

## PERFIL CIENTOMÉTRICO DA QUIMIOMETRIA NO BRASIL

Germano Veras<sup>\*a,10</sup>, Vitor D. Alves<sup>a</sup>, Hilthon A. Ramos<sup>a</sup>, Mirelly Gomes<sup>a</sup>, Lêda Figueiredo<sup>a</sup> e Emilly V. S. Matias<sup>a</sup><sup>a</sup>Departamento de Química, Universidade Estadual da Paraíba, 48429-500 Campina Grande – PB, Brasil

Recebido em 15/04/2022; aceito em 12/07/2022; publicado na web em 19/08/2022

CIENTOMETRIC PROFILE OF THE CHEMOMETRICS IN BRAZIL. The interest of researchers in understanding the stage of development of specific areas of knowledge is a way to understand their scientific maturity and their capacity for consolidation. This “popularization” of the knowledge of researchers working in a specific area of knowledge also allows a greater ability to recognize where science is produced and which actors participate in this effort from a series of evaluation parameters, indicative of the productivity of researchers through the number of articles published and the consistency of production and its relationship with the impact of this in the scientific community through citations of articles. Chemometrics, a science that relates measurements obtained in chemical systems or processes through the application of statistical and mathematical methods, an area created 50 years ago, still does not have a study evaluating the evolution of the area in qualitative and quantitative terms. In this sense, this article aims to present data from the profile of Brazilian scientific production in Chemometrics, as well as the training of human resources, in its scientometric aspects to allow an understanding of the dynamics and contemporary reality of the area. In terms of national scientific production is growing proportionally faster than the rest of the world, placing Brazil among the leading producers of knowledge in the area. Researchers in Chemometrics working in Brazil not only publish a significant number of articles, but these publications have a large number of citations, in addition to the training of human resources spread throughout Brazil, distributed among most graduate courses in chemistry, but not restricted to this area. Finally, the area of Chemometrics, which is about fifty years old, is mature, with numbers of publications and training of human resources, but it is noted that a plateau has not been reached in these two numbers, because the critical mass of researchers working in the area is still increasing.

Keywords: scientometry; chemometrics; Brasil.

## INTRODUÇÃO

A Quimiometria, segundo a União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC, do inglês *International Union of Pure and Applied Chemistry*), é a ciência que relaciona medidas obtidas em sistema ou processo químico via aplicação de métodos estatísticos e matemáticos.<sup>1</sup> O termo Quimiometria foi proposto pelo professor Svante Wold (*University of Umea*, Suécia) em 1971.<sup>2</sup> Em 1974, como marco histórico da criação da área, o prof. Wold e o professor Bruce Kowalski (*University of Wisconsin*, Estados Unidos da América) criaram a Sociedade Internacional de Quimiometria (ICS, do inglês *International Chemometrics Society*)<sup>3</sup> para unir os pesquisadores da área em todo o mundo. Em termos de Brasil, o que se considera como o marco inicial da área de Quimiometria é a visita do prof. Kowalski à UNICAMP<sup>4,5</sup> para ministrar curso intensivo sobre os fundamentos da área em novembro de 1980. Dessa data em diante a área se expandiu em número de pesquisadores e quantidade e qualidade de produtos (artigos, livros, patentes, processos, dentre outros) com aplicações nas mais diversas matrizes e espécies químicas e propriedades analisadas.

Alguns poucos trabalhos dedicados a contar a história da Quimiometria foram publicados nesses anos desde a criação da área. Bruns<sup>5</sup> fez um relato sucinto do estado da arte da área no Brasil em 1988 com indicação dos trabalhos desenvolvidos e as instituições envolvidas. Neste texto são citadas a Universidade de Campinas (UNICAMP) e a Universidade de São Paulo (USP) com estudos em maior grau de desenvolvimento e aprofundamento. Além dessas, outras universidades tinham pesquisadores em início de trabalho com Quimiometria, como Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Universidade Federal Fluminense (UFF) e Universidade Estadual de Londrina (UEL). Em

termos de pesquisadores foram citados os pesquisadores Benício de Barros Neto (UFPE), Ieda Spacino Scarminio (UEL), Roy Edward Bruns (UNICAMP), José Gregorio Fernando Flaige (UNICAMP) e Eduardo Fausto de Almeida Neves (USP).

Barros Neto *et al.*<sup>4</sup> em 2006 fizeram um relato breve do avanço da Quimiometria no Brasil a partir das subáreas Planejamento de Experimentos, Reconhecimento de Padrões, Métodos de Resolução de Curvas, Calibração Multivariada e Dados de Ordem Superior. Instituições citadas nessa publicação: UNICAMP, USP, UFPE, UEL, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), Universidade Federal do Pará (UFPA). A publicação também citou os seguintes pesquisadores: Benício Barros Neto, Ieda Spacino Scarminio, Ivano Gutz e Elias Ayres Guidetti Zagatto da USP, Mário César Ugulino de Araújo (UFPB), Roy Edward Bruns, Célio Pasquini, Romeu Virgili, Ronei Jesus Poppi e Márcia Miguel Castro Ferreira da UNICAMP, Pércio Augusto Mardini Farias, José Marcus de Oliveira Godoy e Ricardo Queiroz Aucélio da PUC-Rio.

Em termos de publicações sobre a história da Quimiometria em outros países, Oliveri<sup>6</sup> publicou um artigo que trata do início das pesquisas em Quimiometria na Argentina, com a criação da Associação Argentina de Químicos Analíticos em 1999 e a participação de um evento promovido por essa associação que, sem planejamento prévio, congregou pesquisadores argentinos que já desenvolviam trabalhos na área mas que não tinham conhecimento do que os colegas faziam.

Paul Geladi e Kim Esbensen,<sup>7</sup> em 1990, publicaram um trabalho que resgata o início da quimiometria através de entrevistas com três pesquisadores da área: Bruce Kowalsky, Desiré Luc Massart (*Vrije Universiteit*, Bélgica) e Svante Wold. Um simpósio que merece destaque foi proferido em 2015 por Svante Wold,<sup>3</sup> promovido pela Sociedade Americana de Química (ACS, do inglês *American Chemical Society*), em que faz um relato do início da Quimiometria

\*e-mail: germamo@servidor.uepb.edu.br

e a participação desse pesquisador e de Bruce Kowalski, intitulada “40 Years of Chemometrics – From Bruce Kowalski to the Future”. Além desses, não foi encontrado na pesquisa bibliográfica nenhum outro trabalho com a história e personagens marcantes no desenvolvimento da Quimiometria no mundo ou em algum país específico.

Em um esforço para registro audiovisual da história da Quimiometria no Brasil o Laboratório de Química Analítica e Quimiometria, coordenado pelo professor Germano Veras (Universidade Estadual da Paraíba - UEPB), fez uma série de entrevistas com pesquisadores pioneiros da área de Quimiometria. Esses entrevistados foram selecionados por terem sido testemunhas oculares dos acontecimentos que ensejaram a criação e expansão da área de Quimiometria e, mais do que isso, protagonistas da cena científica nacional como já pesquisadores ou primeiros alunos a terem contato com a área. Essa atividade foi antecedente e catalisadora de foco no XI Workshop de Quimiometria em 2020 e é possível assistir todas as entrevistas no sítio da rede mundial de computadores (<https://www.youtube.com/playlist?list=PLM3lpCYZ3a5YCHRv5IFLwgdrqU87HjPm2>).

O esforço de registro histórico da história da Quimiometria se faz importante pelo crescimento da área ao longo dos anos, acompanhando também uma evolução do número de publicações da Química, Figura 1, e das demais áreas das ciências no Brasil. Reforçando a ideia de importância da área, o crescimento e consolidação não só foi devido ao aumento significativo da produção científica e do número de pesquisadores brasileiros, mas também da influência e inserção destes no cenário internacional da pesquisa de Quimiometria no mundo.

Observa-se na Figura 1, particularmente nos dez últimos anos, crescimento exponencial das da Química e da Quimiometria, sendo mais pronunciado nesta última área. E, assim, surge a necessidade de entender o estágio atual de desenvolvimento da área no Brasil a partir do número de grupos de pesquisa e sua distribuição nos estados da federação, formação de recursos humanos e produção científica.

O interesse de pesquisadores em entender o estágio de desenvolvimento de áreas de conhecimento específicas é uma forma de compreender sua maturidade científica e capacidade de consolidação. Assim sendo, diversas publicações podem ser encontradas na literatura científica que tratam do tema, dentre os quais se destacam: ensino de astronomia,<sup>8</sup> psicologia sobre desemprego,<sup>9</sup> medicina tropical,<sup>10</sup> ciência da informação,<sup>11</sup> fisioterapia,<sup>12</sup> nanotecnologia em saúde,<sup>13</sup> anestesia,<sup>14</sup> suicídios,<sup>15</sup> insetos galhadores,<sup>16</sup> diabetes,<sup>17</sup> sociologia,<sup>18</sup> concretos geopoliméricos,<sup>19</sup> síntese verde de nanomateriais,<sup>20</sup> redes neurais artificiais para identificação de secas no século XXI,<sup>21</sup> universidades da Índia<sup>22</sup> e turismo no Brasil,<sup>23</sup> dentre outros. Pesquisas que possuem como

tema de entender uma área científica por meio do que se produziu e da formação de recursos humanos como objeto de estudo compõem a Cientometria.

## Cientometria

A compreensão dos elementos de avaliação de uma dada área de conhecimento compõe a ciência denominada de Cientometria. O objeto de estudo dessa ciência se baseia na avaliação qualitativa e quantitativa da produção científica e/ou tecnológica a partir de um recorte temporal, geográfico, institucional, dentre outros.<sup>24,25</sup> Esses estudos são particularmente importantes e interessantes para criação de políticas públicas de fomento à pesquisa e pesquisadores, às sociedades científicas para compreender o grau de maturidade de uma dada área de conhecimento em responder questões científicas relevantes.<sup>24,25</sup> Além disso, os próprios pesquisadores da área se beneficiam da compreensão do perfil da área para terem uma visão mais completa do quadro de participação de seus pares, não apenas focando nos mais produtivos ou mais destacados pesquisadores da área, mas também no que se produz.

Essa “popularização” do conhecimento de pesquisadores que atuam em uma dada área de conhecimento permite, inclusive, uma maior capacidade de reconhecer locais em que se produz ciência e que atores participam desta empreitada a partir de uma série de parâmetros de avaliação,<sup>26</sup> indicativos de produtividade dos pesquisadores por meio da quantidade de artigos publicados e constância de produção e sua relação com o impacto dela na comunidade científica por meio de citações aos trabalhos, por exemplo. Também, diversos trabalhos citam a formação de recursos humanos como parâmetro de qualidade dos pesquisadores e de programas de pós-graduação e neste quesito em específico o Sistema Nacional de Pós-Graduação, sob a gerência organizativa e política da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) se baseia nos critérios de quantidade e qualidade para ranquear programas de pós-graduação reconhecidos e recomendados no Brasil.

Nesse sentido, este artigo pretende apresentar dados de perfil da produção científica brasileira em Quimiometria, bem como a formação de recursos humanos, em seus aspectos cientométricos para permitir compreender a dinâmica e a realidade contemporânea da área.

## PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

A natureza da pesquisa é quali-quantitativa, com caráter bibliográfico, exploratório, descritivo e documental a partir de dados obtidos no Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES, na Plataforma Lattes e no Diretório de Grupos de Pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), na Base de

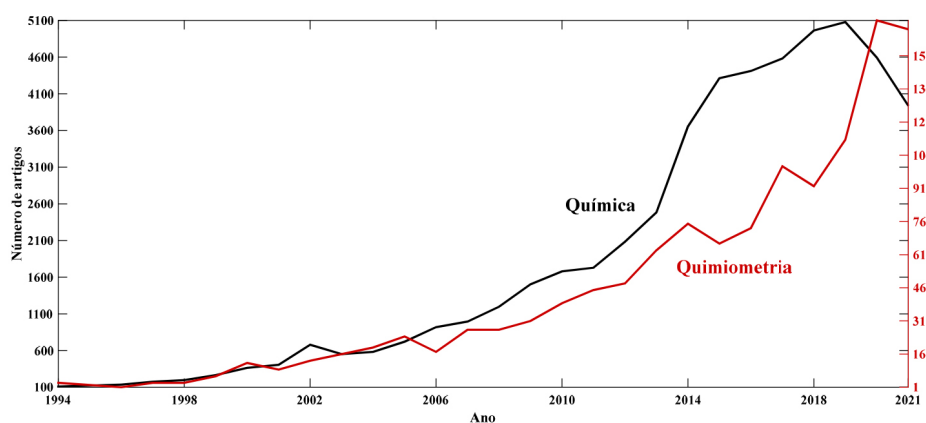


Figura 1. Crescimento da produção em Quimiometria e em Química por ano

Dados Web of Science da Clarivate Analytics e na Base de Dados Scopus da Editora Elsevier.

### Banco de teses e dissertações

Em termos dos dados provenientes do Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES foi feito o levantamento de teses e dissertações no dia 20 de junho de 2022 com dados relativos às teses e dissertações publicadas até o ano de 2021. As palavras-chave utilizadas foram “quimiometria” e seus adjetivos alterados em gênero (quimiométrico e quimiométrica) e número (quimiométricas e quimiométricos), presentes nos títulos, resumos e palavras-chave, indexadores principais de trabalhos científicos, nas línguas portuguesa e inglesa.

### Diretório de Grupos de Pesquisa

Em termos dos dados provenientes do Diretório de Grupos de Pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) foi feita uma consulta parametrizada de grupos certificados pelas instituições e que utilizem as palavras citadas acima (quimiometria, quimiométrico, quimiométrica, quimiométricas e quimiométricos) nos nomes, palavras-chave ou objetivos das linhas de pesquisa, nas línguas portuguesa e inglesa (*chemometric* e *chemometrics*). A pesquisa foi conduzida no dia 20 de junho de 2022.

### Plataforma Lattes

Na Plataforma Lattes do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) foi feito levantamento dos currículos registrados de pesquisadores com doutorado que possuíssem a palavra Quimiometria como assunto indicado no título ou palavra-chave da produção. A produção de artigos científicos foi avaliada até o ano de 2021 de currículos que tenham tido a última atualização em 2021 até 20 de junho de 2022. Assim, foram desconsiderados currículos que não tiveram atualização nos últimos 18 meses.

### Web of Science core collection

Base de dados da Clarivate Analytics, com mais de 171 milhões de registros em 34 mil revistas indexadas. Os dados consolidados dos indicadores foram ano e revistas de publicação, países e instituições de origem dos autores, tanto no mundo como mais especificamente no Brasil. A data da pesquisa foi em 20 de junho de 2022. Foram pesquisados títulos, resumos e palavras-chave que tenham os termos “*chemometric*” ou “*chemometrics*”, visto que é uma base de dados em revistas internacionais.

### Scopus

A base de dados Scopus da Editora Elsevier, com mais de 80 milhões de registros em 40 mil revistas indexadas. Foram pesquisados títulos, resumos e palavras-chave que tenham os termos “*chemometric*” ou “*chemometrics*”, visto que é uma base de dados em revistas internacionais. A data da pesquisa foi em 20 de junho de 2022. Os dados consolidados dos indicadores foram ano e revistas de publicação, países e instituições de origem dos autores, tanto no mundo como mais especificamente no Brasil.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A maturidade de uma área específica do conhecimento se dá pela capacidade em ter um *locus* científico, com uma massa crítica

de pesquisadores que produzem ciência e todo um ambiente propício para que se publique, bem como áreas de concentração e linhas de pesquisa em programas de pós-graduação com grupos de pesquisa formados e consolidados, dentre outros quesitos. Nesse sentido, foram procurados os produtos principais das pesquisas por meio dos artigos publicados e das dissertações e teses defendidas. Os registros dos documentos foram obtidos em diversas plataformas que armazenam estas informações com Web of Science, Scopus, Portal de Periódico e Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES e do Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil do CNPq.

O Brasil é um dos países que mais publicam na área de Quimiometria no mundo, situando-se em quarto lugar no mundo, com dados apresentados a seguir pelas Bases de Dados Web of Science e Scopus. Esse desenvolvimento da área pode ser dado pela proposição de novos algoritmos, pela aplicação não convencional das ferramentas já existentes, bem como do simples uso corriqueiro das ferramentas quimiométricas. Ressalte-se que o número de pesquisadores que publicam em Quimiometria é maior do que os pesquisadores que indicam em seus currículos Lattes que atuam na área devido à capilaridade da mesma nas demais áreas de conhecimento como alimentos, farmacêuticas, agrárias e materiais.

### Web of Science

Os dados obtidos na base Web of Science foram obtidos a partir dos termos “*chemometric*” ou “*chemometrics*” no título, no resumo ou nas palavras-chave dos artigos. Assim, é possível que a quantidade de registros não seja completa sobre a produção na área, mas que na perspectiva desse artigo não são afetadas sobremaneira os resultados e as conclusões advindas deles.

A partir da busca na Web of Science foram registrados 13.399 artigos, sendo 1.904 com autores da China, 1.539 dos Estados Unidos da América, 1.279 da Espanha e o Brasil com 1.197 registros, situando-se em quarto lugar em 138 países com publicações na área, perfazendo 8,93% de toda produção na área. A partir da Figura 2 é possível notar que a partir de 2009 a produção brasileira cresce um pouco mais acelerada do que o mundo, com picos produtivos em 2017, com 10,88% da produção mundial, e em 2020, com 13,38%.

Em termos de cooperação internacional, dos artigos publicados por brasileiros também se encontram 47 registros da Espanha, 31 dos Estados Unidos da América, 28 Reino Unido, 23 da Argentina e mais 20 países de todos os continentes com um total de 283 registros. Isso demonstra claramente a capacidade colaborativa dos pesquisadores da área com outros países, mas com ainda capacidade ainda de crescimento, já que apenas 23,64% dos artigos possuem autores que possuem vínculo em instituições estrangeiras. Ressalte-se, entretanto, que a colaboração internacional que se está sendo considerada é apenas a de artigos científicos devido ao objetivo do artigo, mas que pode ser maior se for levada em consideração a atuação em empresas privadas estrangeiras.

Na base de dados Web of Science foram registradas 299 instituições brasileiras que possuem artigos em Quimiometria. Destaca-se a UNICAMP com 240 registros sendo a quarta instituição do mundo em número de artigos publicados na área, seguida da USP em décimo terceiro lugar com 145 registros. Outras instituições brasileiras em número de publicações com sua colocação mundial e número de registros: EMBRAPA (34º lugar, 87 registros), UFSCAR (35º, 87), UTFPR (47º, 79 registros), UNESP (54º, 70), UFBA (55º, 67), e UFMG (62º, 65). É de se notar que as instituições mais bem ranqueadas em termos de publicação na área estão distribuídas nas regiões Sudeste, Sul e Nordeste, com destaque para a Embrapa que possui abrangência nacional. Outras instituições brasileiras compõem as 100 mais produtivas: UFPB, UFPE, Universidade Federal do

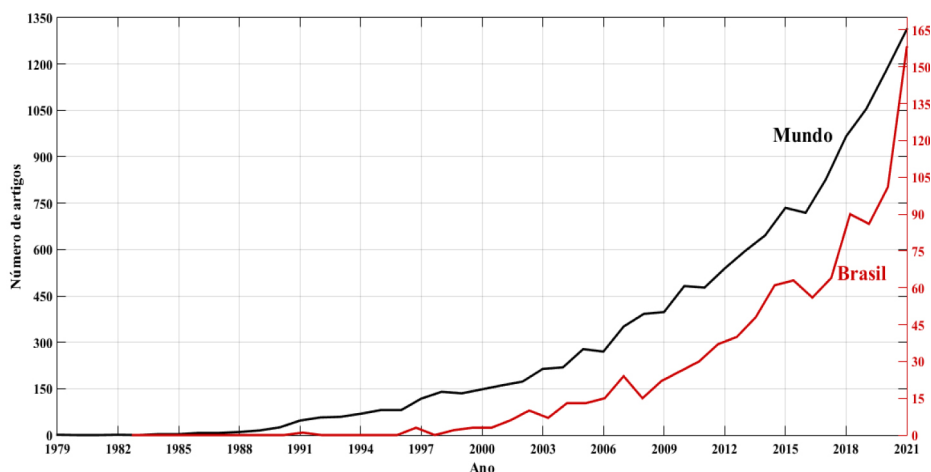


Figura 2. Número de artigos por ano na base Web of Science no mundo e no Brasil

Espírito Santo (UFES), UEL e Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Isso indica claramente a capilarização da área, apesar da prevalência das universidades situadas no estado de São Paulo.

Em termos do quantitativo de pesquisadores brasileiros que publicaram artigos na área, foram encontrados 200 com os indexadores indicados anteriormente. Destacam-se como os de maior número de publicações: Ronei Jesus Poppi (8º lugar no mundo, 59 artigos), Márcia Ferreira (27º, 39 artigos), Edenir Rodrigues Pereira Filho (45º, 32 artigos) e Ieda Spacino Scarminio (54º, 30 artigos). Em termos dos 100 mais produtivos pesquisadores em Quimiometria também são encontrados: Patrícia Valderrama (UTFPR), Paulo Roberto Filgueiras (UFES), Wanderson Romão (Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Espírito Santo – IFES), Paulo Henrique Março (UTFPR). Nota-se nesse rol a manutenção como produtivos de pesquisadores com larga carreira científica e a contribuição de pesquisadores mais jovens, sugerindo aumento da massa crítica consistente com uma consolidação da área no país.

Entre as principais revistas científicas que publicam artigos na temática de Quimiometria se destacam as de Química Analítica (*Analytica Chimica Acta*, *Talanta*, *Analytical Chemistry*, *Spectrochimica Acta Part A*) e as específicas de Quimiometria (*Chemometric and Intelligent Laboratory Systems* e *Journal of Chemometrics*), situando-as entre as dez com maior número de publicações em mais de 2000 revistas utilizadas pelos pesquisadores da área, em diversas áreas de conhecimento. Destaque se faz ao *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 34º lugar em número de publicações na área em todo o mundo, e a *Química Nova*, 41º lugar no mundo. Esse resultado é motivado pelo incentivo dado pela área de Química na CAPES com maior valorização das revistas publicadas por sociedades científicas nacionais, como o caso da Sociedade Brasileira de Química e, obviamente, o acatamento dessa política por parte dos pesquisadores nacionais.

Em outra perspectiva, a qualidade dos trabalhos publicados foi avaliada com base na média dos fatores de impactos das revistas e número de citações. Os artigos registrados obtiveram um somatório de fatores de impacto de 4.539,74 e uma média, portanto, de 4,382 indicando que, na média, as revistas escolhidas pelos pesquisadores em Quimiometria possuem estão em extratos superiores em Química e em áreas correlatas.

## Scopus

Os dados obtidos na base Scopus foram obtidos usando os termos “*chemometric*” ou “*chemometrics*” no título, no resumo ou nas palavras-chave e foram registrados 14.068 artigos, sendo 2.316

da China, 1.473 dos Estados Unidos da América, 1.282 da Espanha e em quarto lugar o Brasil com 1.166 registros em 134 países com publicações na área, perfazendo 8,29% de toda produção na área. É possível perceber que os dados da Scopus possuem a mesma ordem de países e de percentagem de publicações de cada um em relação ao mundo.

Em termos do número de artigos publicados pelo Brasil, nota-se a partir de 2009 que a produção brasileira cresce um pouco mais acelerada do que o mundo, Figura 3, corroborando a informação dada na base de dados Web of Science, com picos em 2017, 10,64% da produção mundial, e em 2020, com 12,25%. Visto que a área de Quimiometria é eminentemente multidisciplinar na perspectiva de ser possível usar dados de uma diversidade de áreas de conhecimento o número de autores em cada um dos artigos pode ser usado para corroborar o fato. Nesse sentido, artigos com um ou dois autores são significativamente menos usuais do que artigos com 3 a 9 autores, sendo encontrada nos registros média de 6,5 autores por artigo.

É digno de nota que o número de pesquisadores brasileiros (153) que publicam de maneira constante e contínua permite inferir que o processo de crescimento da área deverá ser ainda pronunciado nos próximos anos. Desses pesquisadores produtivos, podem ser citados como os de maior número de publicações: Ronei Jesus Poppi (7º lugar no mundo, 63 artigos), Márcia Ferreira (26º, 41), Ieda Scarminio e Patrícia Valderrama (45º, 32 para ambas). Paulo Roberto Filgueiras (UFES), Paulo Henrique Março (UTFPR), Edenir Pereira e Wanderson Romão (IFES) compõem os top-100 dos pesquisadores mais produtivos na área de Quimiometria. Observa-se discrepância na ordem e quantidade de artigos em relação à Web of Science devido às fontes distintas dessas bases de dados, mas para efeito deste artigo o perfil de produção coletivo e a distribuição entre pesquisadores de mais longa carreira científica e aqueles de gerações mais recentes bastante produtivos ainda permanece válida.

Em termos de cooperação internacional, dos artigos publicados por brasileiros também se encontram 43 registros da Espanha, 30 dos Estados Unidos da América, 26 para Reino Unido e 21 para Argentina e mais 51 países de todos os continentes com um total de 313 registros, perfazendo 26,84% de artigos com colaboração internacional. Esses dados se assemelham bastante aos obtidos na base de dados Web of Science.

Os registros obtidos no Scopus indicam a presença de 111 instituições brasileiras que possuem artigos em Quimiometria. Destaca-se a UNICAMP com 230 registros, sendo a primeira instituição do mundo em número, seguida da USP em oitavo lugar mundial com 137 registros. Outras instituições brasileiras em número de publicações são destaque: UFRJ (14º lugar, 110 registros),

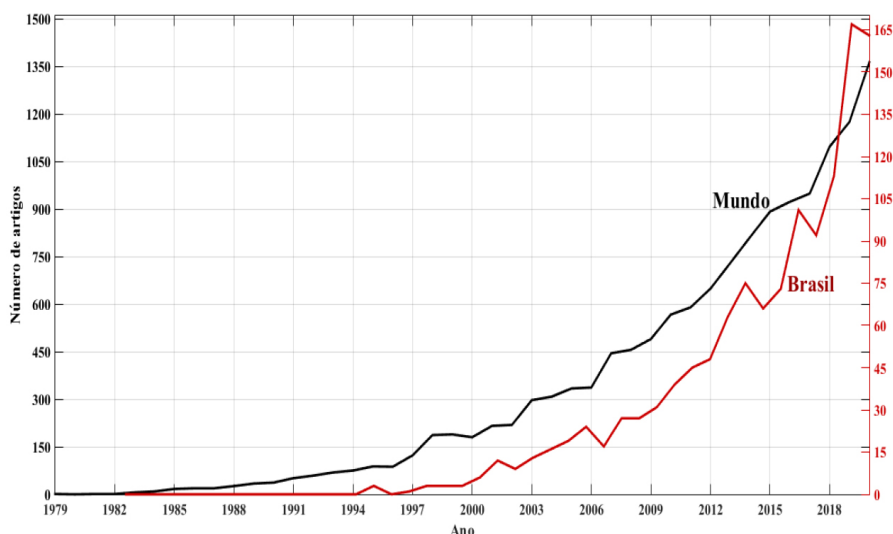


Figura 3. Número de artigos por ano na base Scopus no mundo e no Brasil

UFSCAR (26°, 88), UNESP (42°, 73), UFBA (52°, 67) e UTFPR (56°, 64), UFPB (59°, 62) e UFMG (63°, 60). UEL, UFRGS, Embrapa, UFES e UFPR compõem as instituições que compõem as 100 mais produtivas no mundo.

Em termos das revistas destaque se faz a *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 31° lugar de artigos com Quimiometria no mundo, com maior quantidade de artigos entre todas as revistas e segunda dos pesquisadores brasileiros, e a *Química Nova*, 48° lugar no mundo, sendo quarta revista preferida pelos pesquisadores brasileiros. Fora essas duas revistas, publicadas pela Sociedade Brasileira de Química, as demais seguem para os pesquisadores brasileiros o mesmo padrão do mundo, como as revistas de *Química Analítica (Analytica Chimica Acta, Talanta, Analytical Chemistry e Spectrochimica Acta part A)* dentro das dez mais utilizadas, e as revistas específicas de Quimiometria (*Chemometric and Intelligent Laboratory Systems e Journal of Chemometrics*) também bem ranqueadas.

Os dados de média dos fatores de impacto das revistas e número de citações, os resultados foram similares àqueles obtidos na base de dados Web of Science, com média de 4,496. Portanto, pode-se inferir que as revistas utilizadas pelos pesquisadores em Quimiometria estão nos extratos superiores na área de Química da CAPES.

O crescimento do número de publicações na área de Quimiometria está crescendo exponencialmente e de maneira similar o número de citações dos artigos. Em termos de números, os artigos publicados alcançaram 20.793 citações, com uma média de 17,83 citações por artigo, o que dá um índice-h de 59. O índice-h mundial é de 179, com a contribuição de cinco artigos com pesquisadores do Brasil que tiveram mais do que 173 citações, 2,79% dos artigos mais citados da área. Isso aponta para artigos científicos mais bem elaborados, com perspectiva de gerarem novos trabalhos, com reconhecimento pela comunidade científica internacional.

É de se observar, também, que as duas bases de dados de artigos científicos publicados estão coerentes entre si e permitem que se infira da importância do Brasil para a área de Quimiometria no mundo e o grau de crescimento não só em termos do número de artigos, mas, também, do impacto deles, com o número de citações. Registre-se a grande quantidade de instituições em distintos estados da federação, mesmo que São Paulo ainda prevaleça, sugerindo uma capilarização da área por todo o Brasil.

Também é possível observar que os autores que recorrentemente utilizam de ferramentas quimiométricas ainda estão publicando em qualidade e quantidade, adicionado a uma ampliação da massa crítica com pesquisadores mais jovens que também produzem na mesma

proporção. Isso pode ser destacado na seção seguinte, quando da apresentação dos resultados dos currículos na base de Lattes.

### Currículo Lattes

Cada um dos pesquisadores que possuía registro de publicações na área de Quimiometria foi pesquisado na plataforma Lattes, ferramenta extremamente bem-sucedida para coleta de informações de pesquisadores com vínculo no Brasil. Assim, foram avaliados 1.130 currículos, inicialmente sem limitar pelas publicações na área.

Para cada um dos currículos baixados da plataforma Lattes foi avaliado: ano de formação no doutorado, local de conclusão de doutorado, fator-h, número de artigos publicados (mesmo que não estejam ligados à área de Quimiometria) e se possuem bolsa de produtividade.

Foi possível observar, com base nos dados obtidos na plataforma Lattes, que o tempo médio de formação em doutorado dos pesquisadores que atuam em Quimiometria é de 16 anos, com mediana obtendo o mesmo período. Isso indica uma distribuição uniforme do período de doutorado apesar de que se formam mais doutores atuando na área de Quimiometria, mas com crescimento suave. Ressalte-se que o tempo de formação é um fator crucial para entender a maturidade da área e que ainda a área ainda possui pesquisadores pioneiros na área ainda em atuação. Do total de doutores que possuem os termos indexados, 145 defenderam doutorado fora do Brasil, com distribuição geográfica das instituições, sem prevalência de nenhuma delas. Em termos das dez instituições que mais contribuíram com a formação de pesquisadores na área de Quimiometria está UNICAMP (173 doutores), USP (168), UFSCAR (77), UFBA (65), UNESP (44), UFPE (43), UFPB (42), UFMG (33), UFRGS (32) e UFPR (25), destacando as duas primeiras universidades paulistas que formaram a mesma quantidade de doutores que atuam na área de Quimiometria do que as outras oito instituições indicadas. É digno de nota que 983 doutores foram formados em 55 instituições, mas nessas mesmas só estão atuando 384 doutores, indicando que ocorre a dispersão dos pesquisadores por muitos mais instituições, notadamente de ensino e pesquisa.

Os pesquisadores que tiveram seus currículos obtidos atuam principalmente na área de Química, mas também foram encontrados nas áreas de Ciências dos Alimentos, Ciências Farmacêuticas, Engenharia Química, Agronomia e Biologia, dentre outras. Essa diversidade de formação é própria da área, multidisciplinar por natureza de tratamento de dados químicos, e mostra sua capilaridade

em atender uma diversidade grande de demandas científicas e tecnológicas.

Além dos fatores capilaridade e local de formação, também foi possível observar nos currículos que a média de fator-h para os currículos foi de 14,08 e mediana de 12 na plataforma Web of Science. Ressalve-se, entretanto, que menos da metade dos pesquisadores (606) registraram esta informação em seus currículos. O maior índice de fator-h encontrado foi de 69 e a média de artigos publicados foi de 47,20 artigos por pesquisador, com um número máximo de 435 artigos de um único pesquisador. Não foi observada uma correlação entre o número de artigos publicados e o fator-h, considerando apenas quem preencheu no Currículo Lattes informações sobre índice-h do Web of Science e que possuíam artigos publicados. Por fim, foram identificados 253 bolsistas de produtividade, sendo a distribuição feita da seguinte forma: 19 como pesquisadores 1A do CNPq, 19 também como 1B, 30 de 1C, 39 de 1D e 146 no nível 2. Estes resultados apontam para uma área em artigos são profícuos e bem citados, com a formação de redes colaborativas interinstitucionais e de grupos de pesquisa consolidados, como pode ser visto no item seguinte.

### Diretório de Grupos de Pesquisa

Considerando os resultados obtidos em termos do número de pesquisadores que atuam na área e de sua profícua e constante produção científica que redes colaborativas sejam formadas, como pode ser observado no número de grupos de pesquisa atualmente cadastrados na plataforma do CNPq e certificados por suas instituições. Na busca realizada foram obtidos registros de 73 grupos, com 80 linhas de pesquisa que atuam direta ou indiretamente com a área, distribuídos todos na área de Ciências Exatas e da Terra. Os indexadores foram aplicados nos títulos do Grupo, da linha e na descrição das mesmas.

Articulando os resultados obtidos na busca dos currículos Lattes dos pesquisadores e do Diretório de Grupos de Pesquisa é possível identificar que em sua grande maioria os grupos são liderados por pesquisadores que publicam na área de Quimiometria (64 grupos). Apenas nove grupos não possuem líder com o perfil de publicar constante e continuamente na área.

É possível verificar na Tabela 1 a distribuição dos grupos de pesquisa por região geográfica e estado brasileiros. É de se observar uma maior capilaridade dos grupos de pesquisa pela Região Nordeste com um número muito próximo da Região Sudeste, mesmo com menor número de pesquisadores, e da Região Norte. Assim, todas as regiões geográficas brasileiras possuem pesquisadores e grupos de pesquisa que atuam na área de Quimiometria.

A formação de grupos de pesquisa atende a uma perspectiva de institucionalizar e estruturar grupos de pesquisadores em um corpo único com a finalidade de não só produzir ciência, mas também de formar recursos humanos qualificados em níveis de mestrado e de doutorado, como pode ser apreendido pelo item seguinte.

### Banco de teses e dissertações

A busca de teses e dissertações seguiu a indexação de palavras similares àquelas para os demais bancos de dados, mas com termos em português e com registro de variações da palavra principal (quimiometria) e variações adjetivas em termos de gênero (quimiométrico e quimiométrica) e número (quimiométricos e quimiométricas). Foram registradas 415 teses de doutorado e 670 dissertações em mestrados acadêmico (653) e profissional (17).

Inicialmente, ao fazer o cruzamento de dados dos currículos Lattes e do Banco de Teses e Dissertações, foi possível encontrar 127 registros de pesquisadores que publicaram na área de Quimiometria

**Tabela 1.** Regiões geográficas e estados brasileiros que possuem grupos de pesquisa registrados no Diretório de Grupos de Pesquisa do CNPq

	Número de Grupos	
Regiões Geográficas brasileiras	Sudeste	27
	Nordeste	24
	Sul	11
	Centro Oeste	4
	Norte	7
Estados da Federação	SP	11
	PR	7
	RJ	7
	BA	5
	ES	5
	PB	5
	RN	5
	AM	4
	MG	4
	PE	4
	RS	4
	AL	2
	MA	2
	MS	2
	PA	2
	CE	1
	DF	1
GO	1	
TO	1	

e que orientaram alunos em pós-graduações *Stricto Sensu*. Foram encontrados 58 registros de pesquisadores na área de Quimiometria que orientaram apenas mestrados, 21 apenas doutorandos e 48 que orientaram nos dois níveis (mestrado e doutorado). 42 instituições de ensino e de pesquisa formaram recursos humanos na área de Quimiometria para o doutorado e 61 para mestrados, com a indicação da região geográfica e estado apresentadas na Tabela 2. Era de se esperar, de fato, uma maior quantidade de formados na região Sudeste, notadamente no estado de São Paulo. As demais regiões e estados apontam perfil similar à distribuição de programas de pós-graduação no Brasil permitindo correlacionar com a quantidade de grupos de pesquisa, de pesquisadores e de produção científica.

A conjugação dos registros de artigos publicados, de currículo de pesquisadores, de grupos de pesquisa e de formação de recursos humanos qualificados aponta para um processo de alargamento da massa crítica na área de Quimiometria, com aumento da produção científica, de mestres e doutores, dentro de grupos de pesquisa mais consolidados e com uma maior capilaridade nacional. Nesse sentido, é possível perceber que há um aumento da maturidade da área sem alcançar ainda teto na quantidade e qualidade da produção científica brasileira e projeção dos pesquisadores no cenário internacional.

### CONCLUSÕES

Muitas áreas de pesquisa, em anos recentes, têm sido objeto de estudo de pesquisadores para entender o seu grau de maturidade, isso é, a capacidade que a área tem de responder questões postas pelas demandas da sociedade.<sup>25-27</sup> Também é um mecanismo de avaliação dos resultados obtidos e projeção de investimentos dos órgãos de

**Tabela 2.** Regiões geográficas e estados brasileiros em que se formaram mestres e doutores com indicação de atuar na área de Quimiometria

Nível de Formação		Mestrado	Doutorado
Regiões Geográficas brasileiras	Sudeste	287	229
	Nordeste	136	71
	Sul	124	60
	Centro Oeste	50	17
	Norte	15	13
Estados da Federação	SP	150	182
	PR	91	44
	MG	75	28
	PB	62	28
	RJ	51	15
	RS	29	8
	BA	28	11
	GO	27	7
	DF	17	6
	PE	15	14
	CE	12	8
	PI	12	0
	ES	11	4
	PA	11	8
	MS	6	4
	RN	5	5
	AM	4	4
	SC	4	8
	SE	2	0
	AL	0	3
AC	0	1	

fomento e de dedicação por parte de novos pesquisadores na área. De toda sorte, compreender os perfis de produção e de formação de recursos humanos em uma dada área é tarefa importante para os formuladores de políticas científicas e para os próprios pesquisadores na compreensão do estado da arte do objeto de pesquisa em questão. Assim, a Cientometria é uma área de conhecimento que permite conhecer mais dada área de pesquisa, em sua distribuição mais global ou localizada em termos geográficos ou temporais. Nesse sentido, a perspectiva deste manuscrito foi identificar o perfil da produção científica brasileira, bem como a formação de recursos humanos, em seus aspectos cientométricos para permitir compreender a dinâmica e a realidade contemporânea da área de Quimiometria no Brasil.

Em termos da produção científica nacional, está proporcionalmente crescendo com maior velocidade do que o restante do mundo, situando o Brasil entre os principais produtores de conhecimento na área. Os pesquisadores de Quimiometria que atuam no Brasil não só publicam uma quantidade significativa de artigos, mas também essas publicações possuem número de citações alto, além da formação de recursos humanos capilarizada por todo o Brasil, distribuídos por grande parte das pós-graduações em Química, mas não se restringindo nesta área.

Por fim, a área de Quimiometria, com cerca de cinquenta anos, está madura, com número de publicações e formação de recursos humanos, mas nota-se que não se alcançou um platô nesses dois

quesitos, pois ainda está aumentando a massa crítica de pesquisadores que atuam na área.

## AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de render preito aos pesquisadores prof. Dr. Benício de Barros Neto (falecido em 2011 com 57 anos) e ao prof. Dr. Ronei Jesus Poppi (falecido em 2020 com 55 anos), que são também pioneiros da Quimiometria no Brasil e que contribuíram muito para a produção científica na área, com formação de recursos humanos de alto nível, que se distribuem em uma grande quantidade de instituições no Brasil, principalmente.

Germano Veras agradece ao CNPq pela bolsa de produtividade concedida (processo nº 313579/2021-0).

## REFERÊNCIAS

- Hibbert, D. B.; *Pure Appl. Chem.* **2016**, *88*, 407. [Crossref]
- Brereton, R. G.; *J. Chemom.* **2014**, *28*, 749. [Crossref]
- Wold, S.; *ACS Symposium Series: Years of Chemometrics – From Bruce Kowalski to the Future*, Washington, USA, 2015.
- Barros Neto, B.; Scarminio, I. S.; Bruns, R. E.; *Quim. Nova* **2006**, *29*, 1401. [Crossref]
- Bruns, R. E.; *Chemom. Intell. Lab. Syst.* **1988**, *5*, 1.
- Olivieri, A. J.; *J. Braz. Chem. Soc.* **2014**, *25*, 5. [Crossref]
- Geladi, P.; Esbensen, K.; *J. Chemom.* **1990**, *4*, 337. [Crossref]
- Longhini, M. D.; Gomide, H. A.; Fernandes, T. C. D.; *Ciênc. Educ.* **2013**, *19*, 739. [Crossref]
- Coelho-Lima, F.; Costa, A. L. F.; Bendassolli, P. F.; *Univ. Psychol.* **2013**, *12*, 1283. [Crossref]
- Sobral, N. V.; Silva, F. M.; Miranda, Z. D.; *Em Quest.* **2017**, *23*, 31. [Crossref]
- Alves, B. H.; *Perspect. Gest. Conhecimento* **2019**, *9*, 203. [Crossref]
- Cruz, F. G.; Cedro, T. A. N.; Camargo, S. B.; Sá, K. N.; *Fisioterapia em Movimento* **2018**, *31*, e003123. [Crossref]
- Alencar, M. S. M.; Bochner, R.; Dias, M. F. F.; Antunes, A. M. S.; *Revista Eletrônica de Comunicação, Informação e Inovação em Saúde* **2017**, *11*, s.n. [Crossref]
- Dogan, G.; Karaca, O.; *Braz. J. Anesthesiol.* **2020**, *70*, 140. [Crossref]
- Cai, Z.; Chang, Q.; Yip, P. S. F.; *J. Affective Disord.* **2020**, *266*, 356. [Crossref]
- Araujo, W. S.; *Pap. Avulsos Zool.* **2018**, *58*, e20185834. [Crossref]
- Gazzaz, Z. J.; Butt, N. S.; Zubairi, N. A.; Malik, A. A.; *J. Diabetes Res.* **2020**, *2020*, 1514282. [Crossref]
- Sooryamoorthy, R.; *Int. Sociol. Rev.* **2020**, *35*, 461. [Crossref]
- Zakka, W. P.; Lim, N. H. A. S.; Khun, M. C.; *J. Cleaner Prod.* **2021**, *280*, 124353. [Crossref]
- Khalaj, M.; Kamali, M.; Costa, M. E. V.; Capela, I.; *J. Cleaner Prod.* **2020**, *267*, 122036. [Crossref]
- Diskshit, A.; Pradhan, B.; Santosh, M.; *Appl. Soft Comput.* **2022**, *114*, 108080. [Crossref]
- Mahala, A.; Singh, R.; *Library Hi Tech* **2021**, *39*, 984. [Crossref]
- Rejowski, M.; Chalco, J. P. M.; *Estudios y Perspectivas en Turismo* **2019**, *28*, 38.
- Botero, M. A. G.; *Rev. Fac. Ing., Univ. Antioquia* **2017**, *83*, 7.
- Curdy, R. G.; Delbianco, N. R.; *Encontros Bibli* **2020**, *25*, 1. [Crossref]
- Bibliometria e cientometria no Brasil: infraestrutura para avaliação da pesquisa científica na era do Big Data*; Mugnaini, R., Fujino, A., Kobashi, N. Y., org.; ECA/USP: São Paulo, 2017.
- Herring, H. K.; Aken, E. V.; Aleu, F. G.; Deschamps, F.; Letens, G.; Orlandini, P. C.; *Scientometrics* **2016**, *109*, 927. [Crossref]

