

Nanotecnologia e Ambiente: O Estado de Santa Catarina na Pesquisa Avançada

Nanotechnology and Environment: Advanced Research in the State of Santa Catarina

Gilberto Montibeller-Filho ¹

RESUMO

Objetiva-se avaliar a evolução recente e a posição do estado de Santa Catarina na pesquisa científica em geral e, em particular, em nanociência e nanotecnologia e o vínculo desta com questões sociais e ambientais. A análise considera dados absolutos e relativos de produção científica no período 1983-2000. Toma Santa Catarina no Brasil e faz a comparação com estados que lhe são assemelhados na estrutura econômica e de potencial de pesquisa e inovação tecnológica. A dimensão *nano* da partícula aporta novos desafios aos estudos da física e abre à economia campo de inovações tecnológicas - portanto, indica o grau de avanço da pesquisa realizada atualmente. As controvérsias do debate científico quanto a potenciais impactos, positivos e negativos, da utilização de produtos tecnológicos com partículas *nano* sobre o ambiente, a saúde humana e a sociedade em geral, são abordadas. As perspectivas da pesquisa são também indicadas, tendo em conta principalmente o apoio federal a projetos destinados tanto ao avanço do conhecimento em relação a nanopartículas e sua utilização, como aos seus potenciais efeitos. Finalmente, são apontadas diretrizes, neste sentido, na atuação da Fundação de Apoio à Pesquisa Científica e Tecnológica de Santa Catarina-FAPESC.

Palavras-chave: Nanociência e Nanotecnologia. Pesquisa. Socioambiente. Estado de Santa Catarina.

ABSTRACT

This paper assesses the recent evolution and the positioning of the scientific research developed in the Santa Catarina State (southern Brazil), in particular on nanoscience and on nanotechnology; and the links between these advanced research with social and environmental issues. The analysis takes into account absolute and relative scientific productivity data during the 1983-2000 period. It considers the relative position of Santa Catarina's research in Brazil and compares its performance with similar Brazilian states, in terms of their economic structure and potential for research & technological development. Research on nanosciences poses new challenges in research on Physics and creates opportunities for technological innovation - therefore, indicates the degree of development in the research presently conducted. The paper also presents the scientific controversies about the positive and negative impacts of utilising technological products with nano particles: impacts on the environment, human health and society as a whole. It also suggests directions of research on the subject, on its use and on its potential effects, given the federal funding for research projects on nanoscience. Finally, it attempts to define policies in this area, drawn by the Santa Catarina Research and Development Council (FAPESC).

Keywords: Nanoscience. Nanotechnology. Research. Environmental issues. Santa Catarina State.

¹Professor do Doutorado em Engenharia do Conhecimento/EGC da Universidade Federal de Santa Catarina/UFSC e da pós-graduação em Ciências Ambientais da Universidade do Extremo Sul Catarinense/UNESC; Coordenador do Observatório Tecnológico/OBtec (UNESC). E-mails: gilbertom@egc.ufsc.br; gilbertomontibeller@hotmail.com.

INTRODUÇÃO

Um breve levantamento mostra que inexistem trabalhos focando a evolução da produção científica no estado de Santa Catarina que considerem não apenas o aspecto quantitativo, como também a qualificação desta produção quanto ao tipo de pesquisa e sua relação com problemáticas sociais. Assim, o presente trabalho tem por objetivo analisar a evolução da pesquisa catarinense em termos absolutos e relativos, sua tipificação quanto a se situar ou não na fronteira do conhecimento científico e, adicionalmente, sua relação com a questão socioambiental - esta última, por caracterizar demanda social crescentemente relevante (MONTIBELLER-FILHO, 2008).

Os dados absolutos são utilizados para indicar a dinâmica ao longo do tempo. Por sua vez a abordagem comparativa, em casos como o proposto no presente ensaio, tem uma função próxima à de *benchmarking*, isto é, de comparar dois ou mais sistemas ou verificar a posição relativa entre assemelhados por certas características estruturais. Comparar economias com estruturas similares encontra respaldo científico, dentre outras fontes, em importante estudo sobre indicadores de ciência e tecnologia, realizado pelo Departamento de Comércio e Indústria do Reino Unido (UNITED KINGDOM, 2004). No caso do presente estudo, tomam-se os estados do Paraná e do Rio Grande do Sul, não pela vizinhança, mas por suas aproximações estruturais com Santa Catarina na dimensão econômica, no potencial de pesquisa e no potencial

inovador - elementos inerentes e essenciais à evolução científica e tecnológica.

A dimensão econômica é, consensual entre estudiosos, sintetizada na Renda *per capita*. O potencial de pesquisa científica, no caso brasileiro, está intimamente ligado às instituições federais de ensino superior; e relativamente ao setor empresarial concernente à pesquisa e introdução de inovações vincula-se fortemente à indústria de transformação. De fato, no Brasil, em 2006, cerca da metade (49,92%) dos investimentos em pesquisas são originários de recursos públicos, cuja maior parcela (54%) destina-se à pesquisa nas universidades federais e a outra metade corresponde ao investimento empresarial em atividades internas de P&D (MCT, 2008). Os dados sobre a atividade empresarial em pesquisa e desenvolvimento tecnológico indicam, também, que a quase totalidade desta (99,2%) é realizada na Indústria de Transformação.

São esses, portanto, os parâmetros, no caso, para o exame das aproximações estruturais entre estados federados relacionadas à pesquisa científica e tecnológica e a inovações: o econômico, representado pela Renda *per capita*; o potencial de pesquisa, indicado pelo número de docentes do ensino superior federal; e a presença da indústria de transformação, indicada pela participação do Valor da Transformação Industrial no montante do que é produzido no país no ano, o PIB nacional. Os dados, comparando Santa Catarina com seus vizinhos para verificar as semelhanças estruturais, estão na Tabela 1.

Tabela 1:
Semelhanças estruturais em algumas dimensões relacionadas a potencial de pesquisa científica e de inovações tecnológicas entre estados selecionados

DIMENSÃO	SANTA CATARINA	PARANÁ	RIO GRANDE DO SUL
Renda <i>per-capita</i> - valores aproximados - em R\$ mil (ano 2005)	14,5	12,3	13,6
Valor da Transformação Industrial em relação ao PIB - em % (ano 2005)	26,5	25,6	24,4
Docentes no Ensino Superior Federal como % da população total - ano 2006	3,7	3,3	5,1

Fonte: IBGE, 2005; elaboração do autor

De fato, conforme mostra a Tabela 1, são bastante próximos entre si os valores dos dados dos três estados do Sul quanto a algumas condições estruturais - logo, resistentes à mudança e que, portanto, revelam as condições aproximadas presentes também nas décadas de 80 e 90 - relacionadas a potencial de pesquisa e desenvolvimento tecnológico: Renda *per capita* em torno de R\$ 13 mil; participação da indústria de transformação no valor da produção do estado em torno de 25%; e número de professores em

universidades federais relativamente à população em torno de 4%. Portanto, faz sentido comparar a produção científica de Santa Catarina com a de seus dois vizinhos. A referência para a análise é que a produção científica deste estado se situe em patamar no mínimo igual ao daqueles com os quais possui condições estruturais assemelhadas para a pesquisa.

Quanto aos tipos de pesquisas, na presente abordagem são observadas duas questões, a saber: I) verificar se parcela expressiva da produção científica se

configura pesquisa de ponta e II) a sua relação com as questões socioambientais. No que se refere ao primeiro item, significa considerar tratar-se ou não de pesquisa avançada, isto é, na fronteira do conhecimento científico e, neste sentido, assume-se, conforme é internacionalmente concebida, como uma das mais significativas, a área de nanociência e nanotecnologia. Quanto ao quesito da relação das pesquisas com as questões ambientais, trata-se da consideração da necessidade daquelas estarem verificando os efeitos, potenciais ou identificáveis, positivos e ou negativos, do uso de produtos contendo nanopartículas sobre o ambiente físico e a saúde humana.

A análise é feita com dados e informações disponíveis em fontes oficiais e publicações especializadas. Considera dados absolutos e dados relativos de produção em pesquisa durante a década de 1980 e a de 1990. O trabalho inicia com a abordagem da produção científica catarinense em geral; depois faz a incursão na produção em nanociência e em nanotecnologia. Atualmente, as pesquisas do *nano*, do muitíssimo pequeno, da escala nanométrica, estão na fronteira do conhecimento científico e das inovações tecnológicas, logo da dinâmica econômica. O tamanho *nano*, da partícula, aporta novos desafios aos estudos da física e abre à economia campo de inovações tecnológicas, portanto, tipifica em termos do seu avanço a pesquisa realizada atualmente. Em seguida são examinadas as perspectivas futuras quanto ao apoio governamental a pesquisas na área, tendo em conta principalmente a programação do Ministério da Ciência

e Tecnologia. No último item é considerada a relação entre nanotecnologia e ambiente.

Levantamento, não exaustivo, do que tem sido publicado em artigos científicos, já revela a grande controvérsia quanto aos potenciais impactos da utilização de produtos tecnológicos com partículas *nano* sobre o meio ambiente e na saúde humana. São arroladas algumas tecnologias positivas para a questão ambiental, mas também alguns dos principais problemas e receios da utilização das nanopartículas em produtos destinados ao uso humano. As pesquisas futuras, portanto, deverão dizer respeito seja quanto ao avanço do conhecimento em relação a nanopartículas e sua utilização, como no aprofundamento dos estudos sobre potenciais efeitos, positivos ou negativos, das tecnologias e produtos com o muitíssimo pequeno sobre o meio natural, a saúde humana e a sociedade em geral.

1 EVOLUÇÃO DA PESQUISA CIENTÍFICA EM SANTA CATARINA

O Estado de Santa Catarina tem apresentado, nos últimos anos, substancial crescimento comparativo na produção científica. O indicador por excelência desse tipo de produção, como se sabe, é a divulgação de trabalhos em publicações do gênero. A Tabela 2 apresenta os dados que evidenciam a evolução de Santa Catarina de *per si*, no cenário nacional e na comparação com os demais estados do Sul.

Tabela 2:
Produção Científica: Santa Catarina, regiões do País e estados selecionados (1983-2000) (em número de artigos e livros científicos publicados)

Região/ Unidade da Federação	1983 - 1990		1991 - 1995		1996 - 2000		Total 1983-2000 Nºabsoluto
	Absoluto	%	Absoluto	%	Absoluto	%	
Região Norte	6	0,1	8	0,1	40	0,1	54
Região Nordeste	322	6,8	860	6,1	1.817	6,8	2.999
Região Sudeste	3.745	79,3	11.248	79,3	19.967	74,4	34.960
Região Sul	445	9,4	1.522	10,7	3.960	14,8	5.927
Região Centro-Oeste	206	4,4	534	3,8	1.034	3,9	1.774
RS	272	5,7	842	5,9	1.751	6,5	2.865
PR	99	2,1	406	2,8	1.087	4,0	1.592
SC	74	1,6	274	1,9	1.122	4,2	1.470
TOTAL BRASIL	4.724	100	14.172	100	26.818	100	45.714

Fonte: Mugnaini, Dannuzzi, Quoniam (2004); cálculos do autor

Conforme se observa, em um período de duas décadas, a produção científica no estado de Santa Catarina passou de um total de 74 artigos e livros publicados na primeira, anos 80, para 1396 na década seguinte - e destas, 1.122 no período 1996-2000. Em termos relativos, de uma posição que atingia apenas 1,6% da produção nacional no período 1983-90, chega, em 1996-2000, a 4,2%. É um resultado muito expressivo, dado que igualmente a produção brasileira na área aumentou significativamente, de menos de 5 mil para mais de 45 mil entre o primeiro e o segundo períodos de tempo considerados. E a evolução catarinense fez diminuir significativamente a grande diferença que registrava em relação ao Rio Grande do Sul e inverteu a posição que mantinha com o Paraná. Embora os três estados integrantes da região tenham contribuído para o acréscimo de participação desta no cenário nacional - de 9,4%, nos anos 80, para 14,8%, no final dos anos 90, chama a atenção a significativa participação de Santa Catarina.

Considerando a produção de todo o período de cerca de duas décadas que o presente ensaio abrange, tem-se que este estado e o Paraná registraram praticamente a mesma quantidade de publicações científicas, em torno de 1.500 cada um. Porém, no último segmento do período (1996-2000), a produção catarinense ultrapassou em larga medida a paranaense, inclusive se aproximando do seu outro assemelhado, o Rio Grande do Sul. É uma evolução que, sem dúvida, aponta tendência de aumento relevante da contribuição de Santa Catarina à crescente produção científica nacional.

Importa analisar, subseqüentemente, se parcela expressiva dessa produção se caracteriza como pesquisa avançada, isto é, na fronteira do conhecimento. Para isso, um parâmetro importante diz respeito à visão de futuro, prospectiva, do conhecimento produzido e, neste aspecto, a evolução em nanociência e em nanotecnologia é emblemática. As considerações a seguir abordam essa questão.

2 NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA (N&N)

Situadas na fronteira do conhecimento científico e do avanço tecnológico, as pesquisas sobre partículas em escala nanométrica, do muitíssimo pequeno - nano designa um bilionésimo - apontam grandes possibilidades em termos de inovação, isto é, de resultados econômicos. Joseph Schumpeter e os autores neoschumpeterianos têm sobejamente teorizado sobre a relação entre os inventos e as descobertas da pesquisa científica e tecnológica, sua transformação em inovações e o desenvolvimento da economia, conforme abordado por pesquisadores, dentre os quais o autor do presente ensaio (MONTIBELLER-FILHO, 2007).

A manipulação e o domínio dos materiais em dimensão nanométrica permite criar novos materiais e

desenvolver novos produtos e processos. Isto abrange várias disciplinas científicas como a física e a química, a biologia, as engenharias e a medicina. As áreas de aplicação contemplam indústria automobilística; aeronáutica; eletrônica e comunicação; química e materiais; farmacêutica; biotecnológica; biomédica; o setor energético e a área de meio ambiente. Os materiais que comumente fazem parte das pesquisas em nanociência e nanotecnologia são polímeros, nanopartículas catalíticas, nanotubos de carbono, nanocompósitos e têxteis e congêneres.

Em países como o Brasil, as aplicações mais promissoras da nanotecnologia, conforme as pesquisas realizadas até o momento, dizem respeito à energia (produção, armazenamento, conservação de energia); à agricultura, visando ao aumento da produtividade; a tratamento de água; e à saúde humana (diagnóstico e prevenção de doenças, medicamentos).

As pesquisas em nanociência e a alta especialização envolvida na produção de nanotecnologia colocam N&N na fronteira do conhecimento mundial. A participação brasileira neste contexto é um dos indicadores relevantes acerca do avanço científico do País.

No Brasil, em termos de fomento, o Ministério da Ciência e Tecnologia, em conjunto com o CNPq e a FINEP, desde meados da década de 1990, apóia pesquisas na área nano. Em 2001, passou a fomentar a criação de redes cooperativas de pesquisas. No período 2002-5 essas redes envolveram 300 pesquisadores de 77 instituições de pesquisa e 13 empresas; e, oriundos delas, foram publicados mais de mil artigos científicos e depositadas cerca de 90 patentes. A maior parte - cerca de 90% - da produção científica em nanotecnologia, no período, advém das universidades (HAYASHI et al., 2006).

3 N&N EM SANTA CATARINA

O Estado de Santa Catarina participa no grupo de nanotecnologia, através da Universidade Federal/UFSC, na área que inclui rede de pesquisa em sistemas de chips, microssistemas e nanoeletrônica - atualmente a rede está incluindo outras universidades, como a Universidade do Extremo Sul Catarinense/UNESC.

Alguns aspectos se destacam examinando-se o Quadro 1: a) as instituições sediadas no Estado de São Paulo pesquisam somente em nanotecnologia, à semelhança do que acontece em Santa Catarina; b) mas as pesquisas paulistas - realizadas na UNICAMP e na USP - se dão em todo os tipos incluídos no Quadro, quais sejam nanomateriais complexos, materiais poliméricos, chips, microssistemas e nanoeletrônica, enquanto Santa Catarina pesquisa apenas esta última área; e c) por sua vez, as instituições de pesquisa de Minas Gerais e do Rio de Janeiro concentram-se em nanociência.

Tipo		Estados e Instituições
Nanociência		UFMG, CETEC/MG, FUNREI/MG, UFJF, UFRJ, PUC/RIO, UERG, LNLS, IPT/SE, UFBA, CNEN, CBPF, UFV
Nanomateriais complexos		UNICAMP, USP, UFRJ, UFPE
Materiais poliméricos		UNICAMP, USP, UFSCar, UFPR, COPEL/PR, UFPI, UFMT, UERN
Rede de Pesquisa em Sistemas em Chips, microsistemas e nanoeletrônica		UNICAMP, USP, UFRGS, UFRJ, UFPE, UNB, UFSC

Quadro 1: Projetos de Nanociência e Nanotecnologia apoiados por MCT/CNPq - Programa Institutos do Milênio (2001)
Fonte: Hayashi et al. (2006)

Um mapeamento em termos de competência científica representada pelo número de pesquisadores especializados em N&N - Tabela 3 - realizado em 2006 (HAYASHI *et al.*, 2006) traz alguns elementos novos, mas, de certa maneira, confirma o observado nas décadas de 80 e 90. Inserindo Santa Catarina no contexto nacional, mostra a presença neste Estado de pesquisadores em nanociência, mas em patamar inferior aos estados com estruturas socioeconômicas similares. O Paraná apresenta-se, então, muito superior em termos de concentrar número de

pesquisadores em nanociência; o Rio Grande do Sul, embora menos expressivo, também.

Em nanotecnologia, a posição de Santa Catarina quanto ao número de pesquisadores é algo relativamente superior, embora também distanciado dos dois vizinhos referidos. No cômputo geral, considerando as duas áreas, o Estado alcança 5% da competência nacional em número de pesquisadores, o que o coloca como 6º estado em N&N no Brasil, seguindo à distância São Paulo, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, Paraná e Minas Gerais.

Tabela 3:
Quantidade de pesquisadores especialistas em Nanociência e Nanotecnologia em Santa Catarina e estados selecionados (2006)

Unidade da Federação	NANOCIÊNCIA		NANOTECNOLOGIA		TOTAL N&N	
	Absoluto	%	Absoluto	%	Absoluto	%
SP	36	39	207	61	243	41
RJ	24	26	65	13	89	15
PR	8	9	37	7	45	8
PE	6	7	10	2	16	3
RS	4	4	48	10	52	9
MG	3	3	42	8	45	8
DF	3	3	15	3	18	3
SC	3	3	19	4	22	5
GO	2	2	7	2	9	2
CE	2	2	12	2	14	2
MA	1	1	8	2	9	2
BA	1	1	8	2	9	2
outros	-	-	21	5	21	5
TOTAL	93	100%	499	100%	592	100%

Fonte: Hayashi et al. (2006)

Quando se considera a existência de grupos de pesquisa (Tabela 4), os resultados vistos acima são confirmados. Na produção de nanociência, Santa Catarina aparece com apenas dois grupos. Isso deixa o

estado muito inferiorizado em relação ao Paraná (11 grupos) e ao Rio Grande do Sul (7), no que tange à sua contribuição ao avanço da ciência na escala nano.

Tabela 4:
Distribuição dos Grupos de Pesquisa em N&N nas unidades da Federação (2006)

Nanociência		Nanotecnologia		Total - N&N	
UF	Quantidade de grupos	UF	Quantidade de grupos	UF	Quantidade de grupos
SP	14	SP	144	SP	158
RJ	11	RJ	51	RJ	62
PR	11	MG	46	MG	51
PE	9	RS	34	RS	41
RS	7	PR	2	PR	40
MG	5	PE	14	PE	23
DF	5	SC	9	DF	12
CE	4	SE	9	SE	11
GO	3	RN	7	SC	11
SE	2	DF	7	CE	10
BA	2	PB	6	GO	9
SC	2	CE	6	BA	8
		BA	6	RN	7
Total	75	GO	6	PB	6
		Outros: PA, MA, AL, MT, AM	10	Outros	10
		Total	384	Total	459

Fonte: Portal Inovação *apud* Hayashi et al. (2006)

Em nanotecnologia são nove (9) os grupos de pesquisa em Santa Catarina, igualmente muito inferior ao Rio Grande do Sul (34) e ao Paraná (29 grupos). Pelo contrário, o cenário catarinense a respeito segue próximo a estados de estrutura menos complexa, como Rio Grande do Norte e Sergipe. No cômputo geral, isto é, considerando o total de grupos em nanociência e em nanotecnologia, ressalta ainda mais a posição secundária do estado de Santa Catarina, distante daqueles que lhes são estruturalmente assemelhados, como Rio Grande do Sul e Paraná, e mais próximo daqueles de economia menos complexa, tais como Sergipe, Distrito Federal, Ceará, Rio Grande do Norte, Bahia e Paraíba.

4 PERSPECTIVAS DA PESQUISA

No Brasil, a área de N&N é uma das que tem recebido consideração especial por parte dos órgãos federais que apóiam pesquisas. Em 2004, segundo o Ministério da Ciência e Tecnologia, o Governo “tomou a decisão estratégica de priorizar áreas da economia do conhecimento porque irradiam progresso tecnológico para demais setores da economia. Essas áreas são a nanotecnologia, a biotecnologia e a biomassa, consideradas áreas portadoras de futuro. Estes eixos foram selecionados por terem maior capacidade ou necessidade de desenvolver vantagens competitivas” (MCT, 2007; destaque no original). Na sequência, o Ministério implantou o Programa Nacional de

Nanotecnologia - PNN, sobre o qual afirma: “Dado o caráter abrangente da Nanotecnologia, com impactos em todos os setores da economia industrial moderna e sobre relevantes políticas públicas e sociais este Programa tem caráter inter ou supra-ministerial”. Com recursos dos Fundos Setoriais através da Ação Transversal de Nanotecnologia, contínua, foram e estão sendo apoiados projetos nas áreas de nanotecnologia e nanobiotecnologia e representam a primeira etapa dos grandes investimentos a serem realizados pelo Governo Federal no Programa. E afirma que

[...] o Governo Federal, ao unir as ações do Programa de Desenvolvimento da Nanociência e da Nanotecnologia do PPA 2004-2007, concebido em 2003, com outras ações de grande impacto no cenário científico e tecnológico brasileiro possibilitadas por recursos provenientes da Ação Transversal de Nanotecnologia, num único programa - Programa Nacional de Nanotecnologia - demonstra a importância econômica e científica que a área tem para o desenvolvimento do Brasil.

No documento do Ministério, que se intitula “Ciência, Tecnologia e Inovação para o Desenvolvimento - Plano de Ações 2007-2010”, é destacado o item 8-Nanotecnologia, na Linha de Ação II. No Resumo Executivo, o documento reporta “C, T & I para Nanotecnologia” e, no detalhamento deste: “Consolidar a infra-estrutura de pesquisa em nanociência e nanotecnologia [...]”. Trata-se de um documento preliminar, de discussão, mas que dá a tônica da visão do governo federal a respeito, uma ótica produtivista, na medida em que afirma a busca da “geração de produtos e processos que utilizem nanotecnologia para o conseqüente aumento da competitividade da indústria brasileira” (p. VIII).

O tópico a seguir aborda a terceira e última das questões inerentes ao tema do presente ensaio, a saber, a da relação da nanotecnologia com o meio ambiente e com a saúde humana.

5 NANOTECNOLOGIA E AMBIENTE

As relações das tecnologias e dos produtos *nano* com o ambiente físico ou natural e com o meio social são vistas de maneira controversa, segundo segmentos da sociedade. Constituído-se de área tecnológica muito nova, pesquisas e debates estão em andamento em diversos países, buscando identificar os impactos positivos ou negativos das tecnologias e dos produtos contendo nanopartículas. Em alguns aspectos, há nanotecnologias apontadas como favoráveis ao meio; em outros, os potenciais impactos das aplicações das nanotecnologias causam apreensão. Uma breve ilustração a respeito do lado positivo, conforme listadas em levantamento feito no âmbito do Ministério

da Ciência e Tecnologia: “ferro nanoparticulado descontamina o solo”; “sensores para monitorar o meio ambiente”; “filtros de nanotubos de carbono”; “detecção de água contaminada”; e outras aplicações. Por outro lado, há preocupação quanto aos possíveis impactos do uso das nanotecnologias e seus produtos. Neste sentido, o apanhado que segue é revelador.

Primeiro, um texto de Geoff Brumfiel (2003), “*A Little Knowledge*”, publicado na revista *Nature*, apresenta o panorama do debate suscitado por grupos de pressão ambientalistas em relação à nanotecnologia. Aponta como o mais ativo desses o Grupo de Ação para Erosão, Tecnologia e Concentração (*Action Group for Erosion, Technology and Concentration - ETC*), baseado em Winnipeg, Canadá, cujo líder, Patrick Mooney, experiente ex-militante da campanha anti-OGMs, pediu o banimento internacional da pesquisa em nanotecnologia. Seu argumento é de que não se sabem as conseqüências que as nanopartículas podem ter para a saúde e o ambiente. Sua proposta foi amplamente divulgada pela mídia de todo o mundo.

Depois, reportagem de Jim Giles (2004), na edição da *Nature* de 18 de dezembro de 2003, intitulada “Nanotecnologia: qual é o medo de alguma coisa tão pequena?”, afirma haver sinais de que a nanotecnologia será “o próximo alvo para as campanhas ambientalistas”, isto é, do que chama “*lobby ambientalista*” contra a nova tecnologia. Em janeiro de 2003, a ONG canadense ETC lançou um relatório em que afirma a possibilidade de nanopartículas sintéticas serem tóxicas. Os textos produzidos pela ETC, sempre segundo Giles, sugerem que a Nanotecnologia pode vir a ser capaz de “criar novas armas de destruição de massa, ou novas formas de vida”.

Por último, a respeito do receio da nova tecnologia e seus produtos, um importante Encontro em Bruxelas, em março de 2004, reuniu dezessete especialistas com pesquisas sobre os riscos potenciais para o homem e o ambiente, associados a materiais derivados de nanotecnologias (EUROPEAN COMMISSION, 2004). Em artigo apresentado neste encontro, com o título “*A briefing note on Nanoparticles*”, C.V. Howard (2004, p. 105-8) conclui haver evidência de que nanopartículas podem entrar no corpo de várias formas, inclusive por inalação, ingestão e através da pele. E, complementa: “há considerável evidência que nanopartículas são tóxicas e potencialmente perigosas”.

Finalmente, após observar as reações dos cientistas e da sociedade civil organizada, é importante considerar a forma como a população em geral está se posicionando em relação a produtos da nova tecnologia. Reportagem intitulada **Percepção pública da nanotecnologia**, divulgada pela Agência FAPESP (2006), dá indicações a respeito e é reproduzida a seguir:

Agência FAPESP - Vantagens superam os riscos? Para consumidores norte-americanos a resposta é sim quando o assunto é nanotecnologia. É o que mostra a maior pesquisa de percepção pública feita no país sobre o setor. De acordo com o estudo, o público tende a olhar mais os benefícios e considera a nanotecnologia menos perigosa do que outras tecnologias, como conservantes utilizados na indústria alimentícia, herbicidas ou desinfetantes.

O levantamento, com 5,5 mil pessoas, foi realizado por pesquisadores da Universidade Rice, nos Estados Unidos, e da London Business School e do University College London (UCL), na Inglaterra. Os resultados estão na edição de dezembro da revista *Nature Nanotechnology*. “Segundo estimativas, produtos contendo nanotecnologia respondem por vendas superiores a US\$ 30 bilhões anuais em todo o mundo. Mas há uma preocupação de que os riscos da tecnologia - sejam reais ou imaginários - possam diminuir o apetite dos consumidores pelos produtos”, disse o líder da pesquisa, Steven Currall, da UCL.

Para os autores do estudo, medir opiniões do público em relação à nanotecnologia pode ajudar no desenvolvimento do setor. Um dos questionários teve o objetivo de verificar a propensão de uso de quatro produtos nanotecnológicos específicos: um remédio, um hidratante, pneus de automóvel e gás para geladeira. “Ficou claro que as pessoas pensam além dos riscos. Identificamos que, quanto maiores os benefícios potenciais, mais riscos os consumidores estão dispostos a tolerar”, disse Currall. Para outro autor do estudo, Neal Lane, à medida que novas pesquisas sobre riscos ao ambiente e à saúde humana forem feitas e mais produtos nanotecnológicos chegarem ao mercado, o público terá mais fundamentos para se posicionar diante da novidade tecnológica.

O apanhado acima considerando os potenciais riscos e benefícios na relação entre as tecnologias com as nanopartículas e o meio físico, natural e social, evidentemente não pode ser conclusivo, tendo em vista, dentre outros aspectos, o relativamente pequeno período de tempo em que estas tecnologias estão presentes na vida cotidiana. Apenas revela as primeiras reflexões da visão científica, do pensamento de segmentos da sociedade civil organizada e da recepção aos novos produtos portadores de nanotecnologias por uma parcela expressiva de consumidores, representada pela sociedade americana. Mas estas considerações são suficientes para revelar o grau de apreensão por parte de alguns, a visão otimista em outros e a ponderação considerando positivamente os benefícios comparativamente aos problemas que a utilização destes produtos possa acarretar.

Do exposto, pode-se derivar a necessidade de políticas públicas no sentido de ampliar significativamente as pesquisas dos efeitos do uso de produtos da nanotecnologia. Esse tipo de pesquisa, pela lógica do mercado, não deverá interessar à maior parte das empresas. É, portanto, pesquisa a ser induzida prioritariamente, através de verbas públicas ao meio científico, pela responsabilidade dos governos quanto ao cuidado ambiental e à saúde pública. O governo de Santa Catarina, em particular, em seu Plano Catarinense de Desenvolvimento SC2015 (SC, 2008), afirma pretender transformar o Estado em referência nacional de sustentabilidade. Neste sentido, deverá, então, além de estimular pesquisas nanotecnológicas, dado que a inovação garante a dinâmica e a sustentabilidade econômica, concentrar esforços através de seu órgão de apoio à pesquisa científica e tecnológica, a FAPESP, para induzir, mediante patrocínio, pesquisas sobre os potenciais efeitos das novas tecnologias, como forma de contribuir para o avanço do conhecimento e a tomada de precauções na produção e utilização de nanotecnologias e seus produtos e, assim, buscar também a sustentabilidade social e ambiental.

CONCLUSÃO

Em quase duas décadas, que compreende o período 1983-2000, a pesquisa científica e tecnológica no estado de Santa Catarina apresentou evolução relevante em termos de seu indicador mais expressivo, a publicação científica. De uma participação de 1,5% na produção nacional, alcança 4% ao final do período; de apenas 74 produções em toda a década de 1980, passa para mais de 1.100 nos cinco últimos anos da década de 90.

No presente estudo, buscou-se avaliar esta evolução em termos de sua tipificação tendo em vista a pesquisa em nanociência e nanotecnologia, considerada atualmente na fronteira do conhecimento científico. Trata-se de área totalmente nova, na escala do muitíssimo pequeno, a escala nanométrica. São novos conhecimentos em área completamente diferente das comumente pesquisadas, em que princípios tradicionais da física já não são aplicáveis ao comportamento da partícula que, portanto, amplia o conhecimento científico, além de possibilitar a criação de novos produtos e processos com aplicações diversas na economia e na sociedade.

Observa-se a ausência de participação de Santa Catarina em nanociência nos dados que refletem o final do período-foco; mais recentemente há uma pequena participação do Estado na área, situando-se, contudo, em nível muito inferior aos seus congêneres mais próximos em termos de estrutura econômica, potencial de pesquisa e potencial inovador, como Rio Grande do Sul e Paraná. Em relação à nanotecnologia, embora em posição ligeiramente superior à participação em nanociência, igualmente fica em nitida desvantagem frente àqueles com os quais é mais pertinente a

comparação. A conclusão, mediante o exame dos dados, é a de que em termos gerais a contribuição catarinense ao avanço da ciência e da tecnologia tem sido crescentemente relevante. Todavia, no que tange a pesquisas na fronteira do conhecimento, representada pela área nano, os resultados não estão sendo expressivos.

A questão relacionada aos impactos do uso da nanotecnologia e de produtos contendo nanopartículas sobre o ambiente e a saúde humana é controversa. Foram apontadas algumas tecnologias nano que contribuem para a gestão e melhoria das questões relacionadas ao ambiente físico ou natural; contudo, sendo uma tecnologia totalmente nova, há muita dúvida acerca dos impactos que, ao longo do tempo, seu uso crescentemente disseminado poderá gerar. Por outro lado, viu-se a existência de receios quanto aos efetivos ou potenciais efeitos que a utilização de produtos contendo partículas nano poderão resultar nos seres humanos.

O governo brasileiro, com o Programa Nacional de Nanotecnologia e com a programação para o setor até 2011, indica apoio ao desenvolvimento deste, “visando à competição e a economia”, contemplando, no mesmo programa, estudos e pesquisas que objetivam aprofundar a compreensão dos reflexos das nanotecnologias “sobre o corpo dos animais, inclusive sobre o corpo humano, e sobre o ambiente físico e natural”. Embora o plano do Ministério não as destaquem, a avaliação da postura do órgão a respeito, realizada no presente ensaio, permite afirmar que pesquisas das mais diversas áreas do conhecimento abrangendo o tema serão passíveis de receber apoio, enquadráveis na área de nanociência e nanotecnologia.

No caso específico de Santa Catarina, cabe ao governo do Estado, através de seu órgão de fomento à pesquisa científica e tecnológica, a FAPESC, induzir a realização de pesquisas na área N&N, como um elemento para o desenvolvimento sustentável que apregoa, o que inclui a pesquisa tecnológica, pelo seu potencial inovador e econômico, e a pesquisa acerca dos reflexos socioambientais do uso de produtos da nova tecnologia.

REFERÊNCIAS

BRUMFIEL, Geoff. **A Little Knowledge**. Nature 424, 246-248 (17 July 2003).

EUROPEAN COMMISSION. Nanotechnologies: a Preliminary Risk Analysis on the basis of a workshop organized in Brussels on 1-2 March 2004 by the Health and Consumer Protection Directorate General of the European Commission. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/html/template/frameSet.php?urlFrame=http://europa.eu.int/comm/health/ph_risk/documents/ev_20040301_en.pdf&objMct=No%20Exterior>. Acesso em: 10 set. 08.

FAPESP (2006). Percepção pública da nanotecnologia.

Disponível em:

<www.agencia.fapesp.br/materia/6504/noticias/percepcao-publica-da-nanotecnologia.htm>. Acesso em: 15 out. 08.

GILES, Jim. Nanotecnologia: qual é o medo de alguma coisa tão pequena? INOVAÇÃO-UNICAMP/ Especial Nanotecnologia. Reportagem Pesquisadores britânicos contratam cientista social. Disponível em: <<http://www.inovacao.unicamp.br/especial/nanotech/le-nature-britanicos.html>>. Acesso em: 15 out. 08.

SC 2008. GOVERNO DE SANTA CATARINA. Plano Catarinense de Desenvolvimento SC2015. Disponível em: <www.spg.sc.gov.br/menu/planejamento/plano>. Acesso em: 14 out. 08.

HAYASCHI, M.C.P.I. *et al.* Em direção à construção de Indicadores Regionais de Nanociência e Nanotecnologia. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional G&DR**, v.2, n.3, p. 85-127, set./dez. 2006.

HOWARD, C.V. A briefing note on nanoparticles. Nanotechnologies: A preliminary Risk Analysis. 2004, Brussels. Disponível em: <<http://www.nanointeract.net/sections/AboutNanolinteract/Backgroundtoproject>>. Acesso em: 13 out. 08.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2005. Disponível em: <www.ibge.gov.br/estadosat>. Acesso em: 01 mar. 08.

MCT, 2007. Ministério da Ciência e Tecnologia. Ciência, Tecnologia e Inovação para o Desenvolvimento - Plano de Ações 2007-2010 (documento em discussão, versão de 05.06.2007). Disponível em: <www.mct.gov.br>. Acesso em: 7 jul. 07.

MCT, 2008. Ministério da Ciência e Tecnologia. Indicadores Nacionais de Ciência e Tecnologia. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/9058.html>>. Acesso em 15. out. 08.

MONTIBELLER-FILHO, G. **Empresas, Desenvolvimento e Ambiente: diagnóstico e diretrizes de sustentabilidade**. Barueri, SP: Editora Manole, 2007.

_____. **O Mito do Desenvolvimento Sustentável: meio ambiente e custos sociais no moderno sistema produtor de mercadorias**. 3. ed. Florianópolis: EDUFSC, 2008.

MUGNAINI, R; JANNUZZI, P; QUONIAM, L. **Indicadores bibliométricos da produção científica brasileira: uma análise a partir da base Pascal**. Ci.Inf., Brasília, v.33, n.2, p 123-131, maio/ago. 2004.

UNITED KINGDOM, UK, Office of Science and Technology, PSA target metrics 2004. Disponível em: <www.ost.gov.uk/research/psa-target-metrics-oct2004.pdf>. Acesso em: 20 mai. 06.