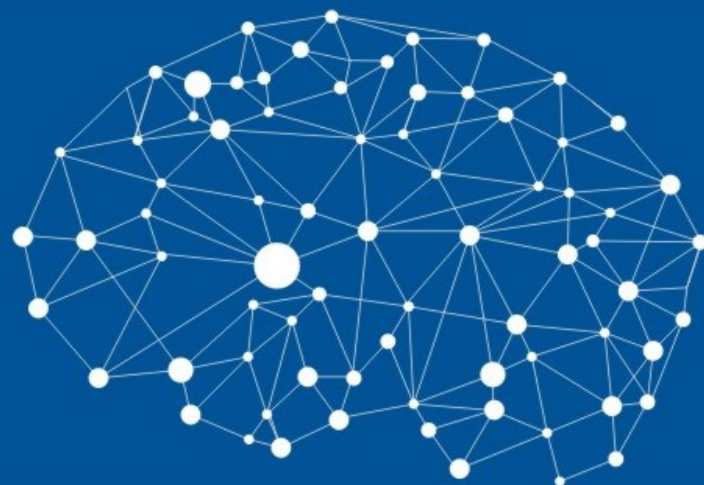




INDICADORES CIENTOMÉTRICOS DA PESQUISA BRASILEIRA EM FÍSICA DE ALTAS ENERGIAS (1983-2013)

Gonzalo Rubén Alvarez¹; Samile Andréa de Souza Vanz²

ALVAREZ, G. R. N.; VANZ, S. A. A. S.. INDICADORES CIENTOMÉTRICOS DA PESQUISA BRASILEIRA EM FÍSICA DE ALTAS ENERGIAS (1983-2013) In: ENCONTRO BRASILEIRO DE BIBLIOMETRIA E CIENTOMETRIA, 5., 2016, São Paulo. **Anais...** São Paulo: USP, 2016. p. A30

¹Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).; ²Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

INDICADORES CIENTOMÉTRICOS DA PESQUISA BRASILEIRA EM FÍSICA DE ALTAS ENERGIAS (1983-2013)

Eixo temático: Produção e Produtividade Científica

Modalidade: Apresentação oral

1 INTRODUÇÃO

A *Big Science* Física de Altas Energias (FAE) é considerada uma das disciplinas científicas mais internacionalizada e colaborativa (MELE et al., 2006). Desde a década de 1950, grandes experimentos com aceleradores de partículas envolvem a participação de cientistas de vários países. O reduzido número de laboratórios, o custo operacional das pesquisas e a interdisciplinaridade são fatores que intensificam a construção de vínculos entre as nações. A supremacia de publicações de autoria múltipla na FAE é decorrência da sua forte cultura de comunicação e intercâmbio científico.

Todo esse esforço coletivo resulta em informação sobre a interação das partículas e formação do universo e em uma série de conhecimentos que são transferidos para áreas como a Medicina (desenvolvimento de tomógrafos e terapia de radiação para diagnóstico e tratamento do câncer), a Tecnologia da Informação & Comunicação (criação da *World Wide Web*), a Engenharia (melhoramento da qualidade do isolamento térmico em equipamentos elétricos), o Meio Ambiente (produção de energia renovável) (SANTORO; NOVAES, 2003).

No caso do Brasil, em 2008 o país começou a gestão no maior laboratório de investigação em física de partículas do mundo - *European Organization for Nuclear Research* (CERN) - para se tornar, sob uma nova modalidade de participação, um Membro Associado. Apesar de não possuir um vínculo formal com a instituição localizada na Suíça, a colaboração da FAE brasileira é antiga e intensa. Em número de pesquisadores, alunos e engenheiros, o Brasil é o segundo país não-membro com maior participação, atrás apenas do Canadá. Ao mesmo tempo, pesquisadores brasileiros do campo participam dos grandes projetos internacionais envolvendo colaborações em Laboratórios Nacionais como o Fermi National

Accelerator Laboratory (Fermilab) e Brookhaven National Laboratory (BNL) nos Estados Unidos e Pierre Auger na Argentina (COORDENAÇÃO..., 2013).

O primeiro programa de pós-graduação com linha de pesquisa FAE foi oferecido pelo Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF) em 1962 (SISTEMA..., 2015). A última avaliação dos programas de pós-graduação realizada pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) revelou o rápido desenvolvimento do ensino na área. Dentre os 32 programas de pós-graduação FAE conceituados na Avaliação Trienal, 11 foram considerados com perfil internacional e de excelência por terem obtido as melhores notas (COORDENAÇÃO..., 2013). Em 2008, o Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT) instituiu a Rede Nacional de Física de Altas Energias (RENAFAE), tendo como objetivos principais a promoção das investigações das partículas e suas interações, a coordenação das atividades relacionadas às grandes colaborações internacionais e a elaboração de um projeto para o desenvolvimento de instrumentação e *software* (CENTRO..., 2011).

Apesar de ser foco de análise dos estudos internacionais, no Brasil existem investigações que apresentam indiretamente um panorama da FAE, como a de Vanz (2009), que constatou a formação de grandes grupos (*teamworks*) no campo como decorrência do alto custo da pesquisa e complexidade dos experimentos; e a de Duarte (2008) que afirmou que o desenvolvimento científico e tecnológico da FAE deve ter como base a colaboração internacional e a participação brasileira no CERN. Com auxílio de indicadores cientométricos, esta pesquisa apresenta uma análise das características da produção científica, colaboração e impacto da FAE brasileira a partir dos artigos publicados em revistas indexadas pela *Web of Science* (WoS) no período de 1983-2013.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A coleta dos dados e *download* dos 6.350 artigos da produção científica da FAE brasileira para o período de 1983-2013 foi realizada em dezembro de 2014 no *Science Citation Index* (SCI) da base multidisciplinar WoS, empregando os seguintes rótulos de campo na estratégia de busca: CU=(Brazil OR Brasil) AND WC=(Physics, Particles & Fields).

Na padronização dos nomes dos autores, instituições e países foram utilizadas a Lista de Autoridades do Grupo de Pesquisa Comunicação Científica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e a Plataforma Lattes do CNPq. Para análise de impacto, os dados dos 41.152 documentos citantes foram importados a partir da opção *Create Citation Report*. As variáveis analisadas foram *Year Published* (PY), *Author Address* (C1) e *Total Times Cited Count* (Z9). Na caracterização da FAE brasileira foram utilizados indicadores cientométricos gerais e específicos. **Indicadores de Produção:** Publicação Total (PT), Taxa de Crescimento (TC). **Indicadores de Colaboração:** Colaboração Internacional (COI), Colaboração Nacional (CON), Sem Colaboração (SemC). **Indicadores de Impacto:** Publicação Citada (PC), Citação Total (CT), Média Citação Por Publicação (MCP). Os *softwares* utilizados no tratamento dos dados foram Bibexcel (análises descritivas) e Microsoft Excel 2007.

3 RESULTADOS

A produção científica da FAE brasileira indexada na WoS no período de 1983-2013 é constituída por 6.350 artigos, representando 3% do total da pesquisa mundial na área. Em termos de participação, o Brasil ocupa o 14º lugar no *ranking* de países mais produtivos. Estados Unidos (29,78%) lidera a lista de nações. Por outro lado, a média anual de crescimento das publicações brasileiras (14,27%) é amplamente superior à do mundo (3,78%). Observa-se que a FAE nacional apresentou um crescimento mais irregular, destacando que houve uma aceleração da produção entre 2009 e 2013, período posterior à criação da RENAFAE (Tabela 1). A ampliação do número de periódicos nacionais indexados na WoS no período de 2007-2008 e o decorrente incremento verificado na produção científica do Brasil (LETA, 2012) não afetou à FAE já que foi observada uma taxa de crescimento negativa em 2008 (-18,91%). A FAE nacional demonstrou uma recuperação e um crescimento ininterrupto do número de publicações nos anos subsequentes. A criação de novos grupos de pesquisa CNPq, a consolidação e ampliação dos programas de pós-graduação, o acréscimo de recursos financeiros e o papel articulador fundamental da RENAFAE para as colaborações brasileiras nos experimentos internacionais podem ter sido fatores determinantes para o incremento do volume de trabalhos nesses anos e, conseqüentemente, para o desenvolvimento da área.

Tabela 1 - Evolução anual da atividade científica da FAE brasileira (1983-2013)

Ano	Produção		% Colaboração Institucional			Impacto		
	PT	TC	COI	CON	SemC	PC	CT	MCP
1983	25	..	22,22	0,00	77,78	23	598	23,92
1984	32	28,00	13,33	20,00	66,67	27	382	11,93
1985	30	-6,25	18,75	18,75	62,50	29	279	9,30
1986	47	56,66	37,50	12,50	50,00	43	466	9,91
1987	39	-17,02	27,27	9,10	63,63	35	336	8,61
1988	44	12,82	47,37	5,26	47,37	42	858	19,50
1989	93	111,36	26,53	10,20	63,27	81	679	7,30
1990	54	-41,93	37,93	24,14	37,93	44	791	14,64
1991	73	35,18	37,78	2,22	60,00	60	863	11,82
1992	112	53,42	53,73	2,99	43,28	98	2.194	19,58
1993	97	-13,39	31,67	6,67	61,67	88	1.744	17,97
1994	123	26,80	45,35	10,47	44,19	102	1.499	12,18
1995	135	9,75	52,43	8,74	38,83	117	2.054	15,21
1996	153	13,33	48,54	9,71	41,75	141	2.891	18,89
1997	190	24,18	43,38	6,62	50,00	175	2.511	13,21
1998	221	16,31	54,75	13,12	32,13	198	3.072	13,90
1999	251	13,57	45,02	17,53	37,45	221	3.077	12,25
2000	231	-7,96	47,19	21,21	31,60	209	4.017	17,38
2001	244	5,62	46,72	17,21	36,07	221	3.587	14,70
2002	308	26,22	44,16	19,48	36,36	273	4.220	13,70
2003	265	-13,96	45,28	24,53	30,19	239	4.496	16,96
2004	300	13,20	38,33	25,67	36,00	255	4.978	16,59
2005	260	-13,33	45,00	24,62	30,38	224	3.542	13,62
2006	274	5,38	44,89	22,99	32,12	243	4.222	15,40
2007	349	27,37	37,82	26,65	35,53	295	3.983	11,41
2008	283	-18,91	40,28	28,62	31,10	267	4.021	14,20
2009	271	-4,24	45,02	23,25	31,73	241	2.978	10,98
2010	309	14,02	46,93	22,98	30,10	281	4.062	13,14
2011	448	44,98	57,14	20,54	22,32	383	4.246	9,47
2012	512	14,28	65,23	17,19	17,58	465	4.136	8,07
2013	577	12,69	67,24	14,04	18,72	446	2.030	3,51
..	6.350	14,27	49,07	19,19	31,74	5.566	78.812	12,41

Fonte: dados da pesquisa

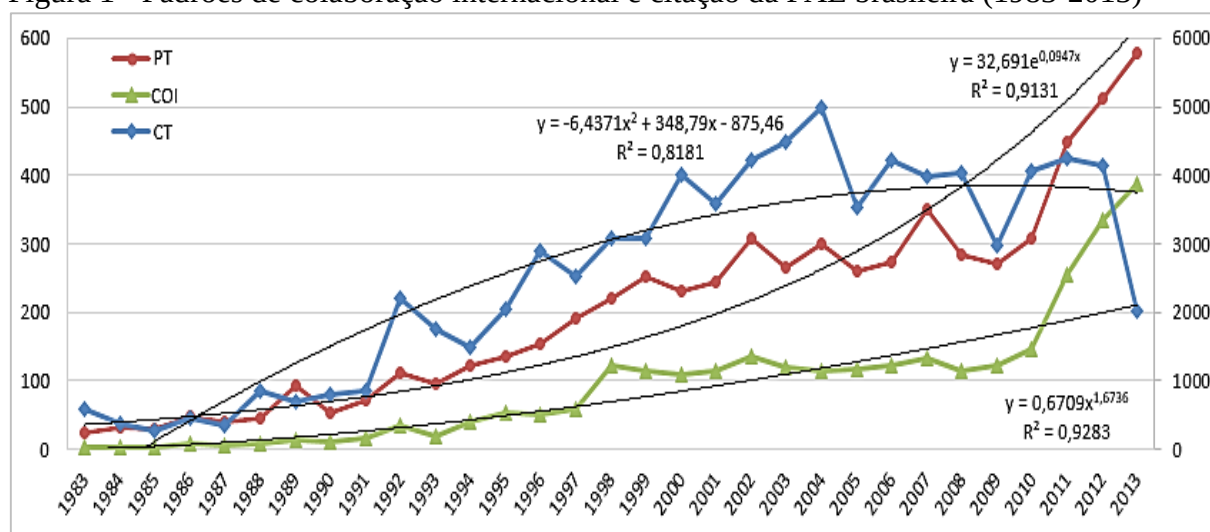
Legenda: Publicação Total (PT), Taxa de Crescimento (TC), Colaboração Internacional (COI), Colaboração Nacional (CON), Sem Colaboração (SemC), Publicação Citada (PC), Citação Total (CT), Média Citação Por Publicação (MCP).

Ao investigar a colaboração entre instituições na FAE brasileira no período de 1983-2013, notou-se que 31,74% dos artigos foram escritos por uma única instituição (Tabela 1). A taxa é levemente inferior aos 33,90% exibidos por Vanz (2009) para os artigos da Física

brasileira indexados no SCI entre 2004 e 2006. A diminuição percentual do número de *papers* sem colaboração e em colaboração nacional a partir de 2009 se contrapõe ao aumento do número de artigos em colaboração internacional, inferindo-se uma maior inserção das instituições brasileiras nos grandes projetos multinacionais da área no último quinquênio. O índice de colaboração internacional da FAE (49,07%) é superior aos 30% verificados na produção científica brasileira em anos recentes (VANZ; STUMPF, 2012).

Os artigos brasileiros em FAE receberam 78.812 citações provenientes de 41.152 documentos, representando uma média de 12,41 citações por artigo. Em termos de impacto, percebe-se que a forte internacionalização da pesquisa, medida pela publicação em periódicos de língua inglesa e pela colaboração internacional, contribuiu para a elevada porcentagem de artigos com pelo menos uma citação (87,65%). A Figura 1 mostra dinâmicas de crescimento diferentes, moderado no caso das colaborações internacionais (COI) até 2008 (regressão de potência, $R^2 = 0,9283$) e irregular no caso das citações totais (CT) durante os trinta e um anos (regressão polinomial, $R^2 = 0,8181$). Mesmo que o número de citações tenha diminuído em 2012-2013, como consequência da insuficiência de tempo dos documentos publicados nesses anos para serem incorporados pela comunidade científica e referenciados em novos estudos, percebeu-se que a expansão das colaborações internacionais contribuiu para o aumento do impacto da pesquisa dos cientistas brasileiros em FAE.

Figura 1 - Padrões de colaboração internacional e citação da FAE brasileira (1983-2013)



Fonte: dados da pesquisa

A Tabela 2 apresenta a evolução por décadas dos 6.350 artigos e mostra a média de autores, instituições e países por artigo e o percentual de colaboração na FAE brasileira. O aumento ininterrupto da média de autores por artigo pode ser justificada pela forte presença dos pesquisadores brasileiros da FAE nos empreendimentos multinacionais entre 2010 e 2013. Observou-se que apenas 11,39% dos artigos, a grande maioria pertencentes à Física Teórica, foram escritos por um único autor e que 68,26% apresentam coautoria entre duas ou mais instituições. Com base na parcela de artigos com ≥ 4 países (37,26%), confirmou-se a participação do Brasil nas grandes redes internacionais.

Tabela 2 - Resumo dos principais resultados de colaboração da FAE brasileira (1983-2013)

Período	Média Por Publicação			% Colaboração		
	Autores	Instituições	Países	Autores	Instituições	Internacional
1983-1992	9,55	3,74	2,29	85,79	45,76	36,61
1993-2002	36,49	6,38	2,98	86,53	61,90	46,70
2003-2013	237,37	22,91	5,92	90,07	72,87	51,00
1983-2013	155,89	17,05	4,87	88,61	68,26	49,07

Fonte: dados da pesquisa

Dos 41.152 documentos citantes analisados, 39.555 (96,11%) apresentaram informações no campo C1 da WoS (Tabela 3). O número de artigos citantes internacionais da produção científica da FAE brasileira foi de 34.721 (87,78%). Destes, 30.327 (76,67%) provêm de trabalhos publicados unicamente por autores estrangeiros, enquanto 4.394 (11,11%) procedem dos trabalhos resultantes das colaborações de estrangeiros com o Brasil. As publicações citantes de autoria exclusiva de pesquisadores brasileiros somaram 4.834 (12,22%) documentos no período de 1983-2015. A superioridade de pesquisadores filiados a instituições estrangeiras nos documentos citantes ressalta a internacionalização da pesquisa e a baixa autocitação no campo estudado. Infere-se que o peso das grandes colaborações das quais o Brasil faz parte, pode ter estimulado o aumento do impacto em FAE no período.

Tabela 3 - Resumo dos principais resultados de citação da FAE brasileira (1983-2013)

Período	Documentos citantes					
	Nac	%	Nac&Int	%	Int	%
1983-1993	117	14,63	99	12,38	584	73,00
1994-2004	1.660	15,44	1.290	12,00	7.801	72,56
2005-2015	3.057	10,92	3.005	10,73	21.942	78,35
1983-2015	4.834	12,22	4.394	11,11	30.327	76,67

Fonte: dados da pesquisa

Legenda: Nacional (Nac), Nacional e Internacional (Nac&Int), Internacional (Int).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A preferência dos pesquisadores da FAE nacional quanto à publicação em periódicos de língua inglesa associada à colaboração com autores de outros países e à superioridade de instituições estrangeiras nos documentos citantes denota a forte internacionalização da pesquisa na área e implica um maior impacto da ciência brasileira no contexto global.

Os indicadores cientométricos sugerem um processo de maturidade da comunidade brasileira da FAE em decorrência da sua longa trajetória na pesquisa experimental. Certamente, o *status* de Membro Associado no CERN poderá aumentar o crédito do Brasil em projetos multinacionais da *Big Science*, consolidar áreas de *expertise* na instrumentação e ferramentas de análise de dados (*softwares*) e ampliar a influência da ciência realizada no país no cenário internacional. Acredita-se que esta pesquisa poderá se tornar uma fonte de consulta no momento da tomada de decisão referente à concessão de novos financiamentos e bolsas de pós-graduação na área abordada.

REFERÊNCIAS

CENTRO BRASILEIRO DE PESQUISAS FÍSICAS. **Plano Diretor do CBPF 2011-2015**. Rio de Janeiro: CBPF, 2011.

COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR. **Documento de área 2013**. Brasília, DF: CAPES, 2013.

DUARTE, R. P. Cooperação Internacional para o Desenvolvimento em Ciência e Tecnologia: a participação brasileira na Organização Europeia para Pesquisa Nuclear (CERN). **Journal of Technology Management & Innovation**, v. 3, n. 4, p. 133-151, 2008.

LETA, J. Brazilian growth in the mainstream Science: the role of human resources and national journals. **Journal of Scientometrics Research**, v. 1, n. 1, p. 44-52, 2012.

MELE, S. et al. Quantitative analysis of the publishing landscape in High-Energy Physics. **Journal of High Energy Physics**, v. 12, p. 1-25, 2006.

SANTORO, A. F. S.; NOVAES, S. F. **Física de Altas Energias**: características e particularidades da área. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Física, 2003.

SISTEMA NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO. **Cursos recomendados/reconhecidos e cadernos de indicadores**. Brasília, DF: CAPES, 2015. Disponível em: <<http://www.capes.gov.br/avaliacao/dados-do-snpbg>>. Acesso em: 26 fev. 2015.

VANZ, S. A. de S. **As redes de colaboração científica no Brasil**: (2004-2006). 2009. 204 f. Tese (Doutorado)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Biblioteconomia e Comunicação, Porto Alegre, 2009.

VANZ, S. A. de S.; STUMPF, I. R. C. Scientific output indicators and scientific collaboration network mapping in Brazil. **Collnet Journal of Scientometrics and Information Management**, v. 6, n. 2, p. 315-334, 2012.