

PANORAMA DA QUÍMICA INORGÂNICA NO BRASIL REVISITADO: PERÍODO DE 2002 A 2016

Shirley Nakagaki^{a*}, Geani Maria Ucoski^a, Julio S. Rebouças^b e Ana Maria da Costa Ferreira^c^aDepartamento de Química, Universidade Federal do Paraná, 81531-980 Curitiba – PR, Brasil^bDepartamento de Química, Universidade Federal da Paraíba, 58051-900 João Pessoa – PB, Brasil^cInstituto de Química, Universidade de São Paulo, 05513-970 São Paulo – SP, Brasil

Recebido em 16/03/2017; aceito em 02/05/2017

OVERVIEW OF THE INORGANIC CHEMISTRY IN BRAZIL REVISITED: THE 2002 TO 2016 PERIOD. The present article describes the development of the Inorganic Chemistry in Brazil in the last 15 years, using as starting point the scientific contributions of a group of 405 researchers selected among the members of the Inorganic Chemistry Division of the Brazilian Chemical Society (SBQ), and active participants of both SBQ Annual Meetings and Brazilian Meetings in Inorganic Chemistry. A total of 3006 articles, representative of the Brazilian scientific production on Inorganic Chemistry from 2002 to January 2017, was analyzed. Among the various aspects evaluated are: prevalent research topics, production impact, geographic distribution within Brazil, international collaborations, and human resource background, development, and perspectives. The evolution of the Inorganic Chemistry production in Brazil in the last 15 years was analyzed considering the concurrent expansion of Brazilian graduate and post-graduate educational system along with availability of funding resources. Information from sources such as CAPES, Sucupira database, eMEC, Web of Science, and CNPq, complemented the scientific production data gathered from the Curriculum Vitae (Lattes Curriculum database) of the 405 representative inorganic chemistry researchers. The present analysis expands the previous 1977-2001 study by Toma, Ferreira, and Serra (*Quim. Nova* 2002, 25, 66), depicting, thus, a 40-year scenery of Inorganic Chemistry in Brazil, which overlaps with the period of activity of SBQ.

Keywords: inorganic chemistry; research in Brazil; 40th SBQ, scientific production; international cooperation.

INTRODUÇÃO

No ano de 2002, os Professores Henrique E. Toma (USP/SP), Ana Maria da Costa Ferreira (USP/SP) e Osvaldo A. Serra (FFCL-USP/RP) publicaram na *Química Nova* o artigo intitulado “DESENVOLVIMENTO DA QUÍMICA INORGÂNICA NO BRASIL”.¹ Esse artigo tinha como meta, nas palavras dos próprios autores, “Compor um panorama da evolução da Química Inorgânica nos últimos 25 anos”,¹ compreendendo o período de 1977 a 2001.

Pioneiramente, esses autores analisaram o desenvolvimento da Química Inorgânica no Brasil por meio da participação de pesquisadores nas Reuniões Anuais da Sociedade Brasileira de Química (SBQ) e a sua produção científica no período. Os dados então coletados indicaram uma área pujante e bastante diversificada em termos de temas abordados nos estudos, apesar de sua menor dimensão se comparada a outras áreas na Química Brasileira. Já naquela época, era preocupante o número limitado de grupos de pesquisa atuantes e o incentivo à renovação dos pesquisadores.

Em comemoração aos 40 anos da Sociedade Brasileira de Química (SBQ) retomamos o tema para fazer uma reavaliação da área nos últimos 15 anos, complementando a avaliação anteriormente realizada, visando atualizar esses dados e, eventualmente, verificar possíveis mudanças de rumo nos principais focos de interesse dos pesquisadores. Dessa forma, esperamos contribuir para se ter um panorama geral e atualizado do que tem sido desenvolvido na área de Química Inorgânica no Brasil ao longo dos últimos 40 anos, isto é, durante o período de atuação da SBQ.

É importante destacar que nesses últimos 15 anos o país experimentou uma grande mudança nas políticas públicas associadas ao acesso à educação superior gratuita, à fixação de doutores no magistério superior, às linhas de financiamento da pós-graduação e

à renovação, consolidação e distribuição geográfica da infraestrutura de pesquisa no Brasil. Dentre os principais aspectos pode ser citada a expansão da Rede Federal de Educação Superior que teve início em 2003, com a interiorização dos campi das universidades federais, a partir do Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (Reuni). No âmbito do Reuni, o número de municípios atendidos pelas universidades federais mais que dobrou.² Além da criação de novos campi, possibilitando a ampliação de vagas de graduação, criação de novos cursos e fixação de doutores na graduação e na pós-graduação, o número de universidades federais cresceu de 45 em 2013 para 63 em 2017.^{2,3} Os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia e Centros Federais de Educação Tecnológica se estabeleceram como agentes de formação superior no nível de graduação e alguns também começaram a oferecer cursos de pós-graduação. Em 2017, o número de cursos de Química oferecidos em todos os estados da Federação nas modalidades presenciais ou à distância, nos graus de Bacharelado, Licenciatura ou Tecnológico, chegou a 811, que é um número sem precedentes nesses 40 anos de Química no Brasil.³

Estas expansões atingiram, em maior ou menor grau, todas as áreas do conhecimento e, evidentemente, beneficiaram significativamente a Química Inorgânica no Brasil. A contribuição da evolução da Pós-Graduação em Química para a pesquisa em Química Inorgânica será tratada mais adiante.

Estratégias adotadas no levantamento das informações

Neste trabalho foram adotadas basicamente as mesmas estratégias de pesquisa utilizadas no trabalho pioneiro precedente.¹ Essas estratégias estão descritas no tópico denominado “Estratégias adotadas no levantamento das informações” no material suplementar. Nessa pesquisa foram levantados um total de 405 pesquisadores. Esse conjunto de 405 pesquisadores brasileiros atuantes na Química Inorgânica no

*e-mail: shirleyn@ufpr.br

âmbito dos trabalhos submetidos à Divisão de Química Inorgânica das Reuniões Anuais da SBQ (da 25ª RA/SBQ até a 39ª RA/SBQ) e aos eventos Brazilian Meeting on Inorganic Chemistry (BMIC, da 11ª até a 18ª edição) serão doravante referidos neste trabalho como o conjunto “PQ-INO-SBQ/BMIC”.

Já se observa que esse número é inferior ao número de 700 pesquisadores levantado anteriormente.¹ A principal explicação para esse fato é que a pesquisa foi feita agora apenas entre os pesquisadores (docentes) que submeteram seus trabalhos à atual Divisão de Química Inorgânica da SBQ, não considerando trabalhos submetidos a outras Divisões, como anteriormente. No período, houve ainda ampliação do número de Divisões na SBQ, que atraiu parte dos químicos inorgânicos, como as divisões de Química Biológica, Química Medicinal, Química dos Materiais ou Catalise. Além disso, o novo período focalizado compreende somente 15 anos, em vez de 25.

Em seguida, foi feito um levantamento no WEB/ISI, WEB of Science e Currículo Lattes/CNPq da produção científica de todos os membros do grupo PQ-INO-SBQ/BMIC arrolados no período de 2002 até o presente (incluindo janeiro de 2017) como descrito no material suplementar. Esse levantamento resultou em 3006 trabalhos de fato relacionados a pesquisas na área inorgânica. Em uma primeira análise dos dados levantados, algumas considerações já podem ser feitas a respeito da evolução da área de Química Inorgânica no país. No período anterior (1977 a 2001, 25 anos),¹ foram publicados 2273 artigos, perfazendo um total de 91 artigos por ano e, considerando 700 pesquisadores, chegou-se a 0,13 trabalhos por autor e por ano no período. No levantamento atual, que cobriu o período de 2002 a 2016 (15 anos) foram encontrados 3006 registros, perfazendo cerca de 200 publicações ao ano e, considerando os 405 membros do grupo PQ-INO-SBQ/BMIC identificados, cerca de 0,50 trabalhos por autor e por ano, no período. Esses números, embora relativos e sujeitos às ressalvas já levantadas no trabalho prévio, quanto aos cuidados com o levantamento de autores e produção, são reveladores e parecem indicar uma real evolução na área de pesquisa de Química Inorgânica e, portanto, da Química brasileira, ao longo destes 40 anos. Essa melhoria em termos numéricos reflete o crescimento da comunidade científica brasileira, balizada principalmente pela atuação da SBQ, entre outras entidades, proporcionando interações regulares entre os pesquisadores por meio das Reuniões Anuais e de congressos específicos como BMIC, e ainda mantendo revistas nacionais para divulgação dos trabalhos, em inglês ou em português. Também é decorrente das maiores possibilidades de financiamento proporcionadas pelos principais órgãos federais (CNPq, CAPES e Finep) e as diversas fundações estaduais (FAPs), ao longo desse período.

Considerando que a pesquisa e a produção científica da Química Inorgânica no Brasil estão fortemente associadas à produção da

pós-graduação, o aumento da produção por pesquisador no levantamento atual (2002 a 2016) em relação período anterior (1977 a 2001) reflete também a consolidação da pós-graduação no país. Enquanto na avaliação trienal 2001 (1998 a 2000) feita pela CAPES havia um total de 23 cursos de doutorado na área de Química,⁴ esse número praticamente dobrou na avaliação trienal mais recente (2010 a 2012).⁵ Esse indicador indireto de melhoria de qualidade da pós-graduação em química no país é justificado pelo fato de que a regulamentação de cursos de doutorado pela CAPES é mais rigorosa que aquela para criação de cursos de mestrado acadêmico e implica corpo docente com produção qualificada e infraestrutura adequada. Este aumento quantitativo ocorreu sem prejuízo aos indicadores de qualidade, sendo observado um aumento no número de cursos de doutorado de excelência (conceito 7) de 3 (avaliação trienal 2001) para 9 (avaliação atual); o número de cursos de doutorado nos extratos de conceitos 5+6 permaneceu essencialmente inalterado (ligeiro aumento de 13 para 14 cursos).^{4,5}

Avaliação dos resultados

Os resultados obtidos no levantamento da produção científica dos membros do grupo PQ-INO-SBQ/BMIC, nos últimos 15 anos, foram organizados de tal forma a compará-los aos dados de 2002, complementando e atualizando aqueles resultados. A Tabela 1 apresenta a distribuição das publicações encontradas por ano de publicação, indexadas no período (total de 3006).

Observa-se que a distribuição de publicações por ano a partir do ano de 2006 é consideravelmente estável, em torno de 210 a 220 publicações por ano. Essa relativa estabilidade do número de publicações anuais está relacionada muito provavelmente à também relativa estabilidade verificada nas fontes de financiamento pelas agências, especialmente no Estado de São Paulo; à crescente internacionalização da Ciência, especialmente nos últimos anos, por meio de vindas de pesquisadores visitantes estrangeiros e possibilidades de estágio ou visitas de alunos e pesquisadores brasileiros a centros de pesquisa no exterior; além da constante interação entre os pares por meio de reuniões da SBQ e outros congressos nacionais e internacionais. Essa constante interação entre diferentes grupos, em diferentes realidades, estimula uma maior produção científica. Também merece destaque o agrupamento de pesquisadores em torno de objetivos comuns. Isso ocorreu por meio dos projetos temáticos, projetos em rede, Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia (INCTs) e Centros de Excelência em Pesquisa, Inovação e Difusão (CEPIDs), o que incentivou a investigação de temas mais abrangentes e mais significativos, realizada por equipes com competência em áreas complementares, num esforço multidisciplinar focalizado e com uso mais racional de recursos instrumentais compartilhados.

Tabela 1. Produção científica brasileira na área de Química Inorgânica no período de 2002 a janeiro de 2017 levantada entre os membros do grupo PQ-INO-SBQ/BMIC (Fonte Web of Science)

Ano	Número de artigos	Porcentagem (%)	Ano	Número de artigos	Porcentagem (%)
2002	151	4,76	2011	234	7,84
2003	110	3,53	2012	211	7,33
2004	154	4,79	2013	216	7,24
2005	146	4,76	2014	206	7,06
2006	198	6,10	2015	195	6,85
2007	236	7,66	2016	230	8,08
2008	258	8,50	2017	23	0,69
2009	232	7,54			
2010	206	7,06	Total:	3006	100

Esses resultados também atestam uma maior maturidade da comunidade científica brasileira em geral e, particularmente, na área de Química Inorgânica. O número de alunos interessados e o número de pesquisadores atuantes na área cresceram, muitos grupos se consolidaram e, conseqüentemente, a produção acompanhou esse desenvolvimento, tendo melhorado os indicadores de publicações, apresentações em congresso e formação de recursos humanos.

A análise das principais revistas utilizadas pelos membros do grupo PQ-INO-SBQ/BMIC para inserir seus trabalhos (Tabela 1S, material suplementar), permite algumas conclusões interessantes. De um total de 364 revistas nas quais os 3006 artigos estão distribuídos, cerca de 10% (35 revistas) concentram aproximadamente metade da produção (1544 artigos). Estas 35 revistas apresentaram 20 ou mais artigos do grupo PQ-INO-SBQ/BMIC, no período focalizado. É evidente a maior diversificação dos trabalhos realizados neste período, em comparação com o período anteriormente analisado, a partir do aparecimento de outras revistas na lista tabelada, além das tradicionais, como, *Polyhedron*, *Inorg. Chim. Acta*, *Inorg. Chem.*, *Dalton Trans.* ou *J. Luminescence*, que mantiveram aproximadamente o mesmo número de publicações brasileiras ao longo dos dois períodos. Na área de Catalise, apareceu produção significativa (25 a 30 artigos) em revistas como *J. Catal.* (29 artigos) ou crescimento em outras que já apareciam na Tabela no período anterior,¹ como *Appl. Catal. A: Gen.* (51 vs. 12) e *J. Mol. Catal. A: Chem.* (53 vs. 41). Houve também aumento de publicações em revistas de áreas correlatas, como eletroquímica (*Electrochim. Acta*, 35 artigos vs. 18), bioinorgânica (*J. Inorg. Biochem.*, 60 artigos vs. 41) e espectroscopia (*Spectrochim. Acta Part A*, 50 vs. 16). Uma diminuição acentuada foi verificada em revistas que focalizam mais em sínteses e caracterizações, como *Thermochim. Acta* (22 vs. 115), *J. Alloys Compd.* (23 vs. 90) ou *J. Non-Cryst. Solids* (26 vs. 77). Adicionalmente, publicações em número marcante apareceram em revistas na área de materiais, como *Microporous Mesoporous Mater.* (30), *Mater. Chem. Phys.* (21), *Mater. Lett.* (21) e *Mater. Res. Bull.* (20). Também apareceram revistas de Físico-Química que não constavam anteriormente da lista, como *J. Phys. Chem. C* (28) e *Phys. Chem. Chem. Phys.* (23) e revistas com enfoque ambiental, como *J. Hazardous Materials* (30) ou de polímeros, como *Carbohydrate Polymers* (33). Merece ainda destaque o aparecimento de artigos em outras revistas conceituadas mais novas, como *RSC Advances* (25), *Inorg. Chem. Commun.* (42) e *Eur. J. Inorg. Chem.* (21), que não constavam da lista anterior. Desta maneira, percebe-se que o foco das pesquisas continuou a se diversificar, abrangendo diferentes áreas, além da Inorgânica clássica, e que o número de artigos publicados cresceu nas revistas com maior índice de impacto.

As publicações em revistas da SBQ continuaram a aumentar, comparando-se os dois períodos, com *Química Nova* apresentando 138 artigos no período mais recente vs. 84 no período anterior, e *J. Braz. Chem. Soc.* apresentando 137 vs. 102, respectivamente nos mesmos períodos. Entretanto, enquanto no período anterior as publicações nestas duas revistas representavam 12,2% do total, neste novo período elas representam apenas 9,1%.

De modo geral, estes dados indicam um amadurecimento dos pesquisadores, que passaram a produzir trabalhos com abordagens mais interdisciplinares, seguindo a tendência geral da Ciência, e a publicar em revistas mais diversificadas. Percebe-se na Tabela 1S que a gama de revistas contendo cerca de 30 a 50 artigos publicados no período é bastante ampla, abrangendo tópicos como catalise, espectroscopia, cristalografia, eletroquímica, polímeros, química ambiental e materiais. Algumas destas revistas não apareciam no levantamento anterior.

Para aqueles que acompanham e participam dessa comunidade, é patente nas publicações (sejam artigos ou apresentações em congressos) a evolução das pesquisas em termos de temas focalizados e

principalmente nas abordagens e recursos instrumentais utilizados ao longo desses 40 anos. Seguindo a tendência mundial, as publicações de brasileiros também passaram a dar maior ênfase na justificativa dos estudos e nas suas possíveis aplicações.

Principais linhas de pesquisa

A Tabela 2S (material suplementar) ilustra as principais palavras-chave encontradas nos trabalhos analisados nos últimos 15 anos. Esse levantamento foi feito para, a exemplo do trabalho de 2002,¹ tentar estabelecer os principais temas e tendências de trabalhos que originaram as publicações dos membros do grupo PQ-INO-SBQ/BMIC. Enquanto no trabalho anterior os autores testaram diferentes palavras-chave para classificar os trabalhos selecionados, na abordagem atual as palavras-chave com as quais se trabalhou foram as encontradas nas publicações analisadas.

Os dados apresentados na Tabela 2S permitem identificar os temas mais estudados na área ao longo desses 15 anos e, associados aos principais periódicos utilizados pela comunidade (Tabela 1S), mostram uma clara tendência à ampliação da abrangência e multidisciplinaridade dos principais temas nos quais os pesquisadores da área têm se envolvido.

Os termos “Complex/coordination/ligand”, “Spectroscopy/FTIR/Raman/EPR/RMN/UV-Vis”, “Crystal structure/X-ray structure/X-ray-diffraction” e “Compound preparation”, típicos da Inorgânica, apareceram em 25,7%, 20,4%, 18,9% e 15,7%, respectivamente, do total de artigos analisados. Adicionalmente, trabalhos contendo os metais cobre (6,8%), rutênio (5,9%) e ferro (2,7%) como palavras-chave perfazem um total de 15,4% dos artigos analisados. Esse mesmo comportamento já havia sido destacado nas pesquisas até 2002. Compostos de outros metais, como níquel (4,8%) e európio (4,8%) que mereciam destaque na pesquisa de 2002, no levantamento atual aparecem como palavras-chave em pouco mais de 2% do total de trabalhos analisados. Outros 13 metais diferentes foram citados, ainda que poucas vezes nas palavras-chave (ver Tabela 2S).

O termo denominado “Medicinal”, que agrega uma série de palavras-chave, não apareceu na análise anterior e foi citado agora em 16,4 % dos artigos selecionados. Ao se incluir termos como “Nitric-oxide/nitrosyl complexes” (4,2%) a percentagem cresce para >20%. O termo correlato “Bioinorganic/mimic/biomimetic” passou de 0,7% do total de publicações no período anterior,¹ para 4,4% na avaliação atual. O crescimento da Química Inorgânica Medicinal e Química Bioinorgânica nos últimos 15 anos no Brasil acompanha a tendência global de preocupação com a saúde, com o funcionamento dos sistemas biológicos e com a necessidade de inovação no desenvolvimento de novos fármacos.

Os termos “Nano” (15,9%), “Materials” (15,2%), “Catalysis/catalyst/ kinetics/ active-site” (14,5%), “Electrochemical/ eletrode/ voltammetry/ redox” (13,5%), “Oxidation” (11,4%), “Porphyrin/ metalloporphyrin/phthalocyanine” (10,2%) e “Sol-gel/silica/mesoporous silica” (9,7%) mereceram destaque neste novo período. Particularmente, trabalhos com porfirinóides passaram de 4,2% no período anterior para 10,2% no período atual.

Alguns termos, ao contrário, apresentaram queda de citação nas palavras-chave ao longo destes 15 anos, como “rare earth/lanthanides”, “luminescence” e “thermal/thermochemistry”. A primeira (antes 10,4%) não aparece como tal nesta análise, enquanto as outras duas aparecem com 5,2 (vs 8,6%) e 2,3% (vs 10,4%), respectivamente. Não obstante, “Europium” (1,1%) aparece como um dos 8 metais explicitamente identificado como palavra-chave nos trabalhos analisados.

Muitas palavras-chave puderam ser agregadas em grupos mais gerais abrangendo preparação e/ou aplicação, como é o caso dos termos “Oxidation” (11,4%), “Magnetic properties” (3,2%) e

“Nitric-oxide/nitrosyl complexes”. Digno de nota é o aparecimento do grupo “Calculation/DFT/ab-initio/molecular calculations”, agregando palavras-chave vinculadas à química computacional e/ou teórica, correspondendo a 4,9% dos trabalhos analisados e mostrando uma tendência importante dos trabalhos de pesquisa dos últimos 15 anos.

Particularmente, a análise cruzada dos grupos da Tabela 2S sugere grandes temas de pesquisa ocorrentes na área. Por exemplo, as palavras-chave agregadas nos grupos “Carbon/graphene/carbon nanotubes”, “Clay/kaolinite/montmorillonite/perovskite”, “Nano”, “Sol-gel/silica/mesoporous silica”, “Polymer” e “Film/thin films/monolayers/Langmuir-Blodgett” sugerem uma grande quantidade de trabalhos voltados para o tema de Materiais e Química do estado sólido. Além disso, os termos “photochemistry /photosensitizers / PDT /TiO₂”, “Electrochemical/ electrode/ voltammetry /redox”, “Oxidation” e “Biodiesel/esterification/transesterification” se relacionam fortemente ao tema Catálise. O mesmo pode ser visto no tema “Porphyrin/metalloporphyrin/phthalocyanine” em conjunto com “Bioinorganic /mimetic/ biomimetic” e “Nitric oxide/nitrosyl complexes” que podem ser em parte relacionados à Química Medicinal.

Produção científica nas diferentes instituições de ensino do país nos níveis federal, estadual e privado

A Tabela 2 apresenta os percentuais referentes ao número total de artigos publicados pelos pesquisadores nas várias instituições federais, estaduais e privadas, no universo de membros do grupo PQ-INO-SBQ/BMIC considerados nos últimos 15 anos. Como estratégia de apresentação e análise dos dados, foram tabeladas individualmente as instituições que apresentavam no período, porcentagem de membros do grupo PQ-INO-SBQ/BMIC com produção indexada, no período, superiores a 0,5% (cerca de 2 pesquisadores) do total analisado (405 pesquisadores). Abaixo desse valor, as instituições foram agrupadas por semelhança, como por exemplo, Universidades Federais variadas, demais universidades estaduais, etc.

Na publicação de 2002 foi observado que um total de 16 universidades federais participou com 36% da produção científica analisada, enquanto que as universidades estaduais paulistas foram responsáveis por 53%. Não foram apresentados resultados de outras instituições.¹

Na Tabela 2 podemos observar que o universo de instituições que contribuíram para a pesquisa em Química Inorgânica nos últimos 15 anos é amplo, abrangendo todas as regiões do país. Foram elencadas instituições federais principalmente, além de estaduais e algumas poucas privadas. Cerca de 39 universidades federais (as apresentadas individualmente na tabela, bem como aquelas agrupadas na linha “Outras UFs – IFs Variadas” e detalhadas na nota de rodapé “e”) somadas a institutos federais variados perfazem um total de cerca de 57,8% de toda a produção científica analisada. As universidades estaduais são responsáveis por 38,7% da produção e as instituições privadas por apenas 3,5% do total. Esse resultado claramente mostra um crescimento nos últimos 15 anos da contribuição das universidades federais à pesquisa na área de Química Inorgânica no país. Considerando que houve um crescimento expressivo no número de instituições federais nesse período, algumas inclusive com bons cursos de pós-graduação nessa área, esses resultados podem ser parcialmente justificados. No entanto, esse crescimento pode também ser decorrente de uma consolidação dos vários grupos de pesquisa e diversos programas de pós-graduação nas diferentes universidades federais nesta última década, aliada a um maior aporte financeiro proporcionado no período.

Quando se analisa os resultados em termos regionais, observa-se uma distribuição da produção majoritariamente por 5 estados: SP (27,4%), MG (13,6%), RJ (10,4%), PR (11,1%) e RS (5,9%), perfazendo um total de 68,4% do total da produção analisada. Esse

resultado é muito diferente daquele apresentado nos 25 anos analisados anteriormente (1977-2001)¹ que mostraram o Estado de SP responsável por 56% da produção científica em Química Inorgânica, seguido do RS (6,2%) e de MG (6%). Embora a pesquisa atual mostre que a maior porcentagem de pesquisadores ainda é de SP, os dados atuais revelam uma maior consolidação das demais regiões e uma melhor distribuição geográfica da produção, indicando que outros estados vêm contribuindo com as pesquisas nessa área de forma mais significativa. Como exemplo pode ser citado o PR, que teve um crescimento expressivo nos últimos 15 anos. No período anterior,¹ o estado foi representado pela UFPR com 3,2% da produção total de trabalhos analisada. Agora, essa mesma universidade foi responsável por 4,7% de todos os trabalhos analisados e o estado como um todo por 11,1%, em grande parte representada pela produção científica das universidades estaduais, que não haviam sido avaliadas na primeira análise de 2002.

Também aparecem nesta Tabela 2 algumas universidades federais ou estaduais que se destacaram individualmente em termos de publicações neste novo período. Como exemplos, podem ser citadas em SP a UFABC (criada em 2005); em MG a UFJF a UFU e no RJ a UENF e a UFRRJ; responsáveis individualmente por 0,8 a 2,3% do total de publicações. Em todas elas há grupos de pesquisadores da nova geração que se mostraram muito atuantes nos últimos anos.

As universidades federais UFPE, UFPB, UFC e UFBA, apesar da renovação considerável do quadro de docentes de Química Inorgânica observada em algumas delas nos últimos 10 anos, continuam se destacando na produção científica em Química Inorgânica no Nordeste, sendo responsáveis individualmente por 0,8 a 2,0% do universo de publicações considerado neste levantamento. Talvez não coincidentemente, essas quatro universidades são as únicas na Região a oferecerem cursos de doutorado em Química desde as décadas de 80 (UFPE) ou 90 (UFC, UFBA e UFPB). Por outro lado, cursos de doutorado em Química foram criados muito recentemente (2015-2016) nas universidades UFPI, UFS e UFRPE, enquanto que no Maranhão sequer há curso de doutorado em Química. Três novos cursos de mestrado em Química foram criados na Bahia, mas estes não contemplam a área de Química Inorgânica.

Na região Centro-Oeste, destacam-se a UnB e a UFG. Além disso, nessa região, o curso de doutorado em Química na UFMS teve início em 2013, enquanto a UFGD começou a oferecer o curso de mestrado em Química a partir de 2011. O estado de MT não possui curso de doutorado em Química, tendo o curso de mestrado sido estabelecido recentemente (2010).

A baixa produção da Região Norte na área de Química Inorgânica é preocupante e reflete não apenas a carência de programas de pós-graduação em Química na região, mas possivelmente um enfoque para outras áreas. Por exemplo, o programa de pós-graduação em química da UFRR (mestrado) não possui a área de concentração em Química Inorgânica. A produção em Química Inorgânica da região contabiliza apenas 0,1% no universo analisado.

Além disso, constata-se na Tabela 2 a participação crescente de universidades privadas em termos de trabalhos publicados, responsáveis por 1,5 % deles no período, sendo que pouco mais da metade deles (0,8%) é devida às chamadas universidades confessionais (PUCs). Ainda dentre as universidades privadas, destaca-se individualmente a UNIFRAN (Universidade de Franca), responsável por 2,0% dos trabalhos publicados no período. Assim, embora lentamente, começa a ser significativa a produção científica fora das universidades públicas, ao longo desses 40 anos.

Apesar dos problemas regionais pontuais, todos estes dados são promissores, pois atestam uma distribuição mais diversificada da produção científica pelas várias instituições, em várias regiões, e um maior desenvolvimento dos grupos de pesquisa disseminados pelo país.

Tabela 2. Produção científica em química inorgânica, das principais instituições de ensino superior no Brasil, apresentada por membros do grupo PQ-INO-SBQ/BMIC, no período de 2002 a 2017 (janeiro)

Estado	Instituição	Porcentagem de trabalhos no total	Número de pesquisadores	Porcentagem dos pesquisadores	Porcentagem total dos pesquisadores
SP	USP ^a	13,8	41	10,1	27,4
	UNESP/Araraquara /Presidente Prudente	12,6	23	5,7	
	UNICAMP	8,1	17	4,2	
	UFSCAR	6,8	13	3,2	
	UNIFESP todos os <i>campi</i> ^b	1,0	7	1,7	
	UFABC	1,3	6	1,5	
	UNIFRAN	2,0	4	1,0	
MG	UFMG	6,5	23	5,7	13,6
	UFs do estado de MG ^c	3,6	19	4,7	
	UFJF	2,3	7	1,7	
	UFU	0,8	6	1,5	
RJ	UFRJ	4,2	20	4,9	10,9
	UFF	2,0	14	3,5	
	UENF+UFRRJ	0,8	6	1,5	
	UFRRJ	0,5	4	1,0	
PR	Estaduais do Paraná ^d	2,9	24	5,9	11,1
	UFPR	4,7	15	3,7	
	UTFPR	0,4	6	1,5	
RS	UFRGS	6,1	16	4,0	5,9
	UFSM	2,9	8	2,0	
CE	UFC	1,8	10	2,5	10,3
GO	UFG	0,7	7	1,7	
SC	UFSC	2,8	6	1,5	
DF	UnB	1,7	6	1,5	
PE	UFPE	2,0	5	1,2	
BA	UFBA	0,8	5	1,2	
PB	UFPB	1,1	3	0,7	
	Região Nordeste (UFAL, UFPI, UFRN, UFS, UFMA)	2,3	21	5,2	16,1
	Região Norte (UFAM, UFPA, UFRR)	0,1	5	1,2	
	Outras UF-IFs VARIADAS ^e	1,0	16	4,0	
	Institutos federais variados ^f	0,8	9	2,2	
	Demais estaduais ^g	0,5	14	3,5	
	PUCs (Goiás, Rio Grande do Sul e Rio de Janeiro)	0,8	6	1,5	4,7
	Demais privadas ^h	0,7	13	3,2	
	Total	100%ⁱ	405	100%	100%

^aSão Paulo, Ribeirão Preto e São Carlos. ^bUNIFESP – Universidade Federal de São Paulo, todos os Campus do estado de São Paulo. ^cUniversidade Federal de Alfenas, Universidade Federal Lavras, Universidade Federal de Viçosa, Universidade Federal de Ouro Preto, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Universidade Federal de Itajubá, Instituto Federal do Sudoeste de Minas Gerais, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais e Universidade Federal de São João Del Rei. ^dUEM (Maringá), UEL (Londrina), UNIOESTE (Toledo), UNICENTRO (Guarapuava), ENESPAR (União da Vitória) e UEPG (Ponta Grossa). ^eUniversidade Federal de Pelotas, Universidade Federal do Rio Grande, Universidade Federal da Fronteira Sul, Universidade Federal da Grande Dourados, Universidade Federal do Pampa, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Universidade Federal do Recôncavo baiano, Universidade Federal do Espírito Santo, Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Universidade Federal do Semi Árido. (Individualmente apresentavam porcentagem de professores pesquisadores que submeteram trabalho no período analisado inferior a 0,5% do total analisado, ou seja, 405 pesquisadores). ^fInstitutos federais variados: IFSP - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo; IFECTRJ - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, Campus Nilópolis; Instituto Federal de São Paulo, Instituto Federal do Ceará - Reitoria, Instituto Federal do Ceará - Campus Iguatu; Instituto Federal de Roraima (IFRR), IFECTES - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, Campus Vila Velha e Instituto Federal Fluminense. ^gUEMS, UEBA, Universidade do sudoeste da Bahia, UEMA, UEPB, UESC, UEGO, Universidade Estadual de Santa Cruz, CETPES-SP. ^hInstituições privadas de ensino superior: Faculdade Osvaldo Cruz SP, Universidade Presbiteriana Mackenzie, Universidade de Mogi das Cruzes, Faculdade do Campo Limpo Paulista, UNISC - Universidade de Santa Cruz do Sul, Fundação Universidade Regional de Blumenau, Faculdade Pitágoras de Poços de Caldas, Universidade de Fortaleza, Universidade CEUMA - MA, Universidade Anhanguera de São Paulo e UNIARARAS Araras (SP). ⁱCom relação ao total de trabalhos, quando se soma as publicações encontradas para cada pesquisador, sem eliminação de duplicidades e outros tratamentos.

Produção científica e a cooperação internacional

Dos trabalhos produzidos pelo grupo PQ-INO-SBQ/BMIC analisados, 34,9% envolveram colaboração internacional. A Tabela 3 apresenta os países com os quais os membros do grupo PQ-INO-SBQ/BMIC publicaram mais frequentemente seus trabalhos de pesquisa nos últimos 15 anos. Como estratégia de análise, foram inseridos individualmente na tabela os países que apresentaram números de publicações com os pesquisadores brasileiros iguais ou superiores a cerca de 1% do universo dos artigos analisados. Foram encontrados 11 países nessa categoria, além de outros 34 países onde o número de publicações com pesquisadores brasileiros foi inferior a 1% do total analisado. Quando isso ocorreu, esses países foram agrupados na linha “outros países”, cuja produção somada não ultrapassou 7% do total. Dentre os 11 principais países parceiros nas colaborações internacionais para o grupo PQ-INO-SBQ/BMIC nos últimos 15 anos (Tabela 3), destacam-se a Espanha (5,0%), Argentina (4,5%) e USA (4,0%), seguidos de Inglaterra (3,6%), França (2,7%) e Alemanha (2,2%).

Tabela 3. Artigos publicados por membros do grupo PQ-INO-SBQ/BMIC em colaboração com pesquisadores de instituições estrangeiras

País	Porcentagem sobre o total de artigos pesquisados (%)
Espanha	5,05
Argentina	4,50
USA	4,03
Inglaterra	3,57
França	2,72
Alemanha	2,25
Canadá	1,78
Uruguai	1,32
Itália	1,10
Portugal	1,02
Austrália	1,02
Outros países*	6,54
Total	34,90

*Foram agrupados na linha “Outros países” todos os países cujo número de trabalhos em colaboração com pesquisadores brasileiros foi inferior a 1,0% do total de publicações pesquisadas (total de publicações onde essa informação foi pesquisada: 2404 artigos). O número total de outros países corresponde a 34.

Quando se compara o número de países envolvidos em colaboração internacional levantado nos últimos 15 anos (44 países) com aquele verificado no ano de 2002 (valor máximo de 27 países)¹ podemos concluir que mais recentemente intensificaram-se os trabalhos de colaboração entre pesquisadores brasileiros e estrangeiros. Esse resultado pode ser consequência da maior quantidade de linhas de financiamento federal e estaduais incentivando a saída de estudantes com bolsas-sanduíche e de pesquisadores para estágio de pós-doutoramento. Além disso, o aumento de colaborações internacionais pode também ser resultado do aumento do número de pesquisadores brasileiros frequentando congressos internacionais, bem como a vinda de pesquisadores estrangeiros para participar de conferências nacionais como, por exemplo, as edições do BMIC e das RA-SBQ como já comentado. O programa Ciência sem Fronteiras, financiado pelo CNPq/CAPES, bem como bolsas para estudantes de pós-graduação financiadas pela CAPES, com certeza tiveram também papel relevante no envio de estudantes de

pós-graduação e pós-doutores ao exterior, que iniciaram ou fortaleceram laços de colaboração internacional. Cabe destacar também que a internacionalização passou a ser um critério com percepção de peso maior durante as avaliações recentes dos programas de pós-graduação em Química pela CAPES, o que naturalmente se reflete e contribui para a maior internacionalização da produção científica da Química Inorgânica do Brasil.

Recursos Humanos: formação e perspectivas futuras

No ano de 2002, o número de docentes vinculados a programas de pós-graduação na área da Química em todo o país era 922.⁶ O número de docentes, distribuídos nas categorias permanente, colaborador e visitante, mais que dobrou nos últimos 15 anos, passando a 1885 no ano de 2015.⁷ Evidentemente, o número de docentes atuantes na área de química nas instituições de ensino superior não se limita à pós-graduação e deve ser, portanto, muito maior.

Quanto à formação de alunos, até o ano de 2001, 419 mestres e 292 doutores foram titulados.⁶ No entanto, dados de 2015 indicam 1042 mestres e 584 doutores já titulados na área de química como um todo.⁷ Embora não se tenham informações de como esses docentes e titulados estão distribuídos nas várias instituições e grandes áreas da química (QI, QO, FQ e QA), espera-se que esse aumento expressivo observado de 2001 a 2015 contemple de forma análoga ou proporcional a área de Química Inorgânica. Sendo assim, é possível inferir que o número total de químicos inorgânicos titulados também cresceu ao longo dos últimos 15 anos.

O documento da área de química 2016, editado pela CAPES,⁸ mostra que a área da Química conta com 70 programas de pós-graduação recomendados em 114 cursos: 66 cursos de Mestrado Acadêmico, 45 cursos de Doutorado e 3 Mestrados Profissionais. Esses cursos estão distribuídos por quase todos os estados e regiões do Brasil, sendo 3 na região norte, 17 na região nordeste, 7 na região centro-oeste, 28 na região sudeste e 15 na região sul. Apenas os estados do Acre, Rondônia, Amapá e Tocantins não contam com programas de pós-graduação e o programa de pós-graduação em Roraima não contempla a área de Química Inorgânica. A propósito, dos 35 cursos de mestrado acadêmico em Química criados a partir de 2001 e recomendados pela CAPES, apenas 6 (UESB, UESC e UFOB, na BA; UFVJM, em MG; UFRR, em RR) possuem escopo limitado e não atendem formalmente à área de concentração em Química Inorgânica. Todos os 23 cursos de doutorado em Química criados a partir de 2001 contemplam linhas de pesquisa na área de Química Inorgânica. Espera-se que boa parte dos titulados, nos diferentes programas de pós-graduação espalhados pelo país, certamente sejam gradativamente absorvidos por essas instituições públicas e algumas das instituições privadas consideradas nessa pesquisa, para garantir uma continuidade na multiplicação de pesquisadores com consequente progresso da área.

Ao se analisar a formação declarada dos pesquisadores considerados nessa pesquisa (Tabela 3S, material suplementar) na plataforma Currículo Lattes do CNPq, pode-se observar que mais de 80% apresentam titulação na área de química, sendo cerca de 25% em química inorgânica. Destaca-se, no entanto, que muitos programas de pós-graduação não apresentam a titulação específica “química inorgânica” e sim titulações mais gerais, tais como Doutorado em Ciências e Doutorado em Química.

A partir das informações declaradas no Currículo Lattes, ou pela ausência de atualização dos dados nessa plataforma de pesquisa (Tabela 4S, material suplementar), é possível estimar que pelo menos 31 pesquisadores do universo analisado já se aposentaram, sendo a maioria com formação no período de 1960-1980. No entanto, é possível também afirmar que alguns continuam suas atividades de

pesquisa, com bolsa de pesquisador (SR) ou não. Infelizmente é possível também, a partir da consulta ao Lattes e conhecimento das divulgações efetuadas pelo Boletim da SBQ, afirmar que ao menos 8 pesquisadores, constantes no universo de pesquisadores considerados (405) vieram a falecer no período pesquisado. Os números na Tabela 4S mostram, no entanto, que mais de 42% dos pesquisadores analisados se formaram após 2001, o que aponta para uma carreira acadêmica ainda longa para boa parte do universo de pesquisadores ativos.

Ao se levantar o perfil de distribuições de bolsas do CNPq entre os pesquisadores considerados nesse trabalho (Tabela 4), observa-se que 154 pesquisadores são bolsistas de Produtividade em Pesquisa, sendo a maioria das bolsas distribuídas no CA Química. A partir de uma busca de bolsas vigentes no site do CNPq,⁹ pode-se concluir que alguns desses pesquisadores provavelmente são bolsistas da área de Química mas atuantes em alguma das outras grandes áreas, visto que apenas 118 bolsistas podem ser vinculados a química inorgânica (16,7% do total de 706 bolsas de produtividade em pesquisa).⁹

Tabela 4. Levantamento de Bolsistas de Produtividade em Pesquisa dos membros do grupo PQ-INO-SBQ/BMIC (CNPq)

Tipo de bolsa	CA QU	outros CA	TOTAL
1A	14	1	15
1B	13		13
1C	17		17
1D	26	1	27
2	74	2	76
DT ^a	2		2
PQ-Sr ^a	3	1	4
total	149	5	154
sem bolsa	249		249
TOTAL	396	3	403^b

^aProdutividade em Desenvolvimento Tecnológico e Extensão Inovadora – DT e Pesquisador Sênior – PQ-Sr. ^bPara dois pesquisadores do universo analisado não foram encontradas informações sobre bolsa de produtividade.

Pode-se observar que o número dessas bolsas sofreu um grande aumento nos últimos 15 anos, de cerca de 50%, visto que no ano de 2001 esse número era de 349.¹ Como consequência, o número de bolsas vinculadas a área de Inorgânica também aumentou, saindo de 48¹ para cerca de 118.⁹ No entanto, em termos percentuais havia 13% de bolsistas na área de Química Inorgânica em 2002, que agora passaram para cerca de 16%, ou seja, praticamente o número de bolsistas nesta área se mostrou constante ao longo dos últimos 15 anos. Essa preocupação com o incentivo à pesquisa por meio das bolsas de produtividade já existia no levantamento anterior. Em 1990 havia 66 bolsistas na área de Química Inorgânica e esse número decresceu bastante nos anos seguintes, chegando a 48 em 2001.¹

Na análise da Tabela 4, observa-se que a grande maioria dos químicos trabalhando na área inorgânica não é bolsista de Produtividade em Pesquisa (249 pesquisadores no universo analisado), apesar de também contribuírem para o total de produção levantada nesta pesquisa. Portanto, embora tenha havido um crescimento no número total de bolsas de Produtividade em Pesquisa nos últimos 15 anos para o conjunto do CA Química, 706 em 2017⁹ contra 333 em 1991 e 349 em 2001,¹ esse número ainda está muito aquém das necessidades, pelo menos no que diz respeito a área de Química Inorgânica, já que a produtividade anual aumentou de 0,13 publicações/pesquisador para 0,50 nos últimos 15 anos.

CONCLUSÕES

Baseado no levantamento realizado pode-se concluir que a área evoluiu bastante ao longo das últimas 4 décadas, ampliando-se significativamente as abordagens utilizadas ao desenvolver trabalhos com temas inorgânicos. Esse progresso pode ser constatado não só pelo maior número de publicações (Tabela 1), com uma média de cerca de 220 publicações anuais ao longo dos últimos 10 anos, mas também pelas revistas mais utilizadas (Tabela 1S), cuja lista foi expandida e cresceu também em qualidade (escopo e índice de impacto), e por um conjunto maior de palavras-chave indicadas nestes estudos (Tabela 2S).

O amadurecimento da área também se reflete no maior número de grupos consolidados de pesquisa nesse último período analisado tanto em universidades públicas como privadas, que parecem apresentar uma tendência positiva de crescimento (Tabela 2). A distribuição mais homogênea da produção científica em termos de regiões do país também é um fator promissor (vide Tabela 2). Enquanto no primeiro levantamento, publicado em 2002,¹ as universidades paulistas representavam 56% da produção total, na análise mais recente esse número decresceu para 27,2%, atestando o desenvolvimento acentuado de outros estados.

Sem dúvida a maior interação dos pesquisadores com cientistas e entidades no exterior, por meio do incentivo e consequente progressão observada na colaboração internacional, também teve papel preponderante no avanço das pesquisas realizadas. Em 2002 haviam sido computados 480 artigos (20% do total de trabalhos analisados) com participação de parceiros internacionais,¹ sendo USA (3,5%), França (3,3%), Alemanha (2,9%), Espanha (2,6%), Inglaterra (1,6%), Itália (1,5%) e Canadá (1,3%) os países onde ocorreram interações mais frequentes, num universo de 27 países envolvidos. Nessa nova análise, houve interação mais frequente com 11 países, com adição de Argentina, Uruguai, Portugal e Austrália aos 7 anteriormente citados, que resultaram em publicações representativas de mais de 1% da produção total, além de mais 34 países onde a produção resultante foi inferior a 1% (Tabela 3). Essas publicações com participação de co-autores estrangeiros representaram 34,9% da produção total e envolveram 45 países diferentes.

A comunidade reagiu adequadamente aos problemas apontados na análise anterior,¹ realizando esforços conjuntos que garantiram a formação de maior número de pesquisadores, mais competitivos e que se aventuraram por temas mais relevantes, conforme recomendações feitas.

Segundo o Censo do Diretório de Grupos de Pesquisa no Brasil feito pelo CNPq,¹⁰ o número de grupos entre 2002 e 2016, considerando todas as áreas de conhecimento, passou de 15.158 para 37.640. Os dados do Censo, especificamente para a área de Química,¹¹ não discriminam as sub-áreas. Em 2016, foram computados 1302 grupos de pesquisa, desenvolvendo 6369 linhas de pesquisa na área da Química. Presume-se que a sub-área de Química Inorgânica acompanhou proporcionalmente essa tendência.

Segundo dados do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE),¹² ligado ao o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), o número de Programas de Mestrado e Doutorado cresceram no Brasil 305% e 310% respectivamente, entre 1996 e 2014. No caso da Química, essa taxa de crescimento foi de aproximadamente 64%. O número de Doutores titulados na área da Química cresceu 227%, no mesmo período. Dados análogos para Mestrados por área de atuação não foram encontrados nesses relatórios.¹² Esses números expressam o esforço extraordinário dispendido pelos pesquisadores na ampliação de seus quadros.

O documento de área da Capes⁸ afirma que “a área de Química tem enorme potencial de contribuição com os desafios nacionais”

e esses desafios abrangem diferentes temas. O documento ainda acrescenta que “o Brasil precisa enfrentar esses desafios para se posicionar entre os dez países maiores produtores de novos conhecimentos”. No presente trabalho observamos que os pesquisadores da área de Química Inorgânica enfrentaram e vêm enfrentando boa parte desses desafios, desenvolvendo pesquisas acadêmicas na maioria dos temas levantados pela Capes, a saber: educação, água, energia, bioenergia, biocombustíveis, avaliação, ética e integridade científica, nanotecnologia, nanobiotecnologia, química verde, sustentabilidade, materiais, doenças emergentes, doenças negligenciadas, fármacos e medicamentos, inovação e indústria química brasileira. Vêm também contribuindo para a formação de novos recursos humanos com abordagens multidisciplinares, favorecida pela unificação dos diversos programas de Pós-Graduação (QA, QI, QO e FQ), em um único (Química).

Finalmente, cabe uma última observação sobre a formação dos pesquisadores em Química Inorgânica, em consonância com recomendações feitas no trabalho anterior¹ e referentes à disponibilidade de bons textos didáticos básicos. Infelizmente, apesar de terem sido encontradas várias publicações de livros e capítulos de livro cujos autores são pesquisadores avaliados nesse trabalho, ainda é bastante incipiente a participação de autores brasileiros na literatura didática em Química. Esforços neste sentido seriam muito bem-vindos.

MATERIAL SUPLEMENTAR

Algumas Tabelas relativas aos dados discutidos neste trabalho estão disponíveis em <http://quimicanova.sbq.org.br>, na forma de arquivo PDF, com acesso livre.

REFERÊNCIAS

1. Toma, H. E.; Ferreira, A. M. C.; Serra, O. A.; *Quim. Nova* **2002**, *25*, 66.
2. <http://www.reuni.mec.gov.br/>, acessada em março 2017.
3. <http://www.emec.mec.gov.br/>, acessada em março 2017.
4. <https://www.sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/programa/quantitativos/quantitativoIes>, acessada em março 2017.
5. <http://www.conteudoweb.capes.gov.br/conteudoweb/AvaliacaoTrienalServlet?ano=2000&acao=pesquisar&IES=&Area=4>, acessada em março 2017.
6. Gama, A. A. S.; Cadore, S.; Ferreira, V. F.; *Quim. Nova*, **2003**, *26*, 618.
7. <http://www.geocapes.capes.gov.br/geocapes2/>, acessada em fevereiro 2017.
8. http://www.capes.gov.br/images/documentos/Documentos_de_area_2017/04_QUIM_docarea_2016.pdf, acessada em fevereiro 2017.
9. <http://www.cnpq.br/bolsistas-vigentes>, acessada em fevereiro 2017.
10. <http://www.lattes.cnpq.br/web/dgp/censo-atual/>, acessada em março 2017.
11. <http://www.lattes.cnpq.br/web/dgp/por-area2>, acessada em março 2017.
12. https://www.cgee.org.br/documents/10182/734063/Mestres_Doutores_2015_Vs3.pdf, acessada em março 2017.