	100%



A.4. Primeira oficina de trabalho

A primeira oficina de trabalho foi realizada nos dias 9 e 10 de novembro de 2011, em Brasília, com objetivo de discutir duas questões balizadoras:

- Como as competências das comunidades de Física são identificadas e absorvidas pelas empresas?
- Na formulação do planejamento tecnológico das empresas, como as demandas de médio e longo prazo incorporam a necessidade de conhecimentos em Física, seja em produtos, seja em processos de alto conteúdo tecnológico?

Como não seria viável convidar toda a comunidade de Física, requisitou-se a presença dos representantes das Comissões de Área. Além da participação de todas as Comissões, contou-se com um representante da Sociedade Astronômica Brasileira. Os membros de universidades e agências foram sugeridos pela diretoria da SBF.

Considerando o interesse no desenvolvimento nacional, a oficina privilegiou apresentações das empresas e contou com participantes das seguintes instituições:

- Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), Ministério da Defesa (MD);
- Agência Espacial Brasileira (AEB), Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), Centro Nacional de Tecnologia Eletrônica Avançada (CEITEC), Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Instituto Tecnológico de Aeronáutica ITA (ITA), Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS);
- Sociedade Astronômica Brasileira (SAB), Sociedade Brasileira de Física (SBF), Universidade de Brasília (UnB), Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Universidade Federal do Ceará (UFC), Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Universidade de São Paulo (USP);
- Empresa Brasileira de Aeronáutica S.A. (Embraer), Fotônica Tecnologia Óptica Ltda. (Fotônica), Opto Eletrônica S/A (OPTO), Optovac Mecânica e Optoeletrônica Ltda. (Optovac), Petróleo Brasileiro S/A (Petrobras), Vale Soluções Energia (VSE);
- Associação Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento das Empresas Inovadoras (ANPEI), Confederação Nacional da Indústria (CNI);
- Representantes das Comissões de Área da Sociedade Brasileira de Física.



A.5. Segunda oficina de trabalho

A segunda oficina de trabalho foi realizada nos dias 7 e 8 de fevereiro de 2011, na região de Campinas, com objetivo de extrair diretrizes para o futuro com o foco na aproximação entre a comunidade da Física e os setores empresarial e industrial.

O formato desta oficina privilegiou apenas duas apresentações, definindo o contexto do trabalho e resumindo o que havia sido feito até aquele momento. Ao contrário da oficina anterior, tiveram destaque trabalhos em equipe, e os participantes foram divididos em três grupos para participarem de uma análise SWOT. Após a análise das duas consultas estruturadas foram escolhidos quatro temas a serem aprofundados: Ambiente de Inovação, Interação Indústria-Academia, Infraestrutura de Pesquisa, Formação Profissional e Divulgação e Popularização da Física.

A oficina contou com participantes das seguintes instituições:

- Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), Ministério da Ciência e Tecnologia (MCTI), Ministério das Relações Exteriores (MRE);
- Associação Brasileira de Tecnologia de Luz Síncrotron (ABTLuS), Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE), Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer (CTI), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS);
- Sociedade Astronômica Brasileira (SAB), Sociedade Brasileira de Física (SBF), Associação Brasileira de Física Médica (ABFM), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp), Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Universidade Federal do Ceará (UFC), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Universidade Federal do Pará (UFPA), Universidade Federal do Paraná (UFPR), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Universidade de São Paulo (USP);
- Alltec, Bosch, Natura, Nitere Indústria de Produtos Eletrônicas Ltda, Oxiten, Siemens;
- Associação Brasileira de Máquinas e Equipamentos (ABIMAQ), Associação Brasileira das Indústrias de Materiais de Defesa e Segurança (ABIMDE), Agência Inovação - Unicamp, Associação Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento das Empresas Inovadoras (Anpei), Confederação Nacional da Indústria (CNI), Federação das Indústrias do Estado do Paraná (FIEP-PR), Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI);
- Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES).

Para essa oficina não foram convidados os representantes das Comissões de Área, para dar oportunidade a participantes de outras instituições.



A.6. Tabelas adicionais com resultados das consultas

Tabela A.6.1. – Resultados da segunda consulta estruturada com 2.500 respostas em que cada um dos 1.500 respondentes indicou até três áreas do conhecimento, além da Física, nas quais atualmente colabora.

	Nº de respostas	Ciências Agrárias	Ciências Biológicas	Ciências da Computação	Ciências da Saúde	Geociências	Matemática	Química	Probabilidade e Estatística	Engenharia Aeroespacial	Engenharia Civil	Engenharia Elétrica	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	Engenharia Mecânica	Engenharia Nuclear	Engenharia Química	Clima e Meio Ambiente	Outras	Não tenho proje. pesq. com nenhuma área
Física																			
Estatística e Computacional	303	2	46	47	9	12	31	15	28	3	5	11	14	8	2	7	15	23	25
Física de Partícula e Campos	183	2	5	21	3	1	39	2	8	3	2	10	1	3	4	1	6	6	66
Pesquisa em Ensino de Física	338	5	20	27	6	7	53	23	7	1	3	9	7	8	2	0	31	48	81
Astronomia e Astrofísica	140	1	6	21	0	7	17	4	14	10	1	1	1	3	0	0	10	8	36
Física Atômica e Molecular	97	2	12	6	8	1	7	20	5	2	0	5	2	0	4	0	6	5	12
Física Biológica	90	3	34	8	16	3	4	7	3	0	0	0	4	1	0	1	1	5	0
Ótica e Fotônica	158	5	15	10	7	5	8	13	4	4	3	24	19	4	0	5	6	13	13
Física de Matéria Condensada e de Materiais	869	13	64	34	34	28	24	153	6	16	11	59	217	21	3	19	28	49	90
Física Médica	102	2	13	5	32	1	3	4	4	1	0	1	4	3	12	1	2	9	5
Física Nuclear e Aplicações	180	5	11	12	20	5	8	7	5	2	3	5	9	6	43	3	11	9	16
Física de Plasmas	40	0	3	5	1	3	3	1	0	3	0	2	7	1	0	1	2	3	5
Total	2.500	40	229	196	136	73	197	249	84	45	28	127	285	58	70	38	118	178	349
Total %	100%	2%	9%	8%	5%	3%	8%	10%	3%	2%	1%	5%	11%	2%	3%	2%	5%	7%	14%



Tabela A.6.2. – Áreas nas quais cada comunidade de Física acredita que alcançará liderança internacional em que as respostas foram classificadas por faixa etária dos respondentes. Dados da primeira consulta estruturada na qual cada um dos 3.063 respondentes poderia optar por mais de uma área.

Total de Respondentes: 3063	Nº de respondentes	Nº de respostas	Física Básica	Programas de Colaboração Internacional	Nanociências	Ciência dos Materiais	Clima e Meio Ambiente	Energia	Biofísica	Física Médica	Ensino de Física	Instrumentação Científica	Em nenhuma área
Percepção da liderança internacional da física brasileira por faixa etária dos respondentes													
até 20	59	127	2	4	25	20	19	24	10	11	6	6	0
de 21 a 30	1.097	2.648	145	188	533	454	242	525	102	140	156	158	5
de 31 a 40	756	1.984	141	111	404	359	159	392	88	74	104	146	6
de 41 a 50	544	1.408	91	99	261	267	122	281	52	55	73	103	4
de 51 a 60	392	980	76	74	190	198	82	178	43	35	44	59	1
mais de 60 anos	215	532	52	53	90	102	51	84	22	15	18	40	5
TOTAL	3.063	7.679	507	529	1.503	1.400	675	1.484	317	330	401	512	21

Tabela A.6.3. – Resultados da segunda consulta estruturada com 81 respostas, indicando as linhas de atuação secundária dos respondentes que selecionaram computação como área principal de atuação.

	Nº de respostas	Experimental	Teórico	Ensino	Pesquisa em Ensino	Gestão de P&D	Gestão Acadêmica
Física Estatística e Computacional	0	0	0	0	0	0	0
Física de Partícula e Campos	4	2	1	1	0	0	0
Pesquisa em Ensino de Física	0	0	0	0	0	0	0
Astronomia e Astrofísica	9	3	3	1	1	0	1
Física Atômica e Molecular	7	0	6	1	0	0	0
Física Biológica	24	3	16	3	2	0	0
Ótica e Fotônica	2	0	2	0	0	0	0
Física de Matéria Condensada e de Materiais	25	5	14	2	2	2	0
Física Médica	5	2	0	3	0	0	0
Física Nuclear e Aplicações	4	2	2	0	0	0	0
Física de Plasmas	1	0	1	0	0	0	0
Total	81	17	45	11	5	2	1
Total %	100%	21%	56%	14%	6%	2%	1%



Tabela A.6.4. – Resultados da segunda consulta estruturada com 1.566 respostas indicando as áreas do conhecimento onde os respondentes sugerem que a Física brasileira desenvolva projetos conjuntos na próxima década.

	Nº de respostas	Ciências Agrárias	Ciências Biológicas	Ciências da Computação	Ciências da Saúde	Geociências	Matemática	Química	Probabilidade e Estatística	Engenharia Aeroespacial	Engenharia Civil	Engenharia Elétrica	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	Engenharia Mecânica	Engenharia Nuclear	Engenharia Química	Clima e Meio Ambiente	Outras	Não tenho proje. pesq. com nenhuma área	
Física																				
Estatística e Computacional	188	3	40	22	15	16	3	4	9	6	0	5	26	0	6	3	23	7	0	
Física de Partícula e Campos	155	1	16	20	11	4	16	4	2	21	0	6	12	1	13	2	21	4	1	
Pesquisa em Ensino de Física	230	6	16	13	32	7	7	4	1	7	2	4	19	3	16	1	66	22	4	
Astronomia e Astrofísica	102	3	10	20	4	3	2	1	6	13	3	0	5	1	6	0	16	8	1	
Física Atômica e Molecular	68	2	11	2	10	3	0	5	0	4	0	3	7	0	3	1	15	2	0	
Física Biológica	45	3	19	1	11	1	0	0	0	2	0	0	3	0	0	1	3	1	0	
Ótica e Fotônica	98	4	12	4	12	4	1	2	0	7	0	11	16	2	2	2	10	9	0	
Física de Matéria Condensada e de Materiais	504	19	53	18	52	17	3	30	1	10	2	33	179	6	9	5	44	21	2	
Física Médica	55	1	4	0	29	0	0	0	0	2	0	0	3	1	9	0	3	3	0	
Física Nuclear e Aplicações	97	4	3	1	12	4	0	2	0	2	0	1	5	3	36	0	17	7	0	
Física de Plasmas	24	1	6	0	2	1	0	0	0	2	0	1	3	0	0	0	5	3	0	
Total	1.566	47	190	101	190	60	32	52	19	76	7	64	278	17	100	15	223	87	8	
Total %	100%	3%	12%	6%	12%	4%	2%	3%	1%	5%	0%	4%	18%	1%	6%	1%	14%	6%	1%	

Tabela A.6.5. – Resultados da segunda consulta estruturada com 945 respostas indicando as principais dificuldades relacionadas à instrumentação científica para aqueles cuja a instrumentação científica seja essencial para a sua atividade de pesquisa.

Principal	Nº de respostas	Falta de mão de obra qualificada	Custos proibitivos	Falta de empresas/grupos que fabriquem equipamento no país	Outras
Física Estatística e Computacional	67	13	29	21	4
Física de Partícula e Campos	42	16	5	11	10
Pesquisa em Ensino de Física	121	42	27	44	8
Astronomia e Astrofísica	62	14	16	23	9
Física Atômica e Molecular	39	9	16	8	6
Física Biológica	29	1	20	7	1
Ótica e Fotônica	73	10	21	32	10
Física de Matéria Condensada e de Materiais	376	80	130	135	31
Física Médica	50	10	21	17	2
Física Nuclear e Aplicações	68	8	27	28	5
Física de Plasmas	18	0	7	9	2
Total	945	203	319	335	88
Total %	100%	21%	34%	35%	9%

Principal	Nº de respostas	Falta de mão de obra qualificada	Custos proibitivos	Falta de empresas/grupos que fabriquem equipamento no país	Outras
Física Estatística e Computacional	100%	19%	43%	31%	6%
Física de Partícula e Campos	100%	38%	12%	26%	24%
Pesquisa em Ensino de Física	100%	35%	22%	36%	7%
Astronomia e Astrofísica	100%	23%	26%	37%	15%
Física Atômica e Molecular	100%	23%	41%	21%	15%
Física Biológica	100%	3%	69%	24%	3%
Ótica e Fotônica	100%	14%	29%	44%	14%
Física de Matéria Condensada e de Materiais	100%	21%	35%	36%	8%
Física Médica	100%	20%	42%	34%	4%
Física Nuclear e Aplicações	100%	12%	40%	41%	7%
Física de Plasmas	100%	0%	39%	50%	11%



A.7. Tabelas adicionais do mapeamento dos físicos nas empresas

Tabela A.7.1. – Distribuição dos mestres e doutores titulados no Brasil em Física entre 1996 a 2009 empregados em 31/12/2009 segundo região e UF do emprego.

Distribuição dos 2.651 físicos nas empresas, Instituições de ensino e entidades sem fins lucrativos			
Região	Mestres	Doutores	Total
Norte	45	43	88
Acre	0	0	0
Amapá	0	3	3
Amazonas	12	5	17
Pará	19	4	23
Rondônia	2	10	12
Roraima	8	10	18
Tocantins	4	11	15
Nordeste	210	288	498
Alagoas	13	22	35
Bahia	46	68	114
Ceará	38	50	88
Maranhão	14	6	20
Paraíba	15	31	46
Pernambuco	25	30	55
Piauí	20	15	35
Rio Grande do Norte	17	48	65
Sergipe	22	18	40
Sudeste	493	841	1.334
Espírito Santo	42	34	76
Minas Gerais	86	187	273
Rio de Janeiro	123	175	298
São Paulo	242	445	687
Sul	153	272	425
Paraná	72	111	183
Rio Grande do Sul	49	117	166
Santa Catarina	32	44	76
Centro-Oeste	159	147	306
Distrito Federal	64	67	131
Goiás	30	35	65
Mato Grosso	36	28	64
Mato Grosso do Sul	29	17	46
BRASIL (Total)	1.060	1.591	2.651

Fonte: Coleta Capes (Capes, MEC) e RAIS 2009 (MTE). Elaboração Núcleo de RHCTI (CGEE), Brasil, 2012.



Tabela A.7.2. – Distribuição dos mestres e doutores titulados no Brasil em Física entre 1996 a 2009 empregados em 31/12/2009 segundo região e UF do emprego, excluídos os relacionados com ensino.

Distribuição dos 644 físicos nas empresas (públicas e privadas) e entidades sem fins lucrativos, excluídos os profissionais envolvidos com o ensino			
Região	Mestres	Doutores	Total
Norte	3	4	7
Acre	0	0	0
Amapá	0	0	0
Amazonas	0	3	3
Pará	2	0	2
Rondônia	0	0	0
Roraima	1	0	1
Tocantins	0	1	1
Nordeste	42	36	78
Alagoas	3	2	5
Bahia	4	2	6
Ceará	12	24	36
Maranhão	1	0	1
Paraíba	1	2	3
Pernambuco	8	4	12
Piauí	0	0	0
Rio Grande do Norte	5	2	7
Sergipe	8	0	8
Sudeste	193	208	401
Espírito Santo	6	3	9
Minas Gerais	14	12	26
Rio de Janeiro	68	83	151
São Paulo	105	110	215
Sul	48	12	60
Paraná	13	4	17
Rio Grande do Sul	23	6	29
Santa Catarina	12	2	14
Centro-Oeste	72	26	98
Distrito Federal	43	22	65
Goiás	13	4	17
Mato Grosso	8	0	8
Mato Grosso do Sul	8	0	8
BRASIL (Total)	358	286	644

Fonte: Coleta Capes (Capes, MEC) e RAIS 2009 (MTE). Elaboração Núcleo de RHCTI (CGEE), Brasil, 2012.



Tabela A.7.3. – Distribuição dos mestres e doutores titulados no Brasil em Física entre 1996 a 2009 empregados em 31/12/2009 segundo região e UF do emprego, incluindo apenas os relacionados com PD&I. Esta tabela não inclui os físicos cuja titulação máxima é o bacharelado nem aqueles que são professores em universidades e realizam parcerias com empresas.

Distribuição dos 269 físicos nas empresas (públicas e privadas) e entidades sem fins lucrativos envolvidos com PD&I			
Região	Mestres	Doutores	Total
Norte	1	1	2
Acre	0	0	0
Amapá	0	0	0
Amazonas	0	1	1
Pará	1	0	1
Rondônia	0	0	0
Roraima	0	0	0
Tocantins	0	0	0
Nordeste	16	3	19
Alagoas	1	0	1
Bahia	2	2	4
Ceará	1	0	1
Maranhão	1	0	1
Paraíba	1	0	1
Pernambuco	0	0	0
Piauí	0	0	0
Rio Grande do Norte	4	1	5
Sergipe	6	0	6
Sudeste	105	100	205
Espírito Santo	2	3	5
Minas Gerais	7	1	8
Rio de Janeiro	36	29	65
São Paulo	60	67	127
Sul	21	4	25
Paraná	6	3	9
Rio Grande do Sul	11	1	12
Santa Catarina	4	0	4
Centro Oeste	12	6	18
Distrito Federal	7	6	13
Goiás	3	0	3
Mato Grosso	1	0	1
Mato Grosso do Sul	1	0	1
BRASIL (Total)	155	114	269

Fonte: Coleta Capes (Capes, MEC) e RAIS 2009 (MTE). Elaboração Núcleo de RHCTI (CGEE), Brasil, 2012.



Tabela A.7.4. – Ocupação dos mestres e doutores titulados no Brasil em Física entre 1996 a 2009 empregados em 31/12/2009 segundo a Classificação Brasileira de Ocupações.

Ocupação	Mestres	Doutores
Administrador	13	6
Administrador de banco de dados	2	1
Administrador de redes	2	2
Administrador de sistemas operacionais	2	3
Agente de defesa ambiental	1	0
Agente de Polícia Federal	0	1
Agente de vendas de serviços	1	0
Agente fiscal metrológico	1	0
Analista de desenvolvimento de sistemas	17	9
Analista de negócios	4	3
Analista de pesquisa de mercado	1	0
Analista de produtos bancários	1	0
Analista de redes e de comunicação de dados	7	2
Analista de sinistros	1	0
Analista de sistemas de automação	5	0
Analista de suporte computacional	4	3
Analista financeiro (instituições financeiras)	1	1
Arquiteto de edificações	1	0
Assessor de imprensa	1	0
Assistente administrativo	35	72
Astrônomo	1	3
Auditor (contadores e afins)	4	0
Auditor fiscal da Receita Federal	2	2
Auditor fiscal do trabalho	1	2
Auxiliar de enfermagem	1	0
Auxiliar de escritório, em geral	22	3
Auxiliar de estatística	1	0
Auxiliar de serviços jurídicos	5	1
Auxiliar técnico em laboratório de farmácia	2	0
Auxiliar técnico em patologia clínica	0	1
Avaliador físico	1	0
Caixa de banco	2	0
Comerciante varejista	1	0
Consultor jurídico	1	0
Contador	0	1
Coordenador pedagógico	4	3
Corretor de valores, ativos financeiros, mercadorias e derivativos	1	0
Digitador	0	1
Diretor de arte	0	1
Dirigente do serviço público estadual e distrital	17	25
Dirigente do serviço público federal	8	16
Dirigente do serviço público municipal	4	0



Ocupação	Mestres	Doutores
Economista	0	1
Economista financeiro	1	1
Editor de livro	0	1
Engenheiro aeronáutico	1	0
Engenheiro agrônomo	1	0
Engenheiro civil	1	0
Engenheiro civil (edificações)	1	0
Engenheiro de aplicativos em computação	0	1
Engenheiro de produção	3	1
Engenheiro de segurança do trabalho	2	0
Engenheiro de telecomunicações	1	1
Engenheiro eletrícista	1	0
Engenheiro eletrícista de projetos	0	1
Engenheiro eletrônico	1	0
Engenheiro eletrônico de projetos	1	0
Engenheiro mecânico	0	1
Engenheiro mecânico industrial	1	0
Engenheiro químico	1	0
Engenheiro químico (petróleo e borracha)	1	0
Entrevistador censitário e de pesquisas amostrais	1	0
Escrevente	0	1
Escriturário de banco	10	4
Especialista em pesquisa operacional	0	1
Estatístico	3	3
Farmacêutico	0	2
Fiscal de tributos estadual	1	0
Fiscal de tributos municipal	0	1
Físico	21	27
Físico (materiais)	0	2
Físico (medicina)	6	0
Físico (óptica)	2	2
Geofísico	11	11
Gerente administrativo	1	1
Gerente de compras	1	0
Gerente de crédito e cobrança	0	1
Gerente de desenvolvimento de sistemas	0	1
Gerente de instituição educacional da área privada	0	1
Gerente de <i>marketing</i>	1	0
Gerente de pesquisa e desenvolvimento (P&D)	1	2
Gerente de produção e operações	1	1
Gerente de projetos e serviços de manutenção	1	0
Gerente de riscos	1	2
Gerente de suporte técnico de tecnologia da informação	1	0
Gerente financeiro	1	0



Ocupação	Mestres	Doutores
Inspetor de alunos de escola privada	0	1
Inspetor de aviação civil	1	0
Instalador de linhas elétricas de alta e baixa tensão	1	0
Instrutor de cursos livres	1	1
Investigador de polícia	4	0
Matemático	0	1
Músico intérprete instrumentista	0	1
Não informado	18	3
Operador de exploração de petróleo	8	0
Operador de negócios	1	0
Operador de rádio-chamada	1	1
Orientador educacional	0	8
Papiloscopista policial	1	0
Perito criminal	14	6
Pesquisador de clínica médica	0	1
Pesquisador de engenharia civil	0	3
Pesquisador de engenharia e tecnologia (outras áreas da engenharia)	5	4
Pesquisador de engenharia elétrica e eletrônica	1	0
Pesquisador de engenharia mecânica	0	1
Pesquisador de engenharia química	1	0
Pesquisador em biologia de micro-organismos e parasitas	1	7
Pesquisador em biologia vegetal	1	0
Pesquisador em ciências da educação	0	1
Pesquisador em física	1	6
Pesquisador em metrologia	6	7
Pesquisador em química	1	1
Piloto de aeronaves	0	2
Policial rodoviário federal	1	0
Professor da educação de jovens e adultos do ensino fundamental (primeira a quarta série)	92	540
Professor de administração	12	22
Professor de aprendizagem e treinamento comercial	1	1
Professor de artes no ensino médio	7	0
Professor de astronomia (ensino superior)	0	1
Professor de biologia no ensino médio	1	0
Professor de ciências biológicas do ensino superior	5	8
Professor de ciências exatas e naturais do ensino fundamental	6	0
Professor de computação (no ensino superior)	9	18
Professor de comunicação social do ensino superior	42	21
Professor de contabilidade	1	0
Professor de desenho técnico	4	0
Professor de disciplinas pedagógicas no ensino médio	154	86
Professor de economia	2	8
Professor de educação física do ensino fundamental	1	0



Ocupação	Mestres	Doutores
Professor de educação física no ensino médio	9	0
Professor de educação física no ensino superior	4	0
Professor de engenharia	23	52
Professor de ensino superior na área de didática	41	91
Professor de ensino superior na área de orientação educacional	22	21
Professor de ensino superior na área de pesquisa educacional	3	12
Professor de ensino superior na área de prática de ensino	38	96
Professor de estatística (no ensino superior)	3	4
Professor de farmácia e bioquímica	0	1
Professor de filosofia do ensino superior	2	12
Professor de física (ensino superior)	38	183
Professor de física no ensino médio	51	13
Professor de fisioterapia	0	1
Professor de geofísica	0	1
Professor de geografia no ensino médio	0	1
Professor de história do ensino fundamental	1	0
Professor de história no ensino médio	2	0
Professor de língua e literatura brasileira no ensino médio	0	1
Professor de língua inglesa	0	1
Professor de língua portuguesa do ensino fundamental	1	0
Professor de línguas estrangeiras modernas	1	0
Professor de lingüística e lingüística aplicada	0	1
Professor de literatura portuguesa	1	0
Professor de matemática aplicada (no ensino superior)	6	10
Professor de matemática do ensino fundamental	4	0
Professor de matemática no ensino médio	3	1
Professor de matemática pura (no ensino superior)	11	11
Professor de medicina	0	2
Professor de medicina veterinária	0	1
Professor de nível médio na educação infantil	2	0
Professor de nível médio no ensino fundamental	51	7
Professor de nível médio no ensino profissionalizante	5	3
Professor de nível superior do ensino fundamental (primeira a quarta série)	24	41
Professor de nível superior na educação infantil (quatro a seis anos)	1	0
Professor de pesquisa operacional (no ensino superior)	0	2
Professor de química (ensino superior)	3	7
Professor de técnicas agrícolas	5	8
Professor de técnicas de enfermagem	1	0
Professor de técnicas industriais	1	0
Professor de tecnologia e cálculo técnico	1	0
Professor de zootecnia do ensino superior	0	1
Professor instrutor de ensino e aprendizagem em serviços	1	0



Ocupação	Mestres	Doutores
Professores de cursos livres	2	1
Programador de sistemas de informação	3	0
Recepcionista de hotel	1	0
Repositor de mercadorias	1	0
Supervisor administrativo	5	2
Supervisor de montagem e instalação eletroeletrônica	0	1
Supervisor técnico operacional de sistemas de televisão e produtoras de vídeo	0	1
Técnico da Receita Federal	2	1
Técnico de apoio em pesquisa e desenvolvimento (exceto agropecuário e florestal)	5	1
Técnico de comunicação de dados	1	0
Técnico de laboratório industrial	2	1
Técnico de manutenção elétrica	2	1
Técnico de manutenção eletrônica	1	0
Técnico de planejamento e programação da manutenção	1	0
Técnico de saneamento	1	0
Técnico de vendas	0	1
Técnico eletrônico	3	0
Técnico em administração	1	2
Técnico em operação de equipamentos de exibição de televisão	1	0
Técnico em óptica e optometria	1	0
Técnico em ortopedia	1	0
Técnico florestal	0	1
Técnico químico de petróleo	1	0
Vendedor de comércio varejista	2	0

Fonte: Coleta Capes (Capes, MEC) e RAIS 2009 (MTE). Elaboração Núcleo de RHCTI (CGEE), Brasil, 2012.



Tabela A.7.5. – Distribuição geográfica dos mestres e doutores titulados no Brasil em Física entre 1996 a 2009 empregados em 31/12/2009 segundo região e UF do emprego e a Classificação Brasileira de Ocupações.

Região	Ocupação	Mestres	Doutores
Brasil	Total	1060	1591
Norte	Total	45	43
Amapá	Total	0	3
	Professor de engenharia	0	1
	Professor de física (ensino superior)	0	2
Amazonas	Total	12	5
	Dirigente do serviço público federal	0	1
	Geofísico	0	1
	Músico intérprete instrumentista	0	1
	Professor de disciplinas pedagógicas no ensino médio	4	1
	Professor de ensino superior na área de didática	3	1
	Professor de ensino superior na área de orientação educacional	2	0
	Professor de ensino superior na área de prática de ensino	1	0
	Professor de nível médio no ensino fundamental	2	0
Pará	Total	19	4
	Dirigente do serviço público federal	1	0
	Engenheiro de produção	1	0
	Professor de artes no ensino médio	1	0
	Professor de computação (no ensino superior)	1	0
	Professor de desenho técnico	1	0
	Professor de disciplinas pedagógicas no ensino médio	12	4
	Professor de ensino superior na área de didática	1	0
	Professor de nível superior do ensino fundamental (primeira a quarta série)	1	0
Rondônia	Total	2	10
	Professor da educação de jovens e adultos do ensino fundamental (primeira a quarta série)	1	10
	Professor de ensino superior na área de orientação educacional	1	0
Roraima	Total	8	10
	Auxiliar de escritório, em geral	1	0
	Professor de disciplinas pedagógicas no ensino médio	2	0
	Professor de física (ensino superior)	0	9
	Professor de nível superior do ensino fundamental (primeira a quarta série)	5	0
	Professor de química (ensino superior)	0	1
Tocantins	Total	4	11
	Assistente administrativo	0	1
	Professor da educação de jovens e adultos do ensino fundamental (primeira a quarta série)	3	8
	Professor de disciplinas pedagógicas no ensino médio	1	0
	Professor de ensino superior na área de orientação educacional	0	1
	Professor de nível médio no ensino profissionalizante	0	1



Região	Ocupação	Mestres	Doutores
Nordeste	Total	210	288
Alagoas	Total	13	22
	Assistente administrativo	0	1
	Dirigente do serviço público federal	0	1
	Dirigente do serviço público municipal	2	0
	Físico	1	0
	Professor de ciências biológicas do ensino superior	0	1
	Professor de computação (no ensino superior)	0	1
	Professor de disciplinas pedagógicas no ensino médio	1	3
	Professor de ensino superior na área de didática	1	1
	Professor de física (ensino superior)	8	14
Bahia	Total	46	68
	Analista de suporte computacional	0	1
	Assistente administrativo	1	0
	Engenheiro químico (petróleo e borracha)	1	0
	Físico	0	1
	Físico (medicina)	1	0
	Perito criminal	1	0
	Professor da educação de jovens e adultos do ensino fundamental (primeira a quarta série)	16	27
	Professor de comunicação social do ensino superior	1	0
	Professor de disciplinas pedagógicas no ensino médio	5	2
	Professor de ensino superior na área de prática de ensino	5	0
	Professor de física (ensino superior)	1	0
	Professor de física no ensino médio	1	0
	Professor de fisioterapia	0	1
	Professor de nível médio no ensino fundamental	4	0
	Professor de nível superior do ensino fundamental (primeira a quarta série)	9	36
Ceará	Total	38	50
	Administrador de redes	1	0
	Auditor (contadores e afins)	1	0
	Coordenador pedagógico	0	1
	Dirigente do serviço público estadual e distrital	9	24
	Professor da educação de jovens e adultos do ensino fundamental (primeira a quarta série)	3	15
	Professor de computação (no ensino superior)	1	0
	Professor de comunicação social do ensino superior	10	1
	Professor de desenho técnico	1	0
	Professor de disciplinas pedagógicas no ensino médio	4	7
	Professor de ensino superior na área de didática	4	1
	Professor de física (ensino superior)	0	1
	Professor de matemática aplicada (no ensino superior)	1	0
	Professor de matemática do ensino fundamental	1	0
	Professor de nível médio no ensino fundamental	1	0



Região	Ocupação	Mestres	Doutores
Maranhão	Recepcionista de hotel	1	0
	Total	14	6
	Professor da educação de jovens e adultos do ensino fundamental (primeira a quarta série)	3	6
	Professor de comunicação social do ensino superior	1	0
Paraíba	Professor de disciplinas pedagógicas no ensino médio	9	0
	Técnico em ortopedia	1	0
	Total	15	31
	Dirigente do serviço público estadual e distrital	0	1
	Dirigente do serviço público federal	0	1
	Físico	1	0
	Professor da educação de jovens e adultos do ensino fundamental (primeira a quarta série)	4	22
	Professor de comunicação social do ensino superior	2	0
	Professor de disciplinas pedagógicas no ensino médio	5	0
	Professor de engenharia	1	0
	Professor de ensino superior na área de prática de ensino	1	5
Pernambuco	Professor de física (ensino superior)	0	1
	Professor de nível médio no ensino fundamental	1	0
	Professor de química (ensino superior)	0	1
	Total	25	30
	Assistente administrativo	2	2
	Auxiliar de serviços jurídicos	0	1
	Auxiliar técnico em patologia clínica	0	1
	Dirigente do serviço público estadual e distrital	2	0
	Dirigente do serviço público federal	1	0
	Dirigente do serviço público municipal	1	0
	Escriturário de banco	1	0
	Perito criminal	1	0
	Professor da educação de jovens e adultos do ensino fundamental (primeira a quarta série)	2	10
	Professor de comunicação social do ensino superior	4	0
	Professor de disciplinas pedagógicas no ensino médio	7	2
	Professor de educação física no ensino superior	1	0
	Professor de ensino superior na área de didática	1	5
Professor de ensino superior na área de prática de ensino	0	1	
Piauí	Professor de física (ensino superior)	1	8
	Professor de física no ensino médio	1	0
	Total	20	15
	Professor da educação de jovens e adultos do ensino fundamental (primeira a quarta série)	6	13
	Professor de disciplinas pedagógicas no ensino médio	6	1
	Professor de ensino superior na área de orientação educacional	7	1
Rio Grande do Norte	Professor de ensino superior na área de prática de ensino	1	0
	Total	17	48
	Analista de desenvolvimento de sistemas	0	1



Região	Ocupação	Mestres	Doutores
	Auxiliar de escritório, em geral	1	0
	Dirigente do serviço público federal	0	1
	Físico	1	0
	Geofísico	1	0
	Operador de exploração de petróleo	2	0
	Professor da educação de jovens e adultos do ensino fundamental (primeira a quarta série)	5	37
	Professor de administração	0	1
	Professor de computação (no ensino superior)	0	1
	Professor de comunicação social do ensino superior	2	0
	Professor de disciplinas pedagógicas no ensino médio	3	2
	Professor de ensino superior na área de orientação educacional	1	1
	Professor de física (ensino superior)	1	4
Sergipe	Total	22	18
	Assistente administrativo	1	0
	Físico	2	0
	Físico (medicina)	2	0
	Geofísico	1	0
	Não informado	1	0
	Professor da educação de jovens e adultos do ensino fundamental (primeira a quarta série)	0	17
	Professor de administração	2	0
	Professor de comunicação social do ensino superior	1	0
	Professor de disciplinas pedagógicas no ensino médio	5	0
	Professor de educação física do ensino fundamental	1	0
	Professor de matemática pura (no ensino superior)	1	0
	Professor de nível superior do ensino fundamental (primeira a quarta série)	4	1
	Técnico de planejamento e programação da manutenção	1	0
Sudeste	Total	493	841
Espírito Santo	Total	42	34
	Auditor fiscal do trabalho	1	0
	Coordenador pedagógico	1	0
	Dirigente do serviço público estadual e distrital	1	0
	Dirigente do serviço público municipal	1	0
	Físico	0	1
	Geofísico	0	2
	Operador de exploração de petróleo	1	0
	Papiloscopista policial	1	0
	Professor da educação de jovens e adultos do ensino fundamental (primeira a quarta série)	3	4
	Professor de administração	1	0
	Professor de ciências biológicas do ensino superior	1	0
	Professor de computação (no ensino superior)	1	0
	Professor de disciplinas pedagógicas no ensino médio	4	0
	Professor de economia	1	1



Região	Ocupação	Mestres	Doutores
	Professor de educação física no ensino médio	8	0
	Professor de engenharia	1	1
	Professor de ensino superior na área de didática	3	0
	Professor de ensino superior na área de prática de ensino	2	0
	Professor de estatística (no ensino superior)	1	0
	Professor de física (ensino superior)	3	16
	Professor de física no ensino médio	1	0
	Professor de língua e literatura brasileira no ensino médio	0	1
	Professor de técnicas agrícolas	5	8
	Técnico eletrônico	1	0
Minas Gerais	Total	86	187
	Agente fiscal metrológico	1	0
	Analista de desenvolvimento de sistemas	0	1
	Analista de suporte computacional	1	0
	Assistente administrativo	1	5
	Auxiliar de escritório, em geral	2	0
	Coordenador pedagógico	0	1
	Digitador	0	1
	Dirigente do serviço público federal	0	4
	Engenheiro de segurança do trabalho	1	0
	Físico	3	0
	Instalador de linhas elétricas de alta e baixa tensão	1	0
	Perito criminal	3	1
	Professor da educação de jovens e adultos do ensino fundamental (primeira a quarta série)	7	121
	Professor de administração	1	1
	Professor de artes no ensino médio	2	0
	Professor de ciências biológicas do ensino superior	0	1
	Professor de computação (no ensino superior)	0	4
	Professor de comunicação social do ensino superior	6	3
	Professor de disciplinas pedagógicas no ensino médio	15	11
	Professor de economia	1	2
	Professor de educação física no ensino superior	2	0
	Professor de engenharia	5	1
	Professor de ensino superior na área de didática	6	12
	Professor de ensino superior na área de orientação educacional	2	1
	Professor de ensino superior na área de prática de ensino	2	1
	Professor de física (ensino superior)	6	14
	Professor de física no ensino médio	10	0
	Professor de história do ensino fundamental	1	0
	Professor de língua inglesa	0	1
	Professor de línguas estrangeiras modernas	1	0
	Professor de literatura portuguesa	1	0
	Professor de nível médio no ensino fundamental	1	0
	Professor de nível médio no ensino profissionalizante	1	0



Região	Ocupação	Mestres	Doutores
	Professor de química (ensino superior)	2	1
	Técnico da Receita Federal	1	0
Rio de Janeiro	Total	123	175
	Administrador	6	4
	Administrador de sistemas operacionais	0	1
	Agente de vendas de serviços	1	0
	Analista de desenvolvimento de sistemas	1	3
	Analista de negócios	2	0
	Analista de redes e de comunicação de dados	1	0
	Analista de sinistros	1	0
	Analista financeiro (instituições financeiras)	0	1
	Assistente administrativo	11	42
	Astrônomo	1	3
	Auxiliar de escritório, em geral	4	2
	Auxiliar de serviços jurídicos	3	0
	Comerciante varejista	1	0
	Dirigente do serviço público federal	1	1
	Engenheiro civil	1	0
	Engenheiro de aplicativos em computação	0	1
	Engenheiro de produção	1	0
	Engenheiro de segurança do trabalho	1	0
	Engenheiro eletrônico de projetos	1	0
	Engenheiro mecânico industrial	1	0
	Engenheiro químico	1	0
	Escriturário de banco	0	2
	Estatístico	2	3
	Físico	2	2
	Geofísico	9	8
	Gerente administrativo	0	1
	Inspetor de aviação civil	1	0
	Não informado	2	0
	Operador de exploração de petróleo	4	0
	Pesquisador de engenharia e tecnologia (outras áreas da engenharia)	1	1
	Pesquisador em metrologia	6	7
	Professor da educação de jovens e adultos do ensino fundamental (primeira a quarta série)	7	47
	Professor de administração	2	0
	Professor de biologia no ensino médio	1	0
	Professor de ciências exatas e naturais do ensino fundamental	1	0
	Professor de computação (no ensino superior)	1	0
	Professor de comunicação social do ensino superior	2	0
	Professor de disciplinas pedagógicas no ensino médio	21	14
	Professor de educação física no ensino superior	1	0
	Professor de engenharia	0	2



Região	Ocupação	Mestres	Doutores
	Professor de ensino superior na área de didática	3	1
	Professor de ensino superior na área de orientação educacional	0	1
	Professor de ensino superior na área de prática de ensino	3	3
	Professor de física (ensino superior)	2	13
	Professor de física no ensino médio	4	3
	Professor de linguística e linguística aplicada	0	1
	Professor de matemática aplicada (no ensino superior)	1	2
	Professor de matemática do ensino fundamental	2	0
	Professor de matemática pura (no ensino superior)	1	3
	Professor de nível médio no ensino fundamental	1	0
	Professor de nível superior do ensino fundamental (primeira a quarta série)	1	0
	Professor de química (ensino superior)	0	1
	Professores de cursos livres	1	1
	Programador de sistemas de informação	1	0
	Técnico de apoio em pesquisa e desenvolvimento (exceto agropecuário e florestal)	1	0
	Técnico de vendas	0	1
São Paulo	Total	242	445
	Administrador	1	2
	Administrador de banco de dados	2	1
	Administrador de redes	0	2
	Administrador de sistemas operacionais	2	1
	Analista de desenvolvimento de sistemas	10	4
	Analista de negócios	2	1
	Analista de pesquisa de mercado	1	0
	Analista de produtos bancários	1	0
	Analista de redes e de comunicação de dados	1	0
	Analista de sistemas de automação	5	0
	Analista de suporte computacional	2	1
	Assessor de imprensa	1	0
	Assistente administrativo	4	12
	Auditor (contadores e afins)	1	0
	Auditor fiscal da Receita Federal	1	1
	Auxiliar de escritório, em geral	5	1
	Auxiliar técnico em laboratório de farmácia	2	0
	Avaliador físico	1	0
	Caixa de banco	1	0
	Coordenador pedagógico	2	0
	Corretor de valores, ativos financeiros, mercadorias e derivativos	1	0
	Diretor de arte	0	1
	Dirigente do serviço público estadual e distrital	1	0
	Dirigente do serviço público federal	0	2
	Economista financeiro	1	1



Região	Ocupação	Mestres	Doutores
	Editor de livro	0	1
	Engenheiro aeronáutico	1	0
	Engenheiro agrônomo	1	0
	Engenheiro de produção	1	1
	Engenheiro de telecomunicações	1	1
	Engenheiro eletricista	1	0
	Engenheiro eletricista de projetos	0	1
	Engenheiro eletrônico	1	0
	Entrevistador censitário e de pesquisas amostrais	1	0
	Escrevente	0	1
	Escriturário de banco	2	1
	Especialista em pesquisa operacional	0	1
	Farmacêutico	0	2
	Fiscal de tributos estadual	1	0
	Fiscal de tributos municipal	0	1
	Físico	6	22
	Físico (materiais)	0	2
	Físico (medicina)	2	0
	Físico (óptica)	2	2
	Gerente administrativo	1	0
	Gerente de crédito e cobrança	0	1
	Gerente de desenvolvimento de sistemas	0	1
	Gerente de instituição educacional da área privada	0	1
	Gerente de <i>marketing</i>	1	0
	Gerente de pesquisa e desenvolvimento (P&D)	1	2
	Gerente de produção e operações	1	0
	Gerente de projetos e serviços de manutenção	1	0
	Gerente de riscos	1	2
	Gerente financeiro	1	0
	Inspetor de alunos de escola privada	0	1
	Instrutor de cursos livres	0	1
	Não informado	2	2
	Operador de exploração de petróleo	1	0
	Operador de negócios	1	0
	Operador de rádio-chamada	1	1
	Orientador educacional	0	8
	Perito criminal	4	1
	Pesquisador de clínica médica	0	1
	Pesquisador de engenharia civil	0	3
	Pesquisador de engenharia e tecnologia (outras áreas da engenharia)	2	2
	Pesquisador de engenharia elétrica e eletrônica	1	0
	Pesquisador de engenharia mecânica	0	1
	Pesquisador de engenharia química	1	0



Região	Ocupação	Mestres	Doutores
	Pesquisador em biologia de microorganismos e parasitas	1	7
	Pesquisador em biologia vegetal	1	0
	Pesquisador em física	1	6
	Pesquisador em química	1	1
	Piloto de aeronaves	0	2
	Professor da educação de jovens e adultos do ensino fundamental (primeira a quarta série)	2	38
	Professor de administração	1	7
	Professor de aprendizagem e treinamento comercial	1	0
	Professor de astronomia (ensino superior)	0	1
	Professor de ciências biológicas do ensino superior	3	4
	Professor de ciências exatas e naturais do ensino fundamental	5	0
	Professor de computação (no ensino superior)	4	10
	Professor de comunicação social do ensino superior	1	2
	Professor de desenho técnico	1	0
	Professor de disciplinas pedagógicas no ensino médio	6	4
	Professor de economia	0	5
	Professor de engenharia	12	42
	Professor de ensino superior na área de didática	9	45
	Professor de ensino superior na área de orientação educacional	2	5
	Professor de ensino superior na área de pesquisa educacional	3	12
	Professor de ensino superior na área de prática de ensino	13	48
	Professor de estatística (no ensino superior)	0	2
	Professor de farmácia e bioquímica	0	1
	Professor de filosofia do ensino superior	2	12
	Professor de física (ensino superior)	9	50
	Professor de física no ensino médio	4	5
	Professor de geofísica	0	1
	Professor de geografia no ensino médio	0	1
	Professor de história no ensino médio	1	0
	Professor de matemática aplicada (no ensino superior)	1	8
	Professor de matemática do ensino fundamental	1	0
	Professor de matemática no ensino médio	1	1
	Professor de matemática pura (no ensino superior)	4	4
	Professor de medicina	0	2
	Professor de medicina veterinária	0	1
	Professor de nível médio na educação infantil	1	0
	Professor de nível médio no ensino fundamental	38	7
	Professor de nível médio no ensino profissionalizante	2	0
	Professor de nível superior do ensino fundamental (primeira a quarta série)	2	2
	Professor de nível superior na educação infantil (quatro a seis anos)	1	0
	Professor de pesquisa operacional (no ensino superior)	0	1
	Professor de química (ensino superior)	1	3



Região	Ocupação	Mestres	Doutores
	Professor de técnicas de enfermagem	1	0
	Professor de técnicas industriais	1	0
	Professor de zootecnia do ensino superior	0	1
	Professor instrutor de ensino e aprendizagem em serviços	1	0
	Professores de cursos livres	1	0
	Programador de sistemas de informação	1	0
	Supervisor administrativo	5	2
	Supervisor de montagem e instalação eletroeletrônica	0	1
	Supervisor técnico operacional de sistemas de televisão e produtoras de vídeo	0	1
	Técnico da Receita Federal	0	1
	Técnico de apoio em pesquisa e desenvolvimento (exceto agropecuário e florestal)	3	1
	Técnico de laboratório industrial	2	1
	Técnico de manutenção elétrica	0	1
	Técnico de manutenção eletrônica	1	0
	Técnico eletrônico	2	0
	Técnico em administração	0	2
	Técnico em óptica e optometria	1	0
Sul	Total	153	272
Paraná	Total	72	111
	Assistente administrativo	0	1
	Auxiliar de escritório, em geral	1	0
	Auxiliar de estatística	1	0
	Caixa de banco	1	0
	Coordenador pedagógico	1	1
	Dirigente do serviço público federal	1	0
	Físico	1	1
	Físico (medicina)	1	0
	Gerente de compras	1	0
	Perito criminal	1	0
	Pesquisador de engenharia e tecnologia (outras áreas da engenharia)	0	1
	Professor da educação de jovens e adultos do ensino fundamental (primeira a quarta série)	3	22
	Professor de administração	4	3
	Professor de ciências biológicas do ensino superior	0	2
	Professor de computação (no ensino superior)	0	2
	Professor de comunicação social do ensino superior	1	3
	Professor de disciplinas pedagógicas no ensino médio	8	11
	Professor de engenharia	1	4
	Professor de ensino superior na área de didática	2	3
	Professor de ensino superior na área de prática de ensino	3	20
	Professor de física (ensino superior)	5	30
	Professor de física no ensino médio	25	3



Região	Ocupação	Mestres	Doutores
	Professor de matemática no ensino médio	2	0
	Professor de matemática pura (no ensino superior)	1	3
	Professor de nível médio na educação infantil	1	0
	Professor de nível médio no ensino profissionalizante	1	0
	Professor de nível superior do ensino fundamental (primeira a quarta série)	1	0
	Técnico de comunicação de dados	1	0
	Técnico de manutenção elétrica	2	0
	Técnico em operação de equipamentos de exibição de televisão	1	0
	Técnico florestal	0	1
	Vendedor de comércio varejista	1	0
Rio Grande do Sul	Total	49	117
	Administrador de redes	1	0
	Analista de desenvolvimento de sistemas	5	0
	Analista de negócios	0	2
	Auditor fiscal da Receita Federal	0	1
	Auditor fiscal do trabalho	0	1
	Auxiliar de enfermagem	1	0
	Auxiliar de escritório, em geral	3	0
	Consultor jurídico	1	0
	Engenheiro mecânico	0	1
	Escriturário de banco	2	0
	Físico	2	0
	Instrutor de cursos livres	1	0
	Não informado	1	0
	Perito criminal	3	1
	Pesquisador de engenharia e tecnologia (outras áreas da engenharia)	1	0
	Professor da educação de jovens e adultos do ensino fundamental (primeira a quarta série)	5	52
	Professor de administração	1	10
	Professor de comunicação social do ensino superior	3	4
	Professor de disciplinas pedagógicas no ensino médio	6	7
	Professor de ensino superior na área de didática	3	10
	Professor de ensino superior na área de orientação educacional	0	1
	Professor de ensino superior na área de prática de ensino	0	2
	Professor de física (ensino superior)	0	21
	Professor de física no ensino médio	2	2
	Professor de história no ensino médio	1	0
	Professor de língua portuguesa do ensino fundamental	1	0
	Professor de matemática aplicada (no ensino superior)	1	0
	Professor de matemática pura (no ensino superior)	1	0
	Professor de nível médio no ensino fundamental	1	0
	Professor de nível médio no ensino profissionalizante	1	2



Região	Ocupação	Mestres	Doutores
	Técnico de apoio em pesquisa e desenvolvimento (exceto agropecuário e florestal)	1	0
	Técnico químico de petróleo	1	0
Santa Catarina	Total	32	44
	Analista de desenvolvimento de sistemas	1	0
	Auditor fiscal da Receita Federal	1	0
	Auxiliar de escritório, em geral	1	0
	Economista	0	1
	Escriturário de banco	2	1
	Físico	1	0
	Investigador de polícia	1	0
	Pesquisador de engenharia e tecnologia (outras áreas da engenharia)	1	0
	Policia rodoviário federal	1	0
	Professor da educação de jovens e adultos do ensino fundamental (primeira a quarta série)	2	18
	Professor de comunicação social do ensino superior	4	3
	Professor de desenho técnico	1	0
	Professor de disciplinas pedagógicas no ensino médio	1	2
	Professor de ensino superior na área de orientação educacional	3	0
	Professor de ensino superior na área de prática de ensino	3	15
	Professor de estatística (no ensino superior)	2	2
	Professor de física (ensino superior)	1	0
	Professor de nível médio no ensino fundamental	1	0
	Professor de nível superior do ensino fundamental (primeira a quarta série)	1	2
	Professor de tecnologia e cálculo técnico	1	0
	Programador de sistemas de informação	1	0
	Repositor de mercadorias	1	0
	Vendedor de comércio varejista	1	0
Centro Oeste	Total	159	147
Distrito Federal	Total	64	67
	Administrador	5	0
	Administrador de sistemas operacionais	0	1
	Agente de defesa ambiental	1	0
	Agente de Polícia Federal	0	1
	Analista de redes e de comunicação de dados	5	2
	Analista de suporte computacional	1	1
	Analista financeiro (instituições financeiras)	1	0
	Assistente administrativo	2	5
	Auditor (contadores e afins)	2	0
	Auditor fiscal do trabalho	0	1
	Auxiliar de escritório, em geral	1	0
	Auxiliar de serviços jurídicos	1	0
	Dirigente do serviço público federal	4	5



Região	Ocupação	Mestres	Doutores
	Escriturário de banco	2	0
	Estatístico	1	0
	Gerente de produção e operações	0	1
	Investigador de polícia	3	0
	Matemático	0	1
	Não informado	11	1
	Perito criminal	1	3
	Pesquisador em ciências da educação	0	1
	Professor da educação de jovens e adultos do ensino fundamental (primeira a quarta série)	13	25
	Professor de aprendizagem e treinamento comercial	0	1
	Professor de comunicação social do ensino superior	1	3
	Professor de disciplinas pedagógicas no ensino médio	3	9
	Professor de engenharia	1	1
	Professor de ensino superior na área de didática	0	2
	Professor de ensino superior na área de orientação educacional	0	1
	Professor de ensino superior na área de prática de ensino	0	1
	Professor de física no ensino médio	3	0
	Professor de pesquisa operacional (no ensino superior)	0	1
	Técnico da Receita Federal	1	0
	Técnico em administração	1	0
Goiás	Total	30	35
	Administrador	1	0
	Assistente administrativo	9	3
	Contador	0	1
	Engenheiro civil (edificações)	1	0
	Gerente de suporte técnico de tecnologia da informação	1	0
	Professor da educação de jovens e adultos do ensino fundamental (primeira a quarta série)	3	24
	Professor de comunicação social do ensino superior	1	1
	Professor de disciplinas pedagógicas no ensino médio	5	4
	Professor de engenharia	2	0
	Professor de ensino superior na área de orientação educacional	1	1
	Professor de ensino superior na área de prática de ensino	1	0
	Professor de física (ensino superior)	1	0
	Professor de matemática pura (no ensino superior)	3	1
	Técnico de saneamento	1	0
Mato Grosso	Total	36	28
	Arquiteto de edificações	1	0
	Assistente administrativo	4	0
	Auxiliar de escritório, em geral	1	0
	Dirigente do serviço público estadual e distrital	1	0
	Escriturário de banco	1	0
	Professor da educação de jovens e adultos do ensino fundamental (primeira a quarta série)	3	22



Região	Ocupação	Mestres	Doutores
	Professor de computação (no ensino superior)	1	0
	Professor de comunicação social do ensino superior	2	1
	Professor de contabilidade	1	0
	Professor de disciplinas pedagógicas no ensino médio	17	2
	Professor de ensino superior na área de didática	4	3
Mato Grosso do Sul	Total	29	17
	Auxiliar de escritório, em geral	2	0
	Auxiliar de serviços jurídicos	1	0
	Dirigente do serviço público estadual e distrital	3	0
	Físico	1	0
	Não informado	1	0
	Professor da educação de jovens e adultos do ensino fundamental (primeira a quarta série)	1	2
	Professor de artes no ensino médio	4	0
	Professor de ciências biológicas do ensino superior	1	0
	Professor de disciplinas pedagógicas no ensino médio	4	0
	Professor de educação física no ensino médio	1	0
	Professor de ensino superior na área de didática	1	7
	Professor de ensino superior na área de orientação educacional	3	8
	Professor de ensino superior na área de prática de ensino	3	0
	Professor de matemática aplicada (no ensino superior)	2	0
	Professor de nível médio no ensino fundamental	1	0

Fonte: Coleta Capes (Capes, MEC) e RAIS 2009 (MTE). Elaboração Núcleo de RHCTI (CGEE), Brasil, 2012.



Tabela A.7.6. – Distribuição dos mestres e doutores titulados no Brasil em Física entre 1996 a 2009 empregados em 31/12/2009 segundo alguns itens específicos da Classificação Nacional de Atividades Econômicas da instituição empregadora.

CNAE	Descrição	Mestres	Doutores
-	Total	1.060	1.591
B	Indústrias extrativas	18	11
06	Extração de petróleo e gás natural	10	3
07	Extração de minerais metálicos	0	2
09	Atividades de apoio à extração de minerais	8	6
C	Indústrias de transformação	31	19
11	Fabricação de bebidas	1	0
14	Confecção de artigos do vestuário e acessórios	1	0
19	Fabricação de Coque, de Produtos derivados do Petróleo e de Biocombustíveis	5	1
21	Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos	1	3
24	Metalurgia	1	0
25	Fabricação de produtos de metal, exceto máquinas e equipamentos	3	0
26	Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos	10	7
28	Fabricação de máquinas e equipamentos	0	7
29	Fabricação de veículos automotores, reboques e carrocerias	5	0
30	Fabricação de outros equipamentos de transporte, exceto veículos automotores	2	0
32	Fabricação de produtos diversos	1	1
33	Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos	1	0
D	Eletricidade e gás	6	2
35	Eletricidade, Gás e outras utilidades	6	2
E	Água, esgoto, atividades de gestão de resíduos e descontaminação	2	1
36	Captação, tratamento e distribuição de água	2	0
38	Coleta, tratamento e disposição de resíduos	0	1
F	Construção	5	2
41	Construção de Edifícios	3	2
42	Obras de infraestrutura	2	0
G	Comércio	10	3
46	Comércio por atacado, exceto veículos automotores e motocicletas	6	3
47	Comércio varejista	4	0
H	Transporte, armazenagem e correio	3	2
49	Transporte terrestre	1	0
51	Transporte aéreo	0	2
52	Armazenamento e atividades auxiliares dos transportes	2	0
I	Alojamento e alimentação	1	0
55	Alojamento	1	0
J	Informação e comunicação	24	12
58	Edição e edição integrada à impressão	0	1
59	Atividades cinematográficas, produção de vídeos e de programas de televisão; gravação de som e edição de música	1	0
60	Atividades de rádio e de televisão	2	1



CNAE	Descrição	Mestres	Doutores
61	Telecomunicações	1	2
62	Atividades dos serviços de tecnologia da informação	16	6
63	Atividades de prestação de serviços de informação	4	2
K	Atividades financeiras, de seguros e serviços relacionados	30	9
64	Atividades de serviços financeiros	23	7
65	Seguros, resseguros, previdência complementar e planos de saúde	2	0
66	Atividades auxiliares dos serviços financeiros, seguros, previdência complementar e planos de saúde	5	2
L	Atividades imobiliárias	1	0
68	Atividades imobiliárias	1	0
M	Atividades profissionais, científicas e técnicas	17	50
69	Atividades jurídicas, de contabilidade e de auditoria	5	4
71	Serviços de arquitetura e engenharia; testes e análises técnicas	2	3
72	Pesquisa e desenvolvimento científico	10	42
74	Outras atividades profissionais, científicas e técnicas	0	1
N	Atividades administrativas e serviços complementares	4	4
82	Serviços de escritório, de apoio administrativo e outros serviços prestados às empresas	4	4
O	Administração pública, defesa e seguridade social	324	118
84	Administração pública, defesa e seguridade social	324	118
P	Educação	549	1346
85	Educação	549	1346
85.1	Educação infantil e ensino fundamental	32	6
85.2	Ensino médio	22	4
85.3	Educação superior	404	1264
85.4	Educação profissional de nível técnico e tecnológico	72	52
85.5	Atividades de apoio à educação	3	7
85.9	Outras atividades de ensino	16	13
Q	Saúde humana e serviços sociais	12	4
86	Atividades de atenção à saúde humana	11	3
87	Atividades de atenção à saúde humana integradas com assistência social, prestadas em residências coletivas e particulares	0	1
88	Serviços de assistência social sem alojamento	1	0
S	Outras atividades de serviços	23	8
94	Atividades de organizações associativas	21	8
95	Reparação e manutenção de equipamentos de informática e comunicação e de objetos pessoais e domésticos	2	0

Fonte: Coleta Capes (Capes, MEC) e RAIS 2009 (MTE). Elaboração Núcleo de RHCTI (CGEE), Brasil 2009.



Tabela A.7.7. – Distribuição de mestres e doutores em Física, segundo atividades econômicas do empregador para empresas que dependem criticamente da física seguindo as sugestões do relatório do estudo de impacto econômico das áreas da física no Reino Unido (IOP 2007). Neste recorte é possível que os profissionais atuem na área de ensino, como acontece com a defesa.

Codificação e Nomenclatura CNAE 2.0	Mestres	Doutores
06.00-0 - Extração de petróleo e gás natural	10	3
20.19-3 - Fabricação de produtos químicos inorgânicos não especificados anteriormente	0	0
21.23-8 - Fabricação de preparações farmacêuticas	0	0
24.49-1 - Metalurgia dos metais não ferrosos e suas ligas não especificados anteriormente	0	0
25.21-7 - Fabricação de tanques, reservatórios metálicos e caldeiras para aquecimento central.	0	0
25.22-5 - Fabricação de tanques, reservatórios metálicos e caldeiras para aquecimento central.	0	0
25.50-1 - Fabricação de equipamento bélico pesado, armas de fogo e munições.	1	0
26.10-8 - Fabricação de componentes eletrônicos	2	2
26.21-3 - Fabricação de equipamentos de informática	1	1
26.31-1 - Fabricação de equipamentos transmissores de comunicação	2	0
26.40-0 - Fabricação de aparelhos de recepção, reprodução, gravação e amplificação de áudio e vídeo	0	0
26.51-5 - Fabricação de aparelhos e equipamentos de medida, teste e controle	1	0
26.60-4 - Fabricação de aparelhos eletromédicos e eletroterapêuticos e equipamentos de irradiação	0	1
26.70-1 - Fabricação de equipamentos e instrumentos ópticos, fotográficos e cinematográficos	2	3
26.80-9 - Fabricação de mídias virgens, magnéticas e ópticas.	0	0
27.10-4 - Fabricação de geradores, transformadores e motores elétricos	0	0
27.31-7 - Fabricação de aparelhos e equipamentos para distribuição e controle de energia elétrica	0	0
27.33-3 - Fabricação de fios, cabos e condutores elétricos isolados	0	0
27.40-6 - Fabricação de lâmpadas e outros equipamentos de iluminação	0	0
27.59-7 - Fabricação de aparelhos eletrodomésticos não especificados anteriormente	0	0
27.90-2 - Fabricação de equipamentos e aparelhos elétricos não especificados anteriormente	0	0
28.11-9 - Fabricação de motores e turbinas, exceto para aviões e veículos rodoviários.	0	0
29.10-7 - Fabricação de automóveis, camionetas e utilitários	1	0
29.20-4 - Fabricação de caminhões e ônibus	1	0
29.45-0 - Fabricação de material elétrico e eletrônico para veículos automotores, exceto baterias	2	0
30.11-3 - Construção de embarcações e estruturas flutuantes	0	0
30.12-1 - Construção de embarcações para esporte e lazer	0	0
30.31-8 - Fabricação de locomotivas, vagões e outros materiais rodantes	0	0
30.32-6 - Fabricação de peças e acessórios para veículos ferroviários	0	0
30.41-5 - Fabricação de aeronaves	2	0
30.42-3 - Fabricação de turbinas, motores e outros componentes e peças para aeronaves	0	0
32.50-7 - Fabricação de instrumentos e materiais para uso médico e odontológico e de artigos ópticos	1	1
33.21-0 - Instalação de máquinas e equipamentos industriais	0	0
35.11-5 - Geração de energia elétrica	1	2
35.12-3 - Transmissão de energia elétrica	0	0



35.14-0 - Distribuição de energia elétrica	3	0
35.91-1 - Fabricação de motocicletas	0	0
38.12-2 - Coleta de resíduos perigosos	0	0
38.22-0 - Tratamento e disposição de resíduos perigosos	0	1
51.30-7 - Transporte espacial	0	0
60.10-1 - Atividades de rádio	0	0
61.10-8 - Telecomunicações por fio	1	0
61.20-5 - Telecomunicações sem fio	0	1
61.30-2 - Telecomunicações por satélite	0	0
61.41-8 - Operadoras de televisão por assinatura por cabo	0	1
61.42-6 - Operadoras de televisão por assinatura por micro-ondas	0	0
61.43-4 - Operadoras de televisão por assinatura por satélite	0	0
61.43-4 - Outras atividades de telecomunicações	0	0
71.11-1 - Serviços de arquitetura	0	0
71.12-0 - Serviços de engenharia	2	0
71.19-7 - Atividades técnicas relacionadas à arquitetura e engenharia	0	2
71.20-1 - Testes e análises técnicas	0	1
72.10-0 - Pesquisa e desenvolvimento experimental em ciências físicas e naturais	6	22
84.21-3 - Relações exteriores	0	1
84.22-1 - Defesa	30	36
84.23-0 - Justiça	7	3
84.24-8 - Segurança e ordem pública	23	7
84.25-6 - Defesa Civil	0	0





cgee

Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
Ciência, Tecnologia e Inovação



SBF

SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA



FINEP

AGÊNCIA BRASILEIRA DA INOVAÇÃO