

Os números da Física no Brasil hoje

A Física no Brasil registra atividades que remontam ao século XIX, mas discutir números remete a indicadores que nos são familiares hoje em dia, como números de artigos, citações, programas de pós-graduação, distribuição geográfica de doutores e doutores formados ano a ano. Assim, o marco inicial considerado aqui é o primeiro artigo de física publicado por Gleb Wataghin em 1935. Extrair os números relevantes é uma tarefa mais complexa do que a facilidade de acesso às bases de dados como o Web of Science nos leva a imaginar. De fato, bases de dados apresentam inconsistências, imprecisão de dados, dificuldades para definir protocolos de extração dos dados e a própria qualidade dos dados. Os números da Física no Brasil hoje se baseiam em dados obtidos de diversas fontes: a plataforma APS Journals Archive, Web of Science, Scimago, Plataforma Lattes, Relatórios trienais de avaliação da CAPES, documentos sobre ensino superior e portais de instituições de ensino superior brasileiras.

Retomando o marco inicial, o artigo de 1935, uma busca por artigos com autoria ou coautoria de autores com endereço(s) em instituições brasileiras pelo APS Journals Archive¹ apresenta uma evolução temporal interessante como pode ser apreciado nos Figuras 1 e 2.

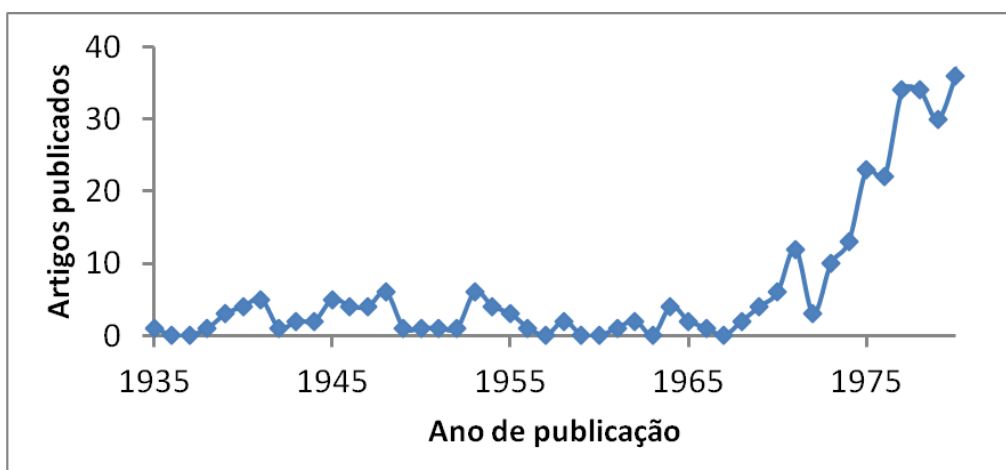


Figura 1. Artigos com pelo menos um endereço de instituição brasileira: recorte entre 1935 e 1980 (extraído do APS Journals Archive)

¹ O Web of Science apresenta resultados com inconsistências para datas anteriores a 1970, apesar de que o Science Scitation Index remontar a 1900.

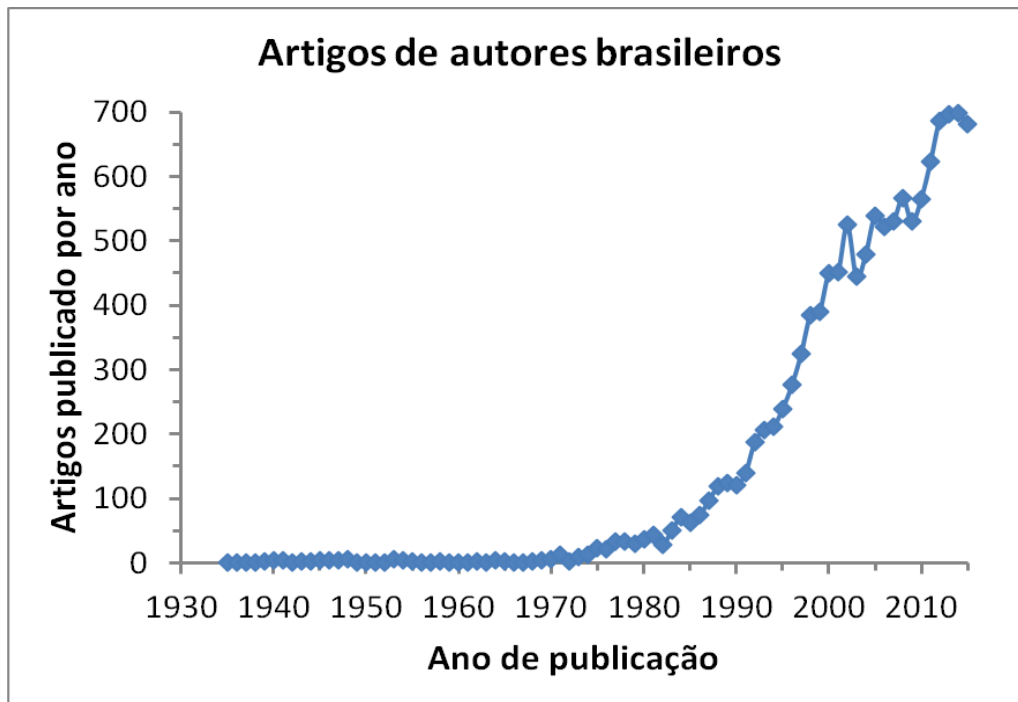


Figura 2. Artigos com pelo menos um endereço de instituição brasileira: recorte entre 1935 e 2015 (extraído do APS Journals Archive).

É interessante notar que os marcos institucionais da década de 1950 (criação do CNPQ, CAPES, CBPF e Fundação Instituto de Física Teórica, todos em 1951), bem como a criação dos primeiros programas de pós-graduação no início da década de 1960, pouco impacto representaram na produção científica propriamente dita. Esse cenário modifica-se apenas a partir da década de 1970, marcado pelo 1º Programa Nacional de Pós-Graduação. Na mesma época, a Sociedade brasileira de Física, fundada em 1966, promove os primeiros encontros nacionais. O pioneiro é o Simpósio Nacional de Ensino de Física em 1970. Os eventos nacionais mais associados à produção de artigos científicos iniciam-se em 1978 com o primeiro Encontro Nacional de Física da Matéria Condensada em 1978, a primeira Reunião de Trabalho Sobre Física Nuclear no Brasil, também em 1978, e Encontro Nacional de Física de Partículas e Campos em 1979.

Panorama da produção científica brasileira em Física 1975-2015

Uma maneira usual de avaliar a produção científica é a contagem de itens publicados em revistas indexadas em uma dada base de dados. Os dados apresentados

no figura 3 referem-se aos documentos publicados nas categorias de Física com Brazil como endereço. São apresentados dados extraídos de duas bases de dados: Web of Science e a base Scopus, essa através da plataforma Country Rankings da Scimago. Observa-se um crescimento importante nas duas bases (Scimago disponível apenas a partir de 1996). Dois aspectos são relevantes: nos dados obtidos pelo Web of Science observa-se um crescimento mais acentuado durante a década de 1990 em comparação com as décadas anteriores e novamente um crescimento mais lento nesse século. Por outro lado, o crescimento da produção é visivelmente mais acentuado na base Scopus. Além disso, os números absolutos são bem maiores nessa última. Essa diferença pode ser remetida a 2 fatores, nem sempre adequadamente considerados. Em primeiro lugar, temos a diferença na cobertura das revistas, pois a base Scopus é mais ampla que o Web of Science. Em segundo lugar, as classificações das categorias por assunto são diferentes: 8 no Web of Science e 10 no Scimago(Scopus)

Categorias Web of Science	Categorias Scimago(Scopus)
Física Atômica, Molecular e Química	Acústica e Ultrasom
Física da Matéria Condensada	Astronomia e Astrofísica
Física Nuclear	Física Atômica, Molecular e Ótica
Física de Partículas e Campos	Física da Matéria Condensada
Física Matemática	Instrumentação
Física de Plasmas e Fluidos	Física Nuclear e de Altas Energias
Física Aplicada	Física e Astronomia
Física Multidisciplinar	Radiação
	Física Estatística e Não linear
	Superfícies e Interfaces

Tabela 1. Categorias dentro da grande área de Física em diferentes bases de dados

É interessante comparar esses dados com a produção assinalada no Relatório de Avaliação Trienal da CAPES (área Física/Astronomia) para o triênio 2010-2012: são 11.868 artigos científicos em revistas indexadas. Obviamente que se trata da produção ligada aos programas de pós-graduação no país. De acordo com os dados extraídos do Scimago, para esse mesmo período aparecem 15.948 artigos científicos, 34% a mais. Mesmo levando em conta possíveis inconsistências na comparação dos dois conjuntos de artigos, essa comparação é um indício de que, apesar da maioria da produção científica em Física ainda estar associada a programas de pós-graduação (cerca de

2/3), uma produção considerável é oriunda de instituições não diretamente ligadas ao ensino ou a departamentos de instituições de ensino de outras áreas do conhecimento como as engenharias.

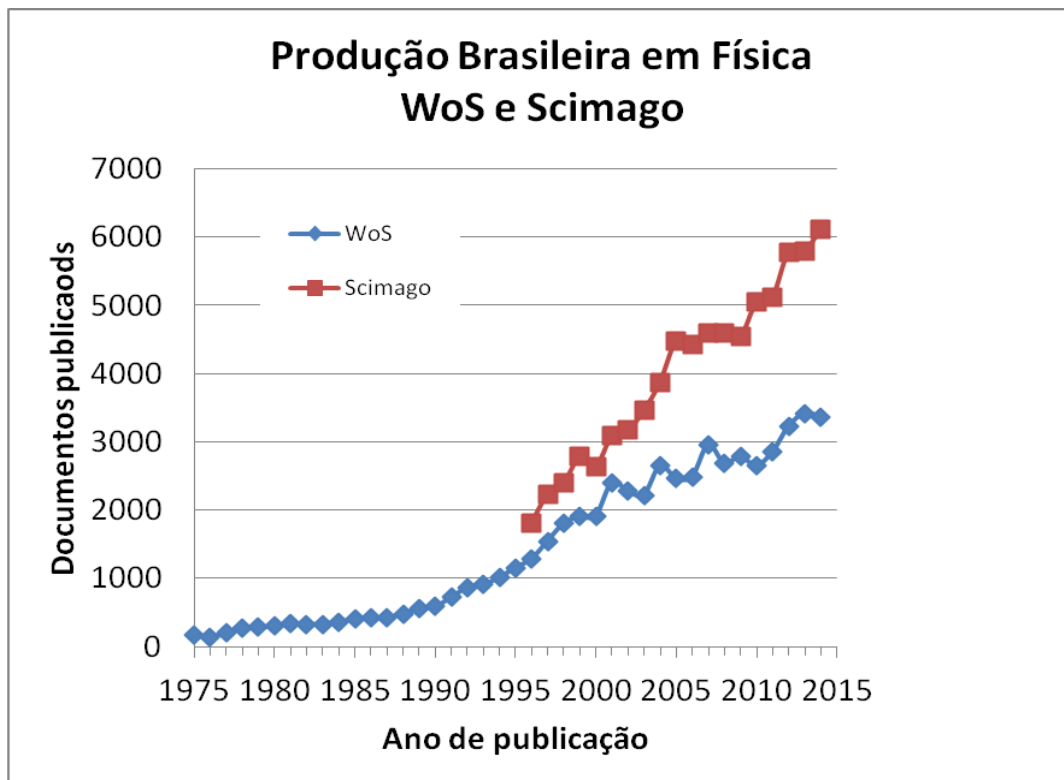


Figura 3. Produção científica brasileira em Física (presença de pelo menos um endereço brasileiro associado aos autores) em duas bases de dados bibliométricos diferentes.

No período 1996-2014 a base Scimago contabiliza um total de 75.962 artigos nas 10 categorias na área de Física, enquanto que no mesmo período a base Web of Science retorna 46.888 documentos nas suas 8 categorias na área de Física. A distribuição dessa produção por categorias para as duas bases de dados são apresentadas nas figuras 4 e 5.

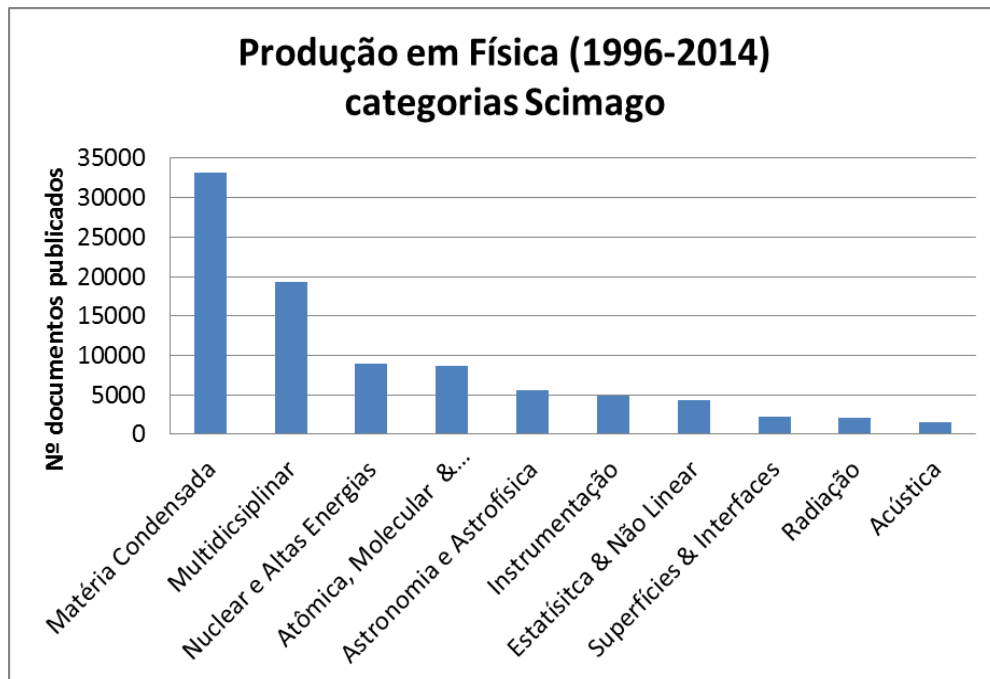


Figura 4. Número de documentos com endereços brasileiros por categoria(sub-área) segundo a plataforma Scimago

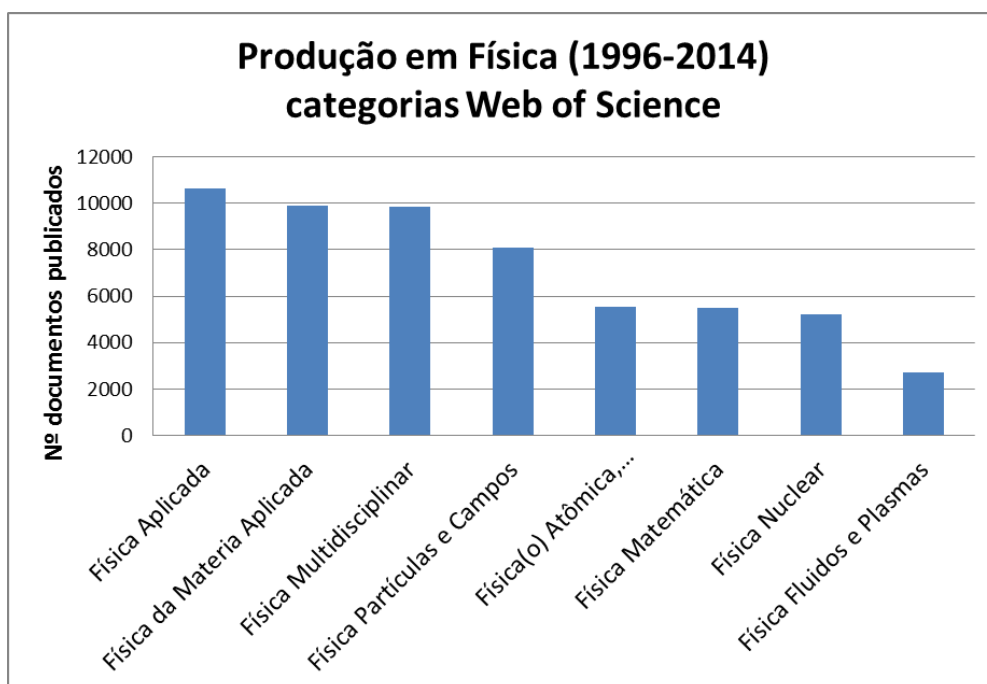


Figura 5. Número de documentos com endereços brasileiros por categoria(sub-área) segundo a Web of Science

Participação na Produção científica mundial, internacionalização e impacto

Nas discussões sobre o panorama científico de um país, 3 parâmetros ganharam relevância nos últimos anos: participação na produção mundial em uma

dada área, internacionalização (colaboração com pelo menos um coautor em um endereço em outro país) e o impacto dessa produção, que pode ser medido pela média de citações (número de citações dividido pelo número de artigos). Os 3 parâmetros podem ser extraídos da plataforma Country Rankings da Scimago, figuras 6, 7, 8 e 9.

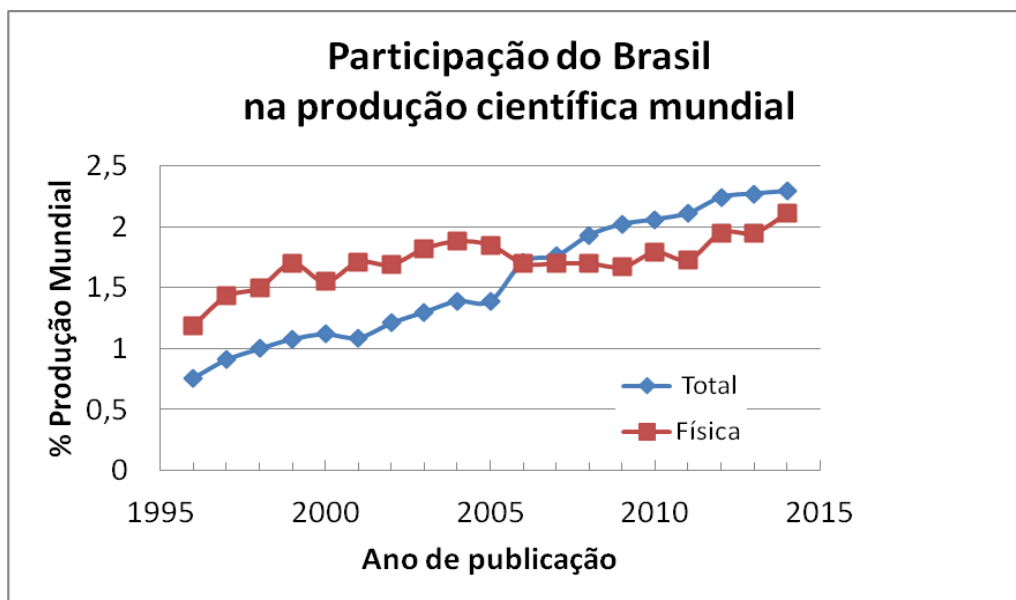


Figura 6. Observa-se que o aumento da participação do Brasil na produção científica mundial em Física é relativamente modesto, apesar do salto no número absoluto de documentos publicados no período. A participação do Brasil na produção científica geral cresceu mais acentuadamente também devido à incorporação de novas revistas nacionais (em outras áreas) na base Scopus.

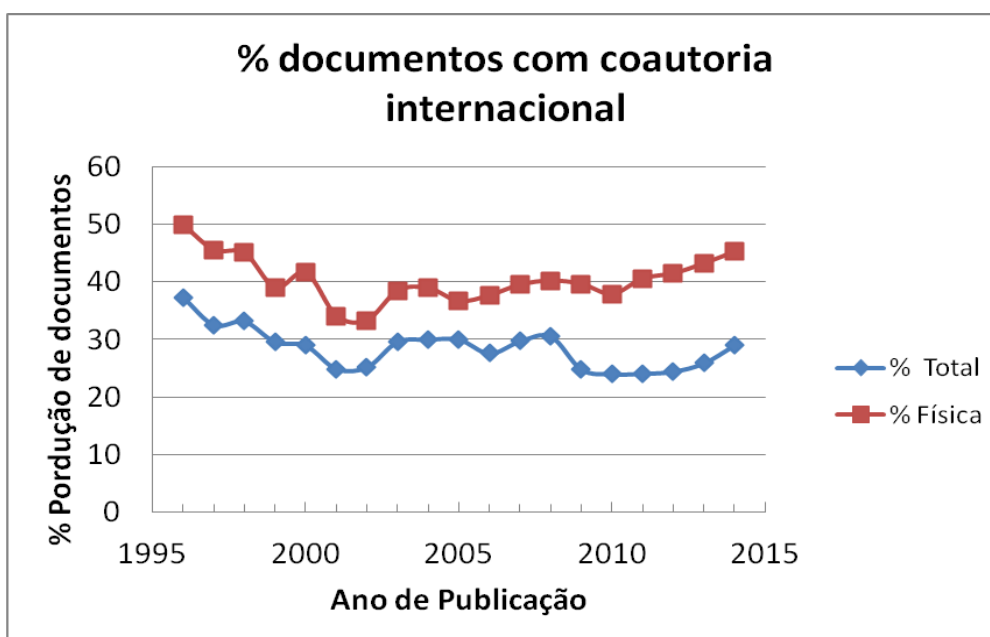


Figura 7. A coautoria internacional em Física é sistematicamente maior que a porcentagem verificada computando todas as áreas no período 1996-2014 (Scimago)

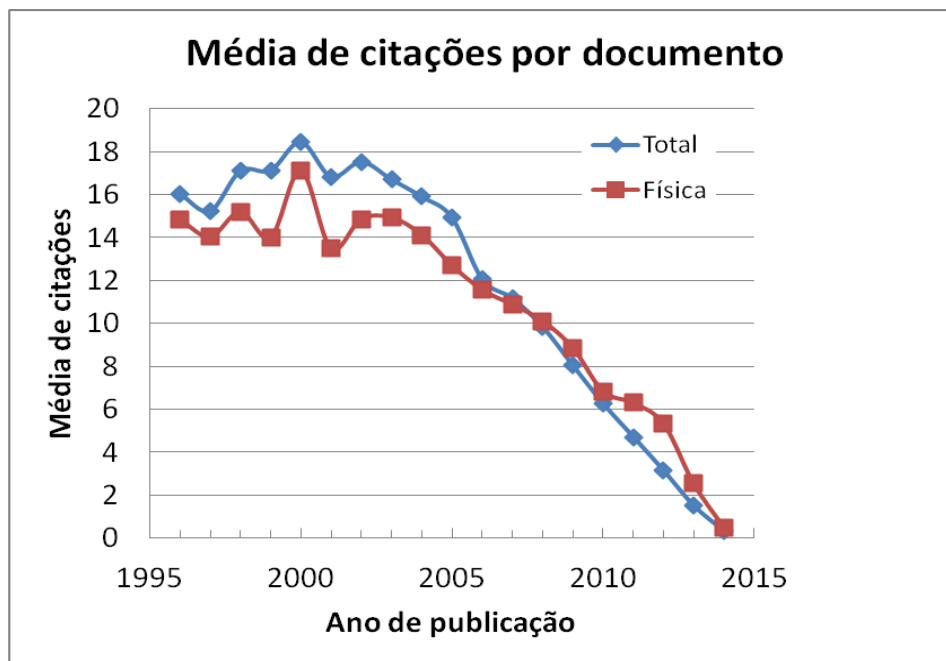


Figura 8. O indicador apresentado de número médio de citações por artigo é ligeiramente menor para os documentos na área de Física do que para o total geral no período 1996-2007). A inversão recente deve-se em grande medida ao impacto da participação nas grandes colaborações em Física de Altas Energias

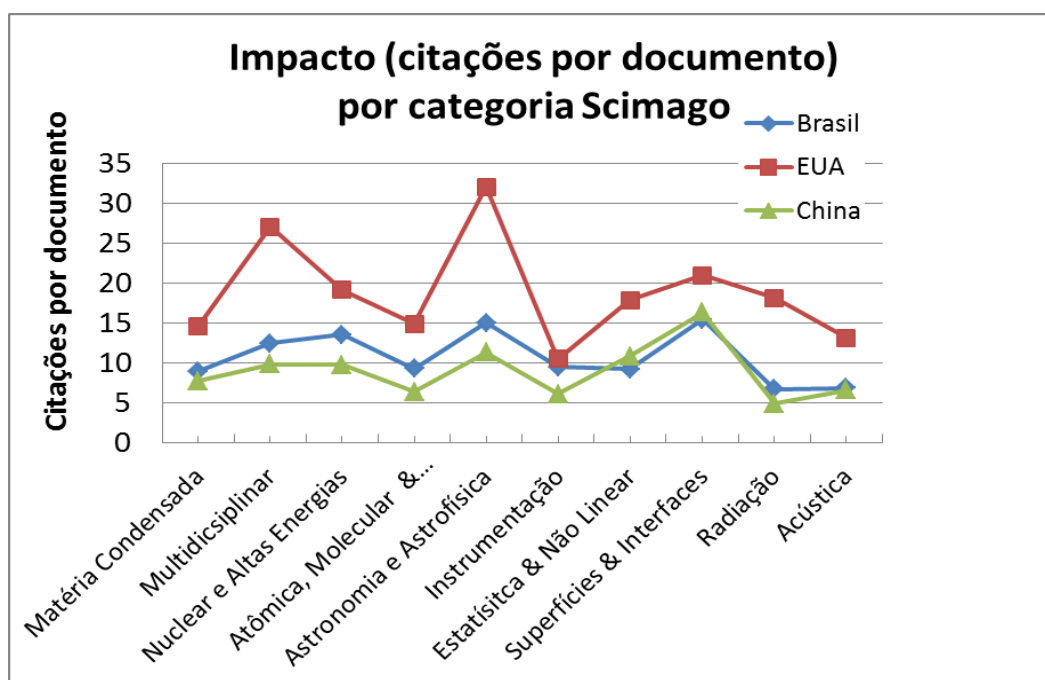


Figura 9. Comparação do número de citações por documento para as 10 categorias consideradas pela plataforma Scimago, comparando a produção brasileira com a dos Estados Unidos e China. Destacam-se as diferenças desse indicador entre as categorias e a repetição do padrão nos 3 países.

Relações multidisciplinares na Física

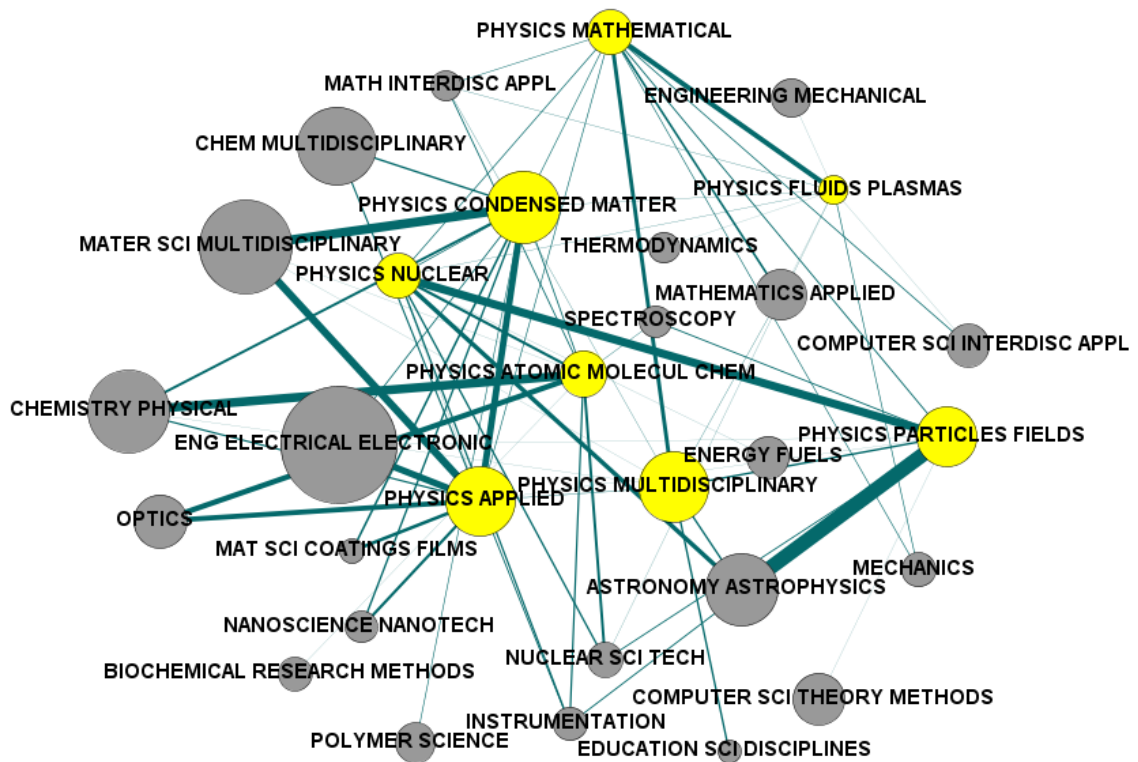


Figura 10. Rede de categorias Web of Science e suas relações para a produção científica brasileira. O tamanho dos nós da rede é proporcional à produção incluída em cada categoria. As arestas ligando os nós tem as espessuras proporcionais ao número de publicações correspondentes as 8 categorias de Física que também estão em outras categorias. (colaboração: Fábio Salomão Vinco e Silva)

Produção por instituições de pesquisa

A evolução da produção científica em Física nos últimos 40 anos pode ser mais bem entendida com o acompanhamento dessa produção pelas principais instituições. Nesse painel apresentamos as 20 maiores instituições de pesquisa em Física de acordo com o volume de produção de acordo com o Web of Science. Os gráficos são separados em grupos de 5 instituições para melhor visualização.

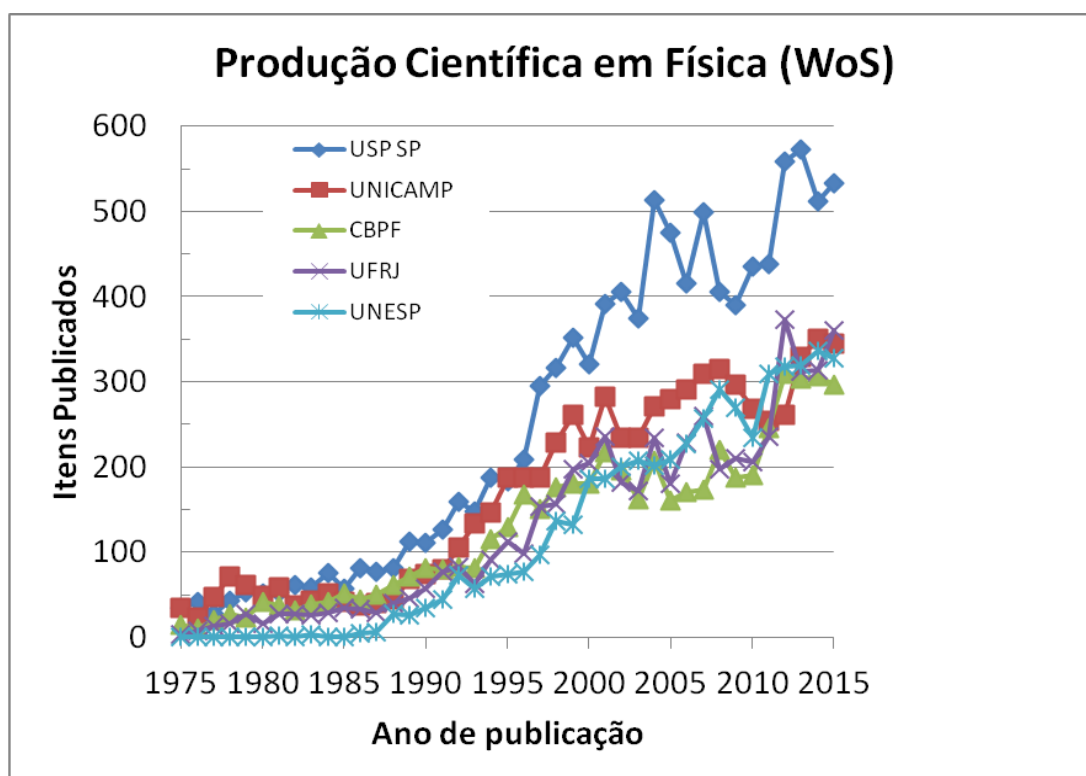


Figura 11. Produção científica na área de Física das 5 maiores instituições na área. Observe-se um padrão semelhante ao total geral apresentado na figura 3. No caso da UNESP, o crescimento a partir de 1986 deve-se à incorporação do IFT.

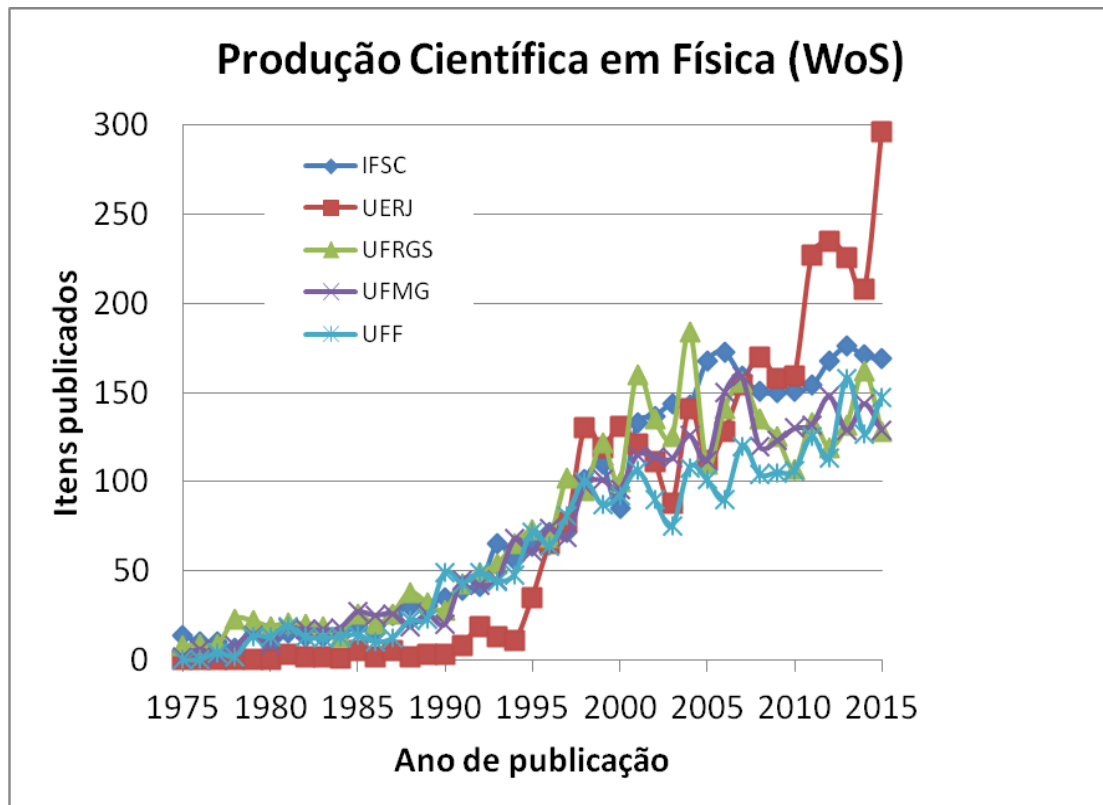


Figura 12. Quatro instituições seguem o mesmo padrão dos casos apresentados na Figura 11. A UERJ apresenta 2 saltos: o primeiro corresponde ao início do seu programa de Pós-Graduação em Física e o mais recente à participação intensa nas grandes colaborações em Física experimental de altas energias.

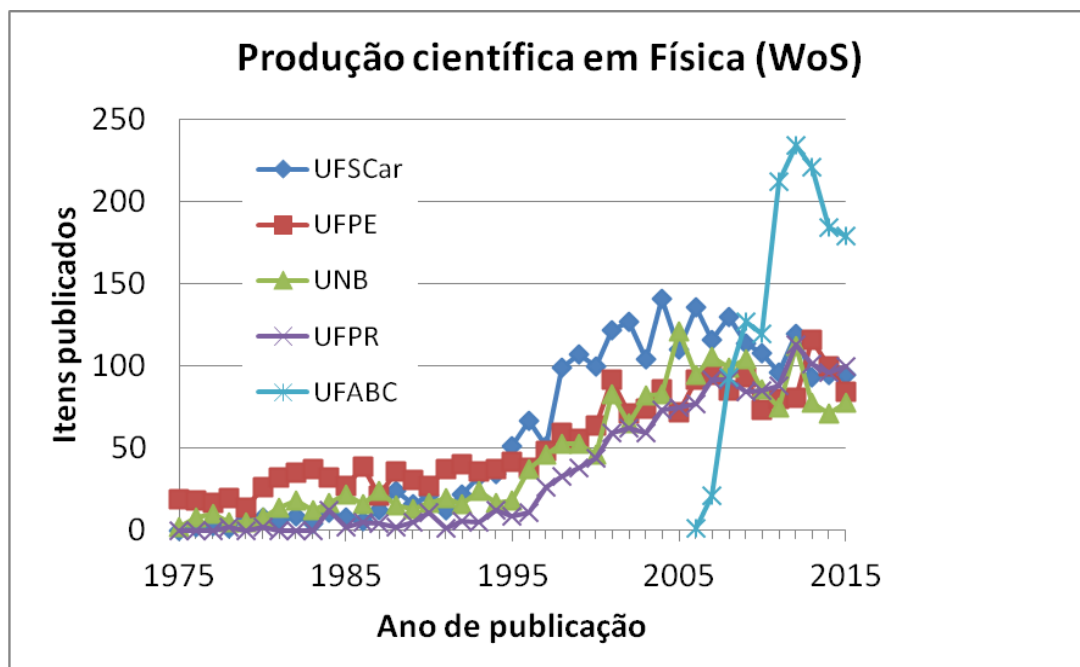


Figura 13. Observa-se em parte o padrão da maioria das instituições nas figuras anteriores, mas é notável a entrada em cena da UFABC em 2006 cujos indicadores, porém, são fortemente impactados pela participação em grandes colaborações em Física experimental de altas energias.

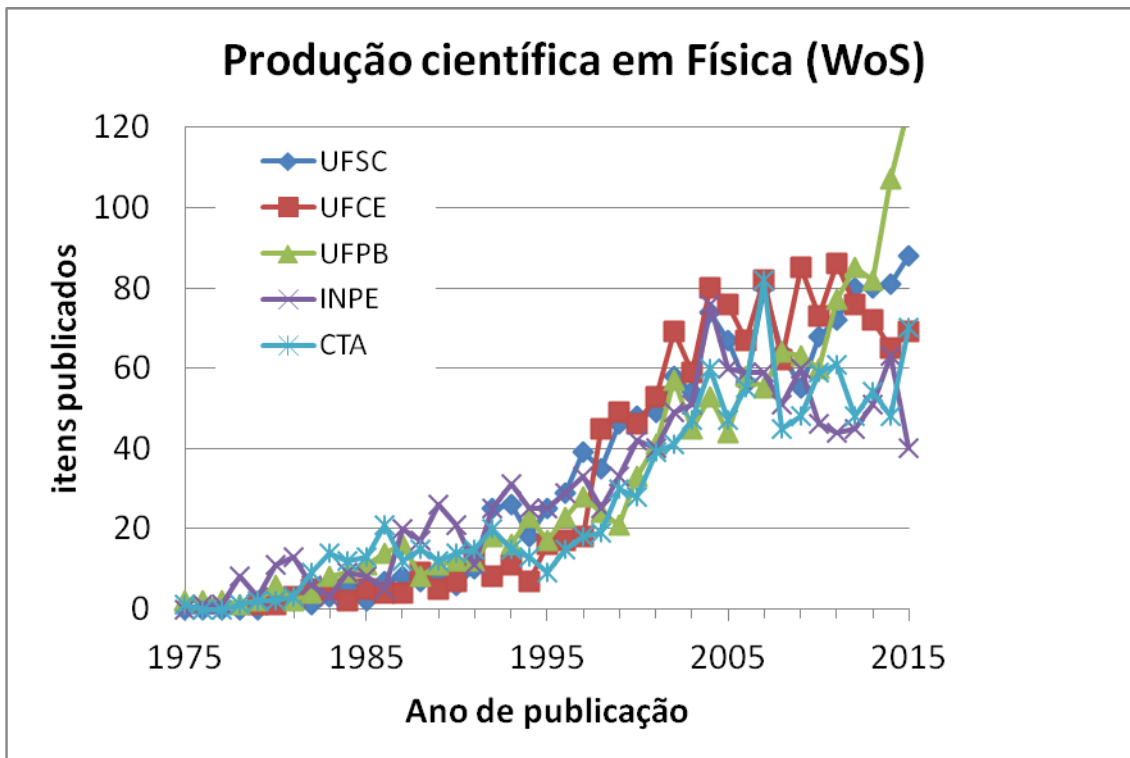


Figura 14. Repete-se o padrão geral com destaque para o recente crescimento na UFPB.

É importante observar que a maior parte das instituições apresenta padrões de produção científica semelhantes com um crescimento constante nos anos 1980 e mais acentuado nos anos 1990 e subsequentemente menos acentuado, às vezes apresentando até um declínio em alguns casos. Chamam a atenção evoluções recentes mais acentuadas devidas à criação de programas de pós-graduação ou em instituições novas e/ou identificadas com grandes colaborações em física de altas energias.

Físicos no Brasil em números

Um censo de físicos no Brasil é um objetivo que pode ser abordado apenas de maneira aproximada. Uma leitura atenta do relatório “A Física e o desenvolvimento nacional”, promovido em pela Sociedade Brasileira de Física e pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos publicado em 2012, revela que tal levantamento encontra-se no território das estimativas. Os números anunciados nesse relatório baseiam-se no cadastro da Sociedade Brasileira de Física, número de membros em sociedades e associações relacionadas à Física, informações da CAPES e do cadastro RAIS do Ministério do trabalho e Emprego. Esses dados são parcialmente apresentados em

tabelas e o relatório fala em um limite inferior de 6434 mestres e doutores em Física no Brasil e uma estimativa final de aproximadamente 10.000 para o número total da comunidade de Física no Brasil (incluindo estudantes de graduação).

No presente relatório apresentamos dados extraídos de outra fonte, a plataforma Lattes, confrontada com alguns dados do relatório de avaliação 2010-2012 da área Astronomia/Física da CAPES (relatório trienal 2013).

Número de Físicos no Brasil: Plataforma Lattes

Uma busca de currículos Lattes com dois diferentes filtros, realizada em março de 2016, revela números que estão no intervalo colocado no relatório SBF/CGES. Na tabela abaixo estão os resultados de dados extraídos em maio de 2016, apresentando os filtros usados.

Filtros	Número de resultados
Formação: doutorado Área: Física Atividade no Brasil (busca por nome)	11.495
Formação: doutorado, mestrado e graduação Área: Física Atividade no Brasil (busca por nome)	42.928
Doutores Área: Física Atividade no Brasil (busca por assunto: Física)	7.335

Tabela 2. Número de Físicos de acordo com os filtros de busca na plataforma Lattes

Apesar da diferença grande entre as duas buscas (por nome e por assunto), ambas as estimativas para doutores na área Física são compatíveis com as estimativas apresentadas no relatório SBF/CGES.

Painel Lattes

Pelos dados divulgados no Painel Lattes, temos uma estimativa mais conservadora dos números de doutores em Física no Brasil, como podemos ver na tabela 3, que apresenta também a distribuição geográfica e por tipo de atividade (Extração de dados em 31/01/2015).

Região	Pesquisa e Ensino	Administrativas, técnicas e outras	Total
Sudeste	1922	1169	3091
Nordeste	603	252	855
Sul	570	211	781
Centro Oeste	249	114	363
Norte	156	36	192
Total	3500	1782	5282

Tabela 3. Distribuição de doutores em Física de acordo com o Painel Lattes (2014)

Essa distribuição correlaciona-se, como veremos mais abaixo, com a distribuição de programas de pós-graduação por regiões.

Distribuição por tipo de instituição (setor econômico)

O Painel Lattes permite visualizar a distribuição de doutores por tipo de instituição, classificadas por setor econômico, através de seu ranking de instituições (dados extraídos em 31/01/2015). Nessa distribuição observa-se que a grande maioria dos doutores em Física está alocada em instituições de ensino superior públicas, seguidas pelo setor governamental público e instituições de ensino superior privadas.

No conjunto de instituições de ensino superior público, 35 universidades tem pelo menos 30 doutores em Física e concentram no total 2397 doutores (45% do total de 5.282 doutores anunciados pelo mesmo painel, tabela X). Entre as instituições de ensino superior privadas, 22 tem pelo menos 4 doutores em Física de um total de 115 com pelo menos 1 doutor. Esse conjunto corresponde a um total de 309 doutores, liderado pela PUC RJ com 29. O chamado setor governamental público apresenta 23 instituições com pelo menos 2 doutores. Esse grupo, totalizando 269 doutores em Física é liderado pelo CBPF com 89 doutores. O setor empresarial público apresenta apenas 8 instituições, que totalizam 14 doutores, sendo que 6 deles estão na EMBRAPA. No setor empresarial privado contabiliza-se apenas 35 doutores em Física, sendo que apenas 3 tem mais de 1 doutor. O setor privado sem fins lucrativos apresenta 26 instituições com no total 51 doutores em física, liderado pelo CNPEM com 23.

A figura 15 ilustra esses dados e, mesmo com o corte no conjunto de instituições de ensino superior público, cuja coluna seria muito mais alta, é possível ver a enorme concentração de doutores nesse setor.

É provável que a presença de doutores no setor empresarial privado esteja subestimada, dada a hipótese de que muitos currículos provavelmente estejam desatualizados, quanto ao endereço dos doutores caso a atividade não esteja mais vinculada à captação de recursos pelas agências de fomento usuais. Mesmo assim o número declarado é muito baixo, não permitindo estimativas animadoras para uma situação de adesão maior ao CV Lattes e à sua atualização.

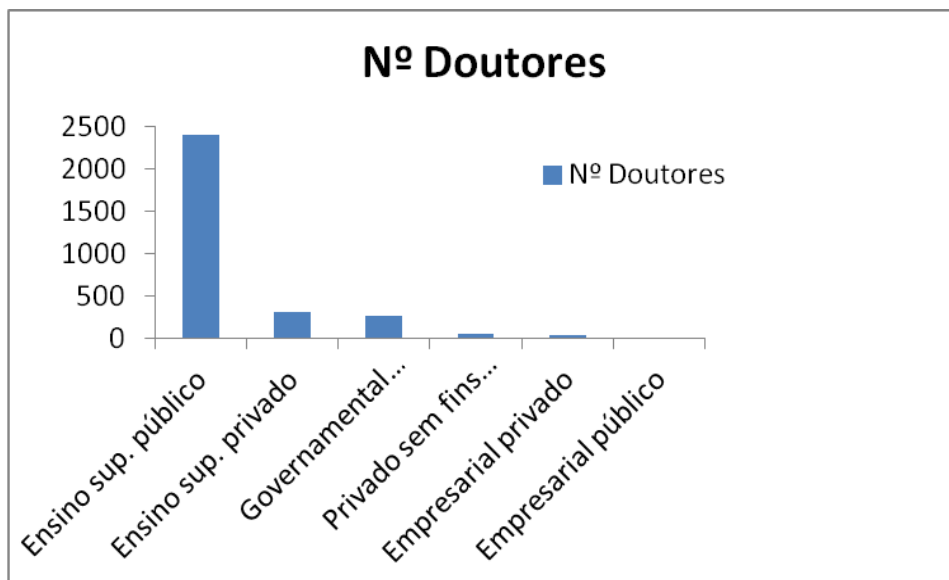


Figura 15. Distribuição de doutores em Física por setor econômico (2014 Painel Lattes).

Formação de doutores em Física

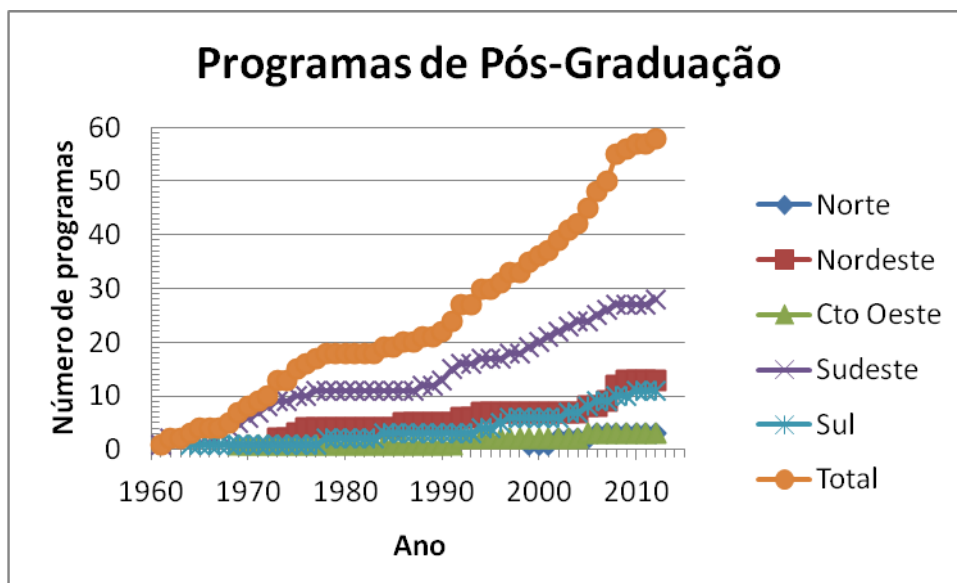


Figura 16. Evolução temporal do número de programas de pós-graduação em Física e sua distribuição regional (Relatório de Avaliação da CAPES, 2010-2012).

O primeiro programa de pós-graduação em Física no Brasil foi criado em 1961, mas um crescimento notável do número de programas começa apenas na década de 1970, época em que o primeiro Programa Nacional de Pós-Graduação é lançado. Metade desses programas encontram-se na região Sudeste e sua distribuição geográfica é acompanhada pela distribuição geográfica de doutores dada pelo Painel Lattes.

É importante observar aqui que a expansão do sistema de pós-graduação apresenta dois momentos: o primeiro iniciado na década de 1960 e que se estende até o início do primeiro programa nacional de pós-graduação no final da década de 1970 e um segundo, mais acentuado a partir de 1990.

A formação de doutores, segundo o Painel Lattes é apresentada na figura 17, mostrando um rápido crescimento, que evidencia um primeiro crescimento em meados da década de 1980 e uma aceleração na primeira década desse século. Esses números, no entanto, não devem ser tomados de forma absoluta, pois dependem de vários fatores, entre eles a adesão e declaração correta nos currículos Lattes.

Segundo o painel Lattes em 2014, foi formado um total de 15.696 doutores, mas 5.747 não informam a grande área e, portanto, o protocolo de extração desses dados não extraiu as áreas. Uma evidência de que esses números são subestimados é obtida do relatório de Avaliação trienal da CAPES para a área de Astronomia e Física de 2013, abrangendo o período

2010-2012. Segundo esse relatório, foram defendidas 847 teses de doutorado no triênio 2010-2012, uma média de 282 por ano, número bem acima dos apresentados na figura 17. Nos períodos 2007-2009 e 2004-2006 essas médias foram de 245 e 210, respectivamente. Assim observa-se que os dados extraídos para o Painel Lattes, embora apontem uma tendência de crescimento acentuada, são discrepantes com o escrutínio do relatório da CAPES, que aponta números absolutos bem maiores e uma evolução mais lenta.

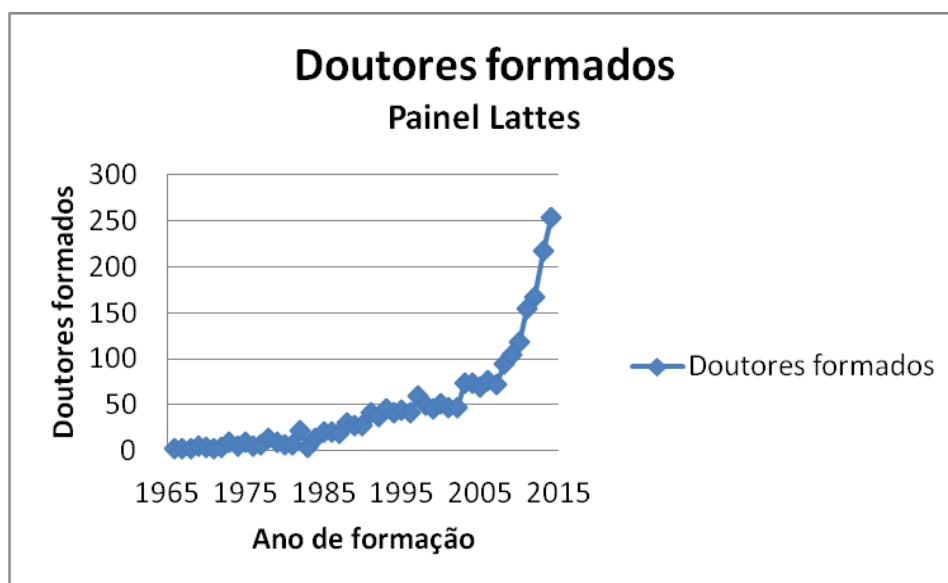


Figura 17. Formação de doutores em Física em função do ano de formação (Painel Lattes).

Gráficos anteriores evidenciam a forte associação entre produção científica e os programas de pós-graduação. No entanto, não existe uma correlação linear entre o número de programas de pós-graduação, espaços de produção científica e indicadores de resultados (artigos). A figura 18, sugere um descolamento entre esses indicadores. A resposta na produção científica foi bem mais lenta do que a implantação dos programas. Apenas em meados da década de 1990 o aumento na publicação (base APS Journals Archive usada aqui pela qualidade dos dados anteriores a 1970).

Um quadro atualizado da produtividade das 20 maiores instituições de ensino e pesquisa em Física pode ser apreciado na Figura 19 que apresenta o número médio de artigos publicados (base Web of Science) por ano, considerando os anos 2013-2015 para essa média em função dos números de doutores em cada instituição. O ponto extremo representa a USP somando o campus SP e o IFSC. Observa-se uma boa correlação, que sugere uma produtividade média de aproximadamente 2,5 artigos/doutor por ano.

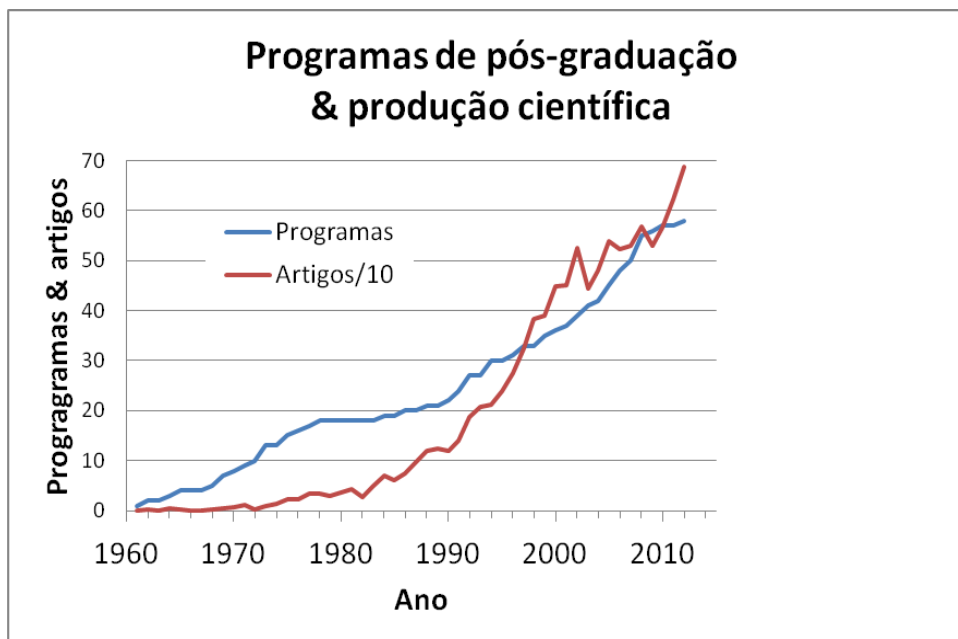


Figura 18. Comparação entre o número de programas de pós-graduação e de artigos científicos extraídos da plataforma APS Journals Archive.

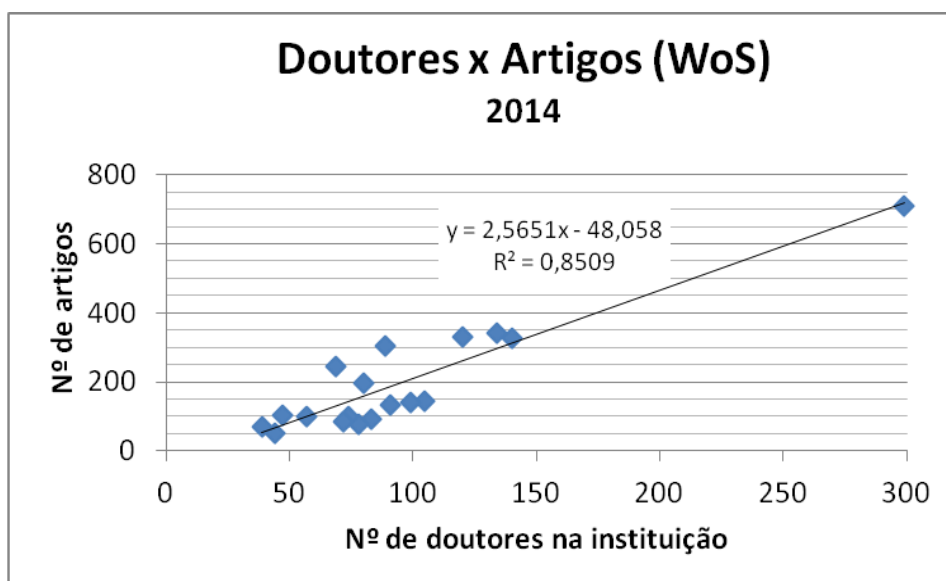


Figura 19. Relação entre número de artigos publicados por instituição de pesquisa em função do número de doutores na instituição em 2014.

Papel da SBF

A SBF foi criada em 1966, durante o primeiro período de expansão do sistema de pós-graduação em Física no Brasil, figura 16. Com exceção dos primeiros eventos focando o ensino de Física, os primeiros grandes eventos majoritariamente voltados às áreas de pesquisa, como Física da Matéria Condensada, Física Nuclear e de Partículas e Campos começaram a ocorrer no final da década de 1970. O papel desses eventos (hoje são realizados cerca de 10 encontros anuais voltados a diversas subáreas) pode ser parcialmente apreciado com os indicadores de participação e trabalhos apresentados. Infelizmente a memória desses dados é apenas parcial para termos uma visão mais geral e aqui focamos o maior desses encontros em número de participantes, o ENFMC. A figura 20 apresenta a evolução do número de inscritos e de trabalhos apresentados que puderam ser recuperados, notadamente na última década. Observa-se um leve decréscimo no número de inscritos e trabalhos apresentados ao longo dessa década, enquanto que o número de artigos publicados (base Scimago) segue tendência inversa. Obviamente, a realização e adesão a esses encontros estão sujeitas a uma série de fatores que escapam a esses indicadores, a começar pela logística de sua realização e considerando a participação crescente em encontros internacionais: encontros não podem crescer no mesmo ritmo que a produção científica. No entanto, o papel fundamental desses encontros na construção da comunidade científica pode ser apreciado pela comparação com o número de inscritos e trabalhos apresentados no ENFMC realizado em 1986.

Um segundo aspecto relevante é o papel da SBF no fomento de veículos de difusão do conhecimento gerado localmente. O exemplo mais longo é o da revista Brasileira de Física, lançada já em 1971, rebatizada como Brazilian Journal of Physics em 1992, indexada no Web of Science em 1997 e que passou a ser publicada em parceria com a Editora Springer em 2011, sendo classificada com B2 no Qualis da CAPES. A figura 21 apresenta dados de artigos publicados a partir de 1997, ano de sua indexação. Observa-se um aumento acentuado de artigos publicados a partir do final dos anos 1990, em particular durante a primeira década desse século. Esse aumento deve-se à política editorial de publicação através da revista dos anais de congressos, muitas vezes internacionais, promovidos pela comunidade científica brasileira. Isso

pode ser verificado na página web da revista, onde aparecem as edições extras dedicadas a esses anais. É importante notar que, embora a maioria dos artigos é de autores com endereços de instituições brasileiras, a contribuição de artigos com autores exclusivamente de instituições estrangeiras é significativa, em particular nos últimos anos. A origem dos artigos sem coautores brasileiros é distribuída entre diferentes países, sendo que os 10 primeiros estão na tabela 5.

Países	Número de artigos
EUA	170
India	70
Alemanha	66
Argentina	62
China	58
Colombia	57
Itália	56
França	47
Irã	39
México	36

Tabela 4. Países de origem das organizações de autores de artigos publicados no BJP sem a participação de coautores brasileiros e o respectivo número de artigos.

A figura 21 apresenta uma comparação com a publicação de artigos na Physical Review Letters, também enquadrada na categoria Physics Multidisciplinary do Web of Science e pertencente ao extrato A1 do Qualis. Considerando os últimos anos, o número de artigos brasileiros publicados na Physical Review Letters é bem maior do que de artigos brasileiros na BJP. É possível identificar uma tendência de aumento no número de artigos brasileiros publicados na PRL, mas tal tendência é menos evidente para a BJP devido às mudanças da política editorial.

Assim, qual o papel do Brazilian Journal of Physics? Esse papel é percebido pela lista dos endereços mais frequentes dos autores dos artigos na revista. Enquanto que para a Physical Review Letters, a lista de endereços é liderada por instituições de

outros países, essa lista para o Brazilian Journal of Physics é liderada por organizações brasileiras. Entre as 100 principais organizações identificadas como endereços de coautores de artigos de brasileiros publicados na PRL, apenas 6 são brasileiras. Isso mostra a grande internacionalização desses artigos, porém a presença de tantas organizações estrangeiras se deve ao grande número de trabalhos publicados relativos às grandes colaborações em Física de Altas Energias, que introduzem um viés importante nos dados.

A lista das 100 principais organizações identificadas como endereços de autores e coautores de artigos de brasileiros publicados na BJP, apenas 28 são organizações de outros países.

O BJP é importante para dar visibilidade à produção científica de instituições de pesquisa menores e afastadas dos grandes centros.

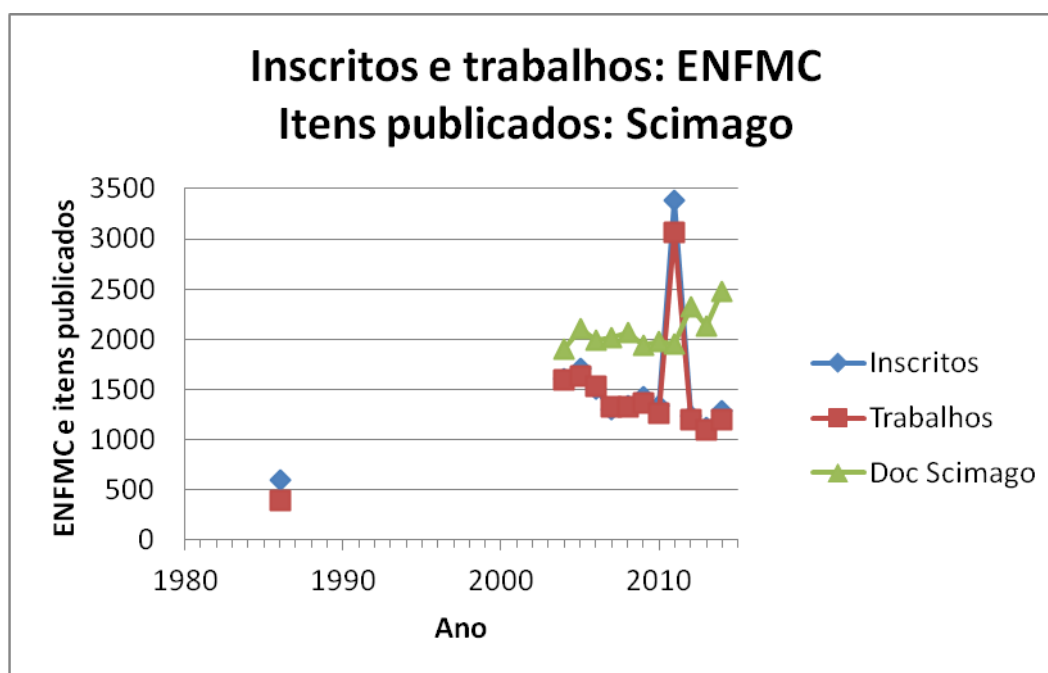


Figura 20. Número de inscritos e de trabalhos apresentados nas edições do ENFMC. Comparação com o número de artigos publicados na categoria Física da matéria Condensada (base Scimago). O pico em 2011 corresponde ao Encontro nacional de Física, que congregou em um evento todos os encontros promovidos pela SBF.

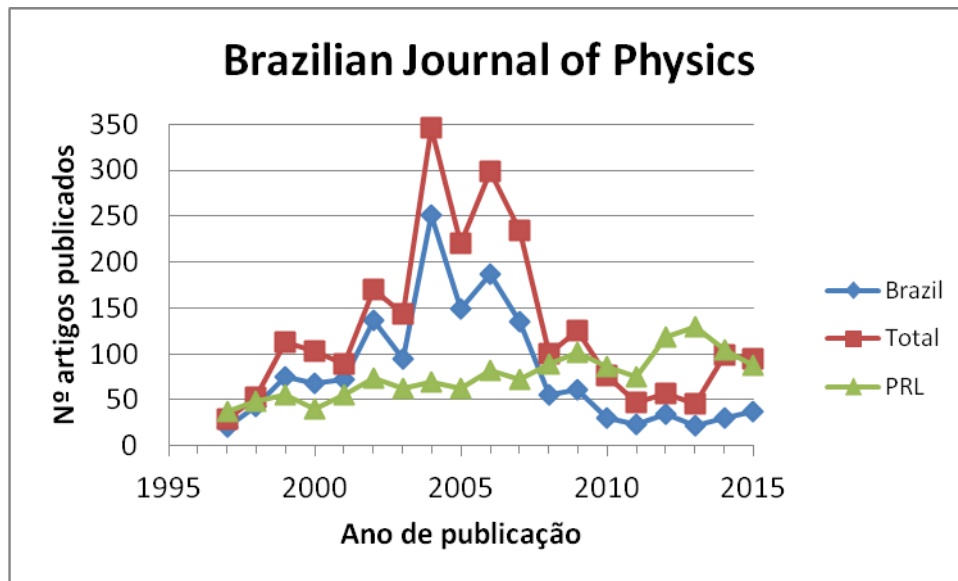


Figura 21. Evolução do número de trabalhos publicados pelo Brazilian Journal of Physics comparado com o número de artigos brasileiros publicados na Physical Review Letters.

A Física no Brasil e a inovação

A importância da Física na indústria, embora tema de um bom número de ensaios e artigos recentes e de vários encontros realizados nos últimos anos em diferentes regiões do Brasil, não é evidenciada pelos indicadores disponíveis. A presença de doutores em Física em empresas é ainda incipiente, em que pese o problema de extração de dados da Plataforma Lattes e o possível problema na atualização dos diferentes currículos dessa base de dados. Além disso, não existe ainda uma base de dados sistemática para um indicador importante para a participação da Física na geração de inovação. O indicador considerado aqui é o de patentes depositadas por físicos ou por instituições de ensino e pesquisa voltadas para a Física. As ferramentas de busca de bases de dados voltadas a patentes, como o INPI ou a Derwent da Thomson Reuters não são apropriadas para extrair dados de organizações onde as patentes foram geradas ou a áreas do conhecimento que possam ser associadas às categorias relacionadas à Física, como nas bases de dados bibliométricos utilizadas ao longo desse relatório.

O que apresentamos aqui é um levantamento ainda fragmentado a partir das páginas das diferentes instituições de ensino e pesquisa.

Uma observação importante a ser feita é que, se por um lado observamos a hegemonia da presença de doutores em Física nas instituições de ensino e pesquisa públicas, os critérios de avaliação das mesmas induz a realimentação quase que exclusiva desse panorama. A disseminação da Física em um sistema de desenvolvimento e inovação ligado á indústria deve pressupor o fortalecimento das condições para esse fim dentro das organizações que formam seus doutores.

O que se observa da coordenadoria de área Física/Astronomia da CAPES é uma posição ambígua no que se refere ao binômio Física-Inovação. Por um lado, no documento de área de 2013, o problema é colocado como um desafio:

Diversos indicadores mostram que a área tem um bom perfil de qualidade acadêmica. No entanto, alguns aspectos devem ainda ser considerados para maior excelência. Um é o relativamente baixo número de pesquisadores experimentais. Outro é o perfil excessivamente acadêmico dos pós-graduandos, em contraponto a uma formação com perfil inovador e que possa atuar junto a empresas ou até mesmo abrir suas próprias empresas (startups). Um procedimento recentemente adotado em alguns países da Europa é que a tese apresente um capítulo prospectivo de quais nichos tecnológicos os resultados mostrados na tese poderiam potencialmente ser aplicados. É uma medida simples e de fácil implementação que permite aos agentes promotores de inovação e as empresas o acesso ao conhecimento e idéias com potencial de aplicações. Espera-se que esse exercício simples desenvolva uma cultura que valorize a propriedade intelectual e que leve a um conhecimento maior da literatura tecnológica (patentes) que são um aspectos de grande deficiência nas teses e dissertações da área. Ao mesmo tempo essa iniciativa pode criar a cultura de proteção do conhecimento com potencial tecnológico (ou seja, patentes).

(CAPES, 2013a, grifo nosso)

Por outro lado, no relatório de avaliação trienal de 2013, não aparece nenhum quadro, tabela ou gráfico avaliando a produção de patentes. Quando se examinam os critérios de avaliação, no item produção intelectual, o peso de publicações qualificadas é de 50%, a distribuição dessa produção entre os docentes de um programa de pós-graduação tem o peso de 40% e a produção técnica, incluindo patentes tem um peso

de apenas 10%. Apenas nos critérios para mestrados profissionais (minoritários) o peso das patentes sobe para 35% no item produção intelectual.

Assim, apesar dos programas de fomento para inovação e relações academia-indústria com os da FAPESP, para citar um exemplo importante, a inovação, presente no discurso, ainda não conta com um arcabouço institucional adequado para que se dissemine de fato. Nesse relatório é apresentada uma compilação (bastante parcial e limitada) de esforços e resultados de patenteamento dos institutos e departamentos de Física encontrados a partir de palavras chave pelo Google, tabela 5. Nessa tabela não é feita distinção entre patente depositada, concedida, nacional ou internacional. Não sendo possível chegar a uma estimativa de número de patentes, o resultado relevante é a percepção das maneiras não sistematizadas como este indicador é disponibilizado.

Instituição	Fonte de informação	Nº de patentes encontradas
USP Inst. de Física SP IFSC	Relatório da agência de inovação http://inovacao.usp.br/propriedade-intelectual/dados-usp/	Total: 130 (aproximadamente) (93 do IFSC)
Instituto de Física UNICAMP	Página web do Instituto, no menu da aba de extensão http://portal.ifi.unicamp.br/patentes	Total: 51 (desatualizada)
UFMG Depto. de Física	http://www.somos.ufmg.br/setores_academicos/view/56	43
UFRJ Instituto de Física	Consulta por unidade de ensino e pesquisa: http://patentes.ufrj.br/	2
UFABC	Vitrine de patentes http://inovacao.ufabc.edu.br/vitrine-tecnologica	2
UFOP Depto. de Física	Divulgação pelo NITE (Núcleo de Inovação): http://www.ufop.br/noticias/pesquisa-e-inovacao/nite-divulga-sua-centesima-patente	11
UFLA (Depto. de Física)	Página do departamento: http://www.dfi.ufla.br/pesquisa/patentes/	1
UFPR (Depto. de Física)	Boletim informativo: http://fisica.ufpr.br/IDF/Informativo_Fisica_48.pdf Informa NITPar	2

Tabela 5. Coleta de informações sobre patentes em departamentos e institutos de Física

As informações sobre patentes da tabela 5 foram obtidas de diferentes tipos de fontes, revelando diferentes atitudes das instituições frente a esse indicador. As próprias agências de inovação em geral não disponibilizam de forma sistemática uma estratificação de patentes de uma dada universidade por unidades de ensino e pesquisa ou centros de pesquisa. Foi encontrado apenas um relatório da agência da

USP que apresenta de forma direta essa informação. A UFRJ, por outro lado, apresenta uma plataforma para buscas de patentes por departamento. Alguns dados podem ser extraídos de algumas propostas de vitrines de inovação, mesmo assim através de checagem item por item. Os núcleos de informação tecnológica tampouco apresentam ferramentas de acesso a isso. As páginas dos institutos e departamentos de Física conferem às patentes status variados. O Instituto de Física da UNICAMP, por exemplo, apresenta uma lista de patentes desatualizada na aba de extensão, enquanto que uma unidade bem menor, o departamento de Física da Universidade de Lavras dá acesso às patentes por meio da aba referente à pesquisa. Das universidades que utilizam a plataforma “Somos”, apenas a UFMG evidencia patentes no painel de indicadores. Informações relativas a outras universidades são obtidas apenas através de notícias divulgadas esporadicamente.

De um modo geral, portanto, faltam informações sistematizadas de indicadores de patentes por área do conhecimento ou por centros de pesquisa voltados à Física. Os diferentes relatórios sobre inovação parecem ainda estar focados no desempenho do conjunto de patentes do Brasil (ou de um estado brasileiro) frente a outros países, como é o caso do mais recente “Indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação em São Paulo 2010” da FAPESP. Um diagnóstico mais detalhado e uma ferramenta de disponibilização sistemática de indicadores de patentes são absolutamente necessários. Mesmo os estudos acadêmicos sobre o tema ainda são incipientes e majoritariamente voltados a estudos de caso.

Considerações finais

De um modo geral, os números sobre a Física no Brasil mostram uma evolução enorme nos indicadores de produção científica (figura 3), formação de recursos humanos (figura 17) e estabelecimento de centros de pesquisa. O grau de internacionalização na área é bem superior que a média brasileira considerando todas as áreas do conhecimento (figura 7) e o padrão do impacto em função das diferentes subáreas ou categorias é similar à produção científica dos Estados Unidos embora os valores para esses impactos (média de citações) ainda sejam bastante modestos (figura 9).

Ocorreu também um crescimento consistente e uma distribuição regional de programas de pós-graduação (figura 16) e pode ser verificada a forte correlação entre pesquisa e pós-graduação no Brasil. Durante muito tempo a correlação entre o aumento do número de programas de pós-graduação e o aumento da produção científica não era evidente, mas estabeleceu-se no decorrer desse século (figuras 18 e 19). Esse padrão de desenvolvimento das atividades de pesquisa e desenvolvimento apresenta, por outro lado, uma inserção muito pequena de doutores em Física no setor industrial (figura 15).

Quanto à produção científica, medida por indicadores de publicação de artigos e seu impacto (citações), é importante que seja colocada em perspectiva e não isoladamente. O padrão de crescimento mais acentuado da produção científica a partir dos anos 1990 do que nas décadas anteriores é similar ao de outros países cientificamente emergentes no período, mas o grau de crescimento do Brasil é consideravelmente menor do que o da Coreia do Sul, com o qual o Brasil é frequentemente comparado e cujo impacto (média de citações) é equivalente ao do Brasil. Nas figuras 22 e 23 são apresentados os dados extraídos do Web of Science e da plataforma Scimago, respectivamente. É notável como o crescimento da produção científica em Física da Coreia do Sul é muito maior que o do Brasil, nos anos 1990 e início desse século. Observa-se também os dois países mostram uma saturação nesse crescimento ou mesmo uma estagnação, dependendo da base de dados.

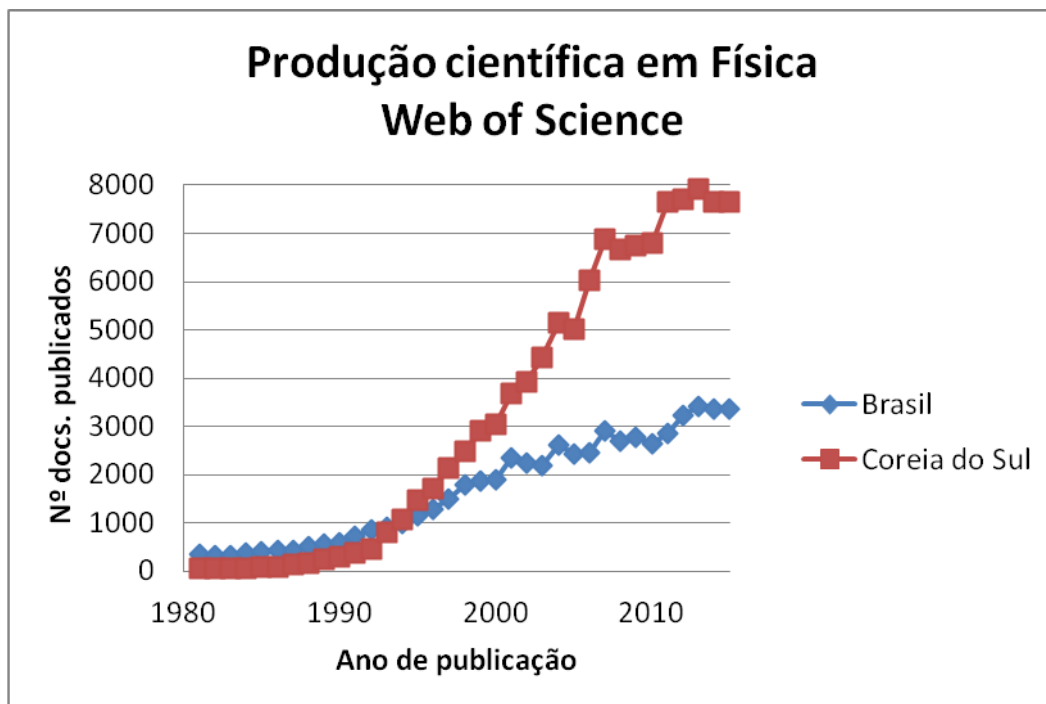


Figura 22. Números de documentos publicados na área de Física indexados na Web of Science: Brasil versus Coreia do Sul.

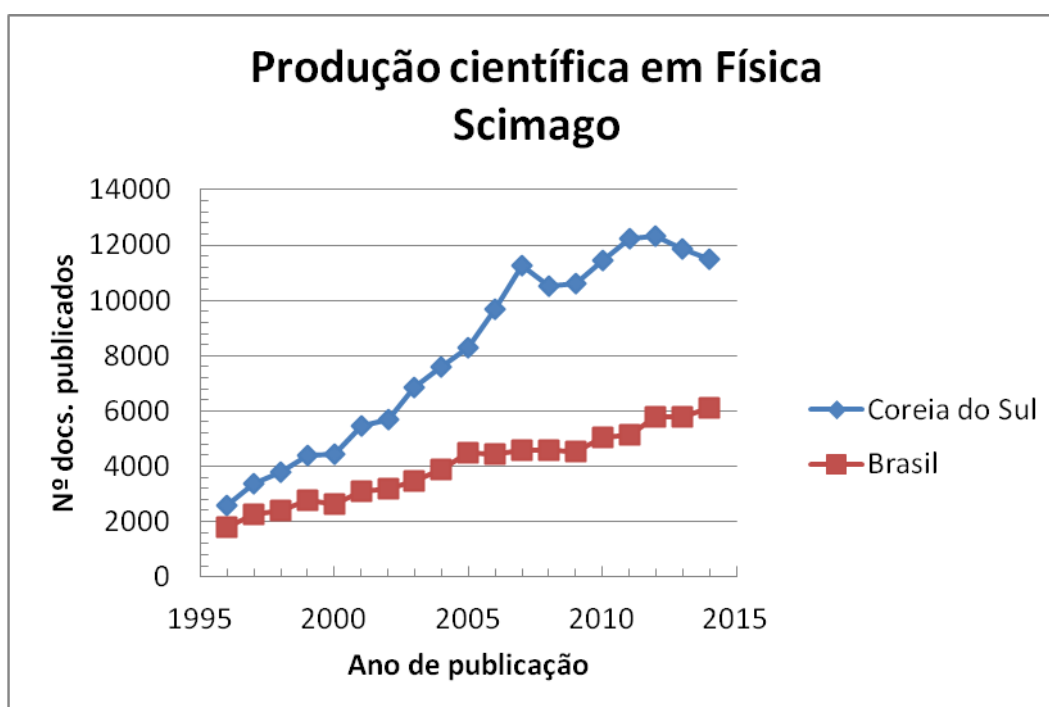


Figura 23. Números de documentos publicados na área de Física indexados na Scopus (Scimago): Brasil versus Coreia do Sul.

Ao analisar a evolução do número de artigos publicados para diferentes instituições, figuras 11-14, chama a atenção um crescimento muito acentuado de algumas instituições nos últimos anos. Esse crescimento não é devido a alguma política

científica a ser compartilhada pelas outras instituições ou mesmo pelo crescimento expressivo em recursos humanos e sim por um fenômeno ao qual deve-se estar atento quanto à vieses na avaliação das instituições e que inflam os indicadores de um modo geral: a participação em grandes colaborações internacionais em Física de altas energias. O peso desse tipo de produção científica bem particular em comparação com todas as outras categorias ou subáreas pode ser preocupantemente acentuado para o Brasil: tomando a base de dados Web of Science, descontados os artigos dessas colaborações, cujos artigos contam com até milhares de autores distribuídos em dezenas de endereços, a produção científica em Física do Brasil não estagnou e sim diminuiu nos últimos anos.

A dimensão do impacto dessas colaborações pode ser apreciado na tabela 6.

País (2010-2014)	Artigos (total)	Citações para o total de artigos	Artigos (grandes colaborações)	Citações (grandes colaborações)
Brasil	15.234	112.732	1.269 (8,3 %)	41.497 (36,8 %)
Coreia do Sul	36.775	279.490	1.020 (2,8 %)	24.888 (8,9 %)

Tabela 6. Dados sobre a produção científica total em Física e associado às grandes colaborações em Física de altas energias para o Brasil e Coreia do Sul no período 2010-2014, os dados sobre as citações foram extraídos em janeiro de 2016. (Web of Science).

Esses dados mostram o quanto um conjunto específico de publicações pode inflacionar os indicadores sobre a Física no Brasil hoje. O impacto da produção brasileira recente, tomando a média das citações por artigo, de acordo com os dados da tabela 6, seria de 7,4. A exclusão do conjunto de artigos relativos às grandes colaborações em Física de altas energias diminui esse impacto para 5,1.

Um aspecto mencionado em diferentes ocasiões nesse relatório refere-se à consistência nos indicadores de produção científica. Uma questão adicional merece a atenção, quando se busca dentro de uma organização (uma universidade, por exemplo) extrair dados que discriminem as suborganizações, isto é, diferentes departamentos. É muito provável que exista produção em Física em outros departamentos ou institutos ou produção em outras áreas em um departamento de Física. Além disso, persistem em bases de dados bibliométricos imprecisões de endereçamento no nível de suborganizações, ou seja, departamentos, faculdades e institutos de uma universidade. Como estudo de caso, apresentamos na Figura 24 uma

tentativa de análise da UNICAMP. As curvas apresentadas não são suficientes para extrair com precisão a produção na área de Física não associada ao Instituto de Física Gleb Wataghin.

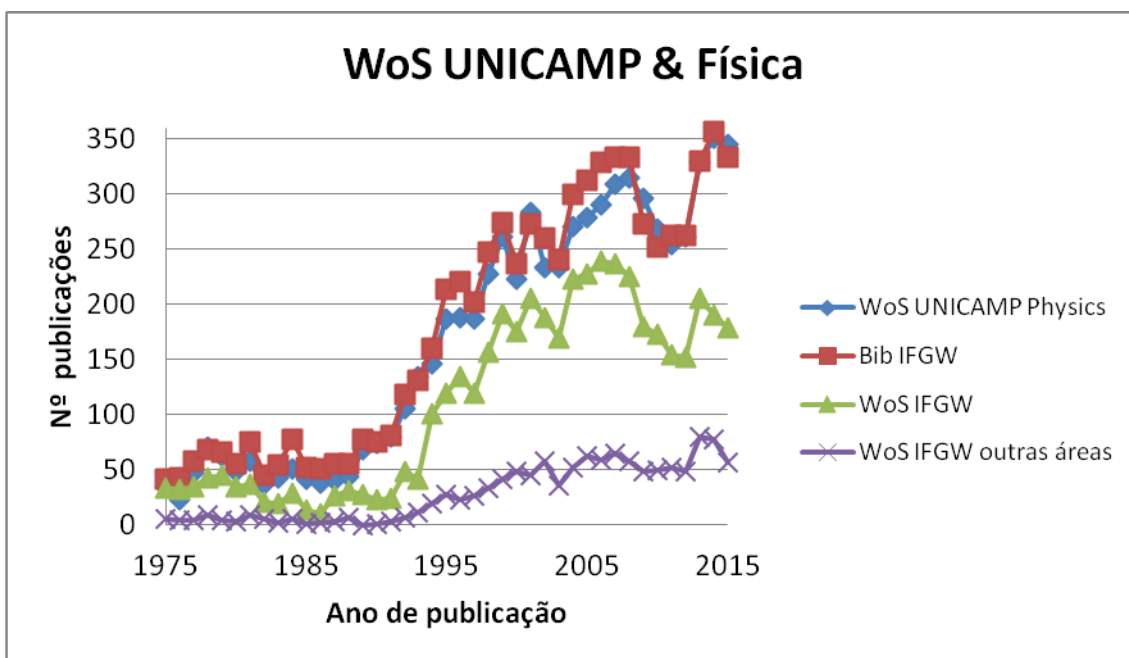


Figura 24. Dados de publicação extraídos da base Web of Science para a área de Física da UNICAMP comparada com os dados de publicação disponibilizados pela biblioteca do Instituto de Física Gleb Wataghin. Pela busca avançada de endereço por Gleb Wataghin obtém-se uma curva de produção total com esse endereço e da produção em outras áreas do conhecimento pela classificação do Web of Science.

O levantamento de indicadores para compor um panorama da Física no Brasil hoje em números revela vários aspectos aos quais a comunidade deve estar atenta e que permitem enunciar alguns desafios.

- Os dados dependem da base de dados considerada (Web of Science ou Scimago) e que a qualidade dos dados e sua extração devem ser sempre tomadas com cautela (Painel Lattes). Para uma comunidade científica, como a dos físicos, tão aderente ao uso de indicadores bibliométricos, essa consideração sugere a necessidade de uma discussão mais profunda sobre o uso adequado desses mesmos indicadores. Em seu conjunto, tendências gerais podem ser evidenciadas, mas deve-se tomar cuidado com números absolutos em avaliações, por exemplo.
- Um esforço sistemático precisa ser realizado para mapear melhor a distribuição de doutores por tipo de instituição, pois os dados disponíveis sugerem cenários que são importantes para pensar em políticas científicas, mas a qualidade dos dados precisa ser melhorada. A proposta de observatório de indicadores para abordar o problema

seria oportuna, tendo o Statistical Research Center da AIP como modelo inspirador (<https://www.aip.org/statistics>)

- O aumento da participação da Física brasileira em inovação precisa de várias ações para ir além do âmbito do discurso. A inserção de físicos na indústria em atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação só será possível se doutores também forem formados na perspectiva colocada no último documento de área da CAPES, isto é, preparados para a inovação de fato. Um passo para promover essa formação é discutir a revisão dos critérios de avaliação dos programas de pós-graduação. Além disso, uma base de dados sistematizada de patentes precisa ser criada. Um primeiro passo seria encomendar ao INPI um estudo setorial para mapear tendências, competências e oportunidades. Deve-se recomendar uma política uniforme e transparente de divulgação de dados referentes a esse tipo de produção intelectual (patentes) para os departamentos e institutos de Física, bem como organizações governamentais. O portal de patentes da UFRJ seria um bom modelo. Nota-se que as próprias agências de inovação não proporcionam ainda de forma adequada tais informações.
- Os números tomados com todas as ressalvas discutidas sugerem que a Física no Brasil é uma atividade expressiva desenvolvida por uma comunidade consolidada, mas ancorada de forma muito assimétrica no sistema de instituições de ensino superior público. Devem ser discutidos os limites desse modelo, indubitavelmente bem sucedido historicamente, mas que mostra sinais claros de saturação. As figuras 22 e 23 também sugerem uma saturação na Coreia do Sul, mas é bom lembrar que as situações são bem diferentes. Na Coreia cerca de 60% dos pesquisadores encontram-se nas indústrias e apenas 30% nas universidades.
- Apesar da expressão alcançada pela Física brasileira, seus indicadores vêm sendo fortemente impactados por um recorte específico da produção intelectual na área, que, fazendo uma analogia, parecem ter o papel das ações da Petrobrás ou da Vale no IBOVESPA.