

REVOLUÇÃO CIENTÍFICA? Reflexões para uma teoria crítica da ciência dos dados

SCIENTIFIC REVOLUTION? Reflections for a Critical Theory of Data Science

Max Melquiades da Silva⁽¹⁾, Simone Cristina Dufloth⁽²⁾

(1) UFMG, Belo Horizonte, iemax@bol.com.br.

(2) Fundação João Pinheiro, Belo Horizonte, sduf@uol.com.br.

Resumo: O trabalho apresenta uma investigação teórico-conceitual que analisa, à luz da noção de paradigma científico na filosofia da ciência, especialmente os estudos epistemológicos pós-popperianos de Thomas Kuhn (1994) e Imre Lakatos (1979), as características do chamado quarto paradigma da ciência (e-Science). O paradigma da e-Science é apresentado por Gray e outros (2009) como um novo padrão intelectual de produção de conhecimento científico baseado no trabalho intensivo com dados tem conseguido consolidar uma ampla comunidade de prática de pesquisa ao redor do mundo. O trabalho evidencia o excesso de pesquisas de estudo de caso, em contraposição a escassos trabalhos teórico-conceituais que explicitem e discutam os fundamentos teóricos e epistemológicos da e-Science.

Palavras-chave: e-Science; big data; epistemologia.

Abstract: The paper presents a theoretical-conceptual research that analyzes, in light of the notion of scientific paradigm in the philosophy of science, especially the post-Popperian epistemological studies of Thomas Kuhn (1994) and Imre Lakatos (1979), the characteristics of the so-called fourth paradigm of science (e-Science). The paradigm of e-Science is presented by Gray et al. (2009) as a new intellectual standard of scientific knowledge production based on data intensive work has managed to consolidate a wide community of research practice around the world. The work evidences the excess of case study research, as opposed to scarce theoretical-conceptual works that explain and discuss the theoretical and epistemological foundations of e-Science.

Keywords: e-Science; big data; epistemology.

1 Introdução

Se a história da ciência no século XX é caracterizada pela emergência de um sem número de recortes temáticos e a consolidação de diversas áreas do conhecimento com o status de ciências (SHAPIN, 1996), o fim do século reservava inovações tecnológicas que permitiriam aumentar a escala e a rapidez das transações informacionais – o que em última instância altera a forma e o ritmo do trabalho científico e a interação entre áreas do conhecimento.

A possibilidade de gerar novos dados de pesquisa em um volume sem precedentes é vista por cientistas de dados como uma realidade análoga à descrita pela lei de Moore ao se referir ao aumento progressivo da capacidade de processamento dos computadores com redução de custos: Em intervalos regulares de tempo o volume de dados cresce e o custo diminui: o desafio se desloca da obtenção para o tratamento e análise desses dados (SAYÃO e SALES, 2015). Nessa linha, Gray aponta para o fato de que a evolução em curso estaria transformando a própria dinâmica da ciência e seus paradigmas: “Quase tudo sobre

ciência está mudando por causa do impacto da tecnologia da informação. A ciência experimental, teórica e computacional está sendo afetada pelo dilúvio de dados, e um quarto paradigma da ciência, ‘intensivo em dados’, está emergindo. O objetivo é ter um mundo em que toda a literatura científica esteja on-line, todos os dados científicos estejam on-line e eles interajam uns com os outros” (GRAY, 2009, 29).

Conforme Gray, uma das maiores referências em se tratando de quarto paradigma da ciência, mesmo nas “ciências de poucos dados” (Idem, p. 20) o trabalho do cientista consiste cada vez mais em analisar a informação disponível – com crescente emprego de recursos de software e hardware – em detrimento dos processos tradicionais de coleta. Nesse sentido, uma das mudanças mais significativas na pesquisa contemporânea residiria justamente no surgimento de “um novo padrão intelectual de produção de conhecimento científico - conhecido como o Quarto Paradigma Científico ou e-Science - caracterizado pela produção e uso intensivo de dados e pelo compartilhamento e colaboração baseados

em rede de computadores de alto desempenho” (SALES e SAYÃO, 2015).

Mas como se constitui e evolui um paradigma científico? As transformações em curso no sentido de uma crescente ressignificação do dado como unidade de análise e sentido chegam a constituir um novo paradigma? A produção teórico-conceitual no campo da ciência da informação tem acompanhado o progressivo trabalho com *big data*?

2 Objetivos e metodologia

Este trabalho busca analisar, à luz da noção de paradigma científico na filosofia da ciência, as características do chamado quarto paradigma da ciência. O trabalho apresenta uma investigação exploratória através de revisão bibliográfica. No próximo tópico são apresentadas características acerca do chamado quarto paradigma da ciência como descritas por alguns de seus principais expoentes. Na sequência, analisa-se como surge um paradigma científico segundo a visão de Thomas Khum e Inre Lakatos, dois dos mais destacados nomes do pensamento científico pós-popperiano. Por fim, são discutidas questões acerca da base teórica que sustenta as discussões e trabalhos empíricos no campo da e-Science.

3 O chamado quarto paradigma da ciência: história e características

As inovações na pesquisa científica a partir das mudanças no volume de dados e no emprego de estratégias e instrumentos computacionais para sua análise tem sido chamada de e-Science e o primeiro registro histórico dessa nomenclatura é atribuído ao diretor-geral do Escritório de Ciência e Tecnologia do Reino Unido, John Taylor, em um documento de 1999. A utilização do termo, contudo, foi ganhando amplitude no decorrer da década de 2000, com o avanço das tecnologias de computação em nível de software e hardware. O termo, que experimentou algumas variações semânticas, talvez por sua amplitude, faz referência a métodos de obtenção de resultados científicos através da utilização de computação intensiva, paralela ou distribuída, de imensos volumes de dados.

O termo e-Science tem sido mais amplamente utilizado desde então, como “a aplicação da tecnologia da computação para a realização de investigação científica moderna, incluindo a preparação, experimentação, coleta de dados disseminação de resultados, armazenamento em longo prazo e acessibilidade de todos os materiais gerados através do processo científico, tais como modelagem e análise de dados, notebooks de laboratório, conjuntos de dados brutos e ajustados, produção de manuscritos e versões preliminares, pré-impresões, e publicações impressas e ou eletrônicas” (BOHLE, 2013, p. 1 - tradução nossa).

Outros conceitos têm sido empregados para designar a nova área científica: “eScience”, “ciência orientada para dados” (*data-driven Science*), “ciberinfraestrutura”, “quarto paradigma”, “dos dados ao conhecimento”. Em todos eles está presente a ideia de que cientistas da computação se unem a pesquisadores de diferentes domínios para o desenvolvimento de novos conceitos e teorias a partir de grandes massas de dados, em um trabalho que envolve hardware, software e processos que possibilitem a captura, armazenamento, análise e visualização dos dados.

A noção de um “quarto paradigma” da ciência ganha impulso a partir da publicação da obra homônima, em 2009, e da contribuição de diversos autores motivados pelo trabalho do cientista norte-americano James Nicholas “Jim” Gray. Gray foi um renomado cientista da computação que atuou em laboratórios científicos da IBM e da Microsoft. Entusiasta da noção de e-Science, Gray desapareceu no mar em 28 de janeiro de 2007 – junto com seu barco – poucos dias após proferir a palestra que, transcrita, abre o livro em questão¹. Nele Gray

¹ Gray, um experiente marinheiro, possuía um iate de quarenta pés. Em 28 de janeiro de 2007, ele não retornou de uma curta viagem solo às Ilhas Farallon, a 43 km de San Francisco, para espalhar as cinzas de sua mãe. O tempo estava claro e nenhuma chamada de socorro foi recebida e nem sinais automáticos de emergência detectados. Uma busca de quatro dias pela Guarda Costeira usando aviões, helicópteros e barcos não encontrou nada. Em 16 de fevereiro, esta busca foi suspensa, e uma busca subaquática usando equipamentos sofisticados terminou em 31 de maio.

apresenta sua visão sobre a evolução dos paradigmas científicos. Ele concebia a “ciência intensiva em dados” ou “e-Science” como um “quarto paradigma” da ciência (empírica, teórica, computacional e agora baseada em dados). A ciência empírica ou experimental caracteriza o primeiro paradigma, que cedeu lugar às generalizações teórico-conceituais resultantes do uso de modelos abstratos. O terceiro paradigma é baseado nas simulações assistidas por computadores ou outros equipamentos tecnológicos, enquanto o quarto paradigma é resultante da exploração de dados capturados ou gerados pela simulação.

Em sua análise, Gray (2009) aponta alguns caminhos que caracterizam ou deveriam caracterizar o quarto paradigma:

- a comunicação científica pode deixar de apresentar apenas resultados finais na forma de publicações, mas passa a ter a possibilidade de também partilhar os próprios dados brutos da pesquisa, ampliando a possibilidade de falseamento e novas pesquisas utilizando os mesmos dados;

- as bibliotecas digitais podem experimentar novas formas de distribuição das publicações em diferentes países, idiomas e mais baixos custos em relação à publicação em revistas tradicionais;

- a revisão por pares pode experimentar novos processos ou estruturas digitais e serviços como wikis podem ser criados online para ampliar a discussão sobre os trabalhos após a publicação;

- a internet está se tornando um sistema orientado a objeto, cada vez mais dependente de ontologias, vocabulários controlados e esquemas conceituais que possibilitem dar mais confiabilidade ao significado das coisas e à interação entre diferentes sistemas;

- bibliotecas de dados digitais podem ser fomentadas, para além de bibliotecas de publicações acabadas.

O paradigma emergente envolveria colaboração de pesquisadores em computação com pesquisadores de outras

áreas do conhecimento, além de métodos computacionais sofisticados para lidar com grandes volumes de dados (*Big Data*), alçados agora à condição de objetos intelectuais de primeira grandeza. Computadores, bancos de dados e redes não são vistos e utilizados apenas como ferramentas, mas se tornam uma parte fundamental do processo de descoberta de conhecimento e mesmo de interpretação dos dados. Assim, o novo paradigma agrega a seu instrumental métodos e algoritmos para analisar os dados armazenados nessas bases de grande escala, além de protocolos de comunicação padronizados que possibilitem a interação entre todas essas fontes de dados.

No Brasil, Sayão e Sales (2015) são alguns dos mais entusiasmados pesquisadores engajados na reflexão e prospecção de um modelo e uma infraestrutura para e-Science, especialmente no que diz respeito a novas fontes de pesquisa, arranjos para novos serviços em diversos estágios do processamento dos dados de pesquisa e uma oportunidade para a reinvenção das bibliotecas de pesquisa. Para eles, “o digital não é o antagônico do impresso, como o rolo de papiro não é o antagônico do livro e a tecnologia não é algo estranho à biblioteca” (SALES e SAYÃO, 2015, p. 33). Embora neguem um eventual antagonismo, os autores se mostram entusiastas de uma ciência orientada para dados. Para eles, “a convergência de tecnologias de computação, armazenamento on-line, redes de alto desempenho, somados ao desenvolvimento de instrumentos científicos, escalas, dispositivos experimentais e sensores cada vez mais sofisticados e ao uso intensivo de simulações, desloca a pesquisa científica contemporânea na direção de uma ciência orientada por dados, onde o maior problema não é a escassez, mas sim o excesso de dados e a capacidade de interpretar seus padrões ocultos na forma” (Idem, p. 34).

4 O surgimento de novos paradigmas científicos

Nesta seção, recorreu-se aos estudos epistemológicos pós-popperianos de Thomas Kuhn (1994) e Inre Lakatos (1979),

Em 28 de janeiro de 2012 – exatos cinco anos após seu desaparecimento – Gray foi declarado legalmente morto.

caracterizados por uma estreita conexão com a história da ciência na tentativa de compreensão dos programas de pesquisa científica².

Kuhn se debruçou sobre o que ele chamou de *paradigma científico*, termo com o qual buscava designar um conjunto de “conquistas científicas universalmente reconhecidas, que por certo período fornecem um modelo de problemas e soluções aceitáveis aos que praticam em certo campo de pesquisas” (KUHN, 1994, p. 23).

Esse conceito culmina na noção de *programa de pesquisa*. Com efeito, programa de pesquisa é como Kuhn (1994) chama o estudo acadêmico de determinado tema no interior de uma ciência ou conjunto de ciências – no caso de objetos caracterizados pela interdisciplinaridade. Ao redor daquele programa de pesquisa se reúne um grupo de pesquisadores denominado *comunidade científica* (KUHN, 1994). Dentre os membros da comunidade científica, Kuhn (1994) afirma que alguns ganham destaque sobre os demais devido, basicamente, a dois fatores: a ordem cronológica de publicação dos trabalhos – estudos precursores que enfatizam um aspecto particular do programa de pesquisa e que ganham adeptos podem fazer originar uma nova comunidade científica; outro fator é a originalidade, associada ao grau de aceitação dos trabalhos por parte dos demais membros da comunidade. Na teoria kuhniana a comunidade científica está caracterizada pela prática do que ele chama de *ciência normal*, que é a “pesquisa estavelmente baseada em um ou mais resultados alcançados pela ciência do passado, aos quais uma comunidade científica particular, por certo período de tempo, reconhece a capacidade de constituir o fundamento de sua práxis ulterior” (KUHN, 1994, p. 68). A ciência normal consiste, então, na tentativa de realização das *promessas* do paradigma de pesquisa, aprofundando as pesquisas originárias e confrontando as formulações com a realidade, articulando novos conceitos

² Esta seção condensa parte da análise epistemológica desenvolvida por ocasião da dissertação de mestrado de um dos autores deste artigo (SILVA, 2008).

e sugerindo novas ferramentas com as quais provê o paradigma. A teoria de Kuhn sugere que o trabalho do cientista normal orbita ao redor das noções basilares do paradigma e os eventuais problemas teóricos e práticos que encontrar tendem a significar antes uma deficiência *do pesquisador* do que das construções originárias *do paradigma*. Isso se deve à noção de ciência normal, que consiste no estado de uma ciência na qual suas pesquisas e seus resultados são previsíveis e os métodos e resultados das pesquisas corroboram os resultados esperados da pesquisa. Entretanto, podem ocorrer crises, por meio de anomalias sucessivas que não se conformam com os resultados esperados. Se a quantidade desses “problemas” cresce demasiadamente, inicia-se um período de crise do paradigma em que se começa a questionar a validade de suas concepções iniciais: é a fase da *ciência extraordinária*, em que se colocam os dogmas em questão e cresce o movimento dos pesquisadores ‘reformistas’. Esse movimento pode desencadear uma *revolução científica*, momento em que um novo paradigma sobressai em relação ao anterior por meio da “conversão” dos cientistas às promessas do novo paradigma. Kuhn (1994) afirma que essa conversão pode se dar por diversas razões: por convencimento, pela sedução que as novas ideias proporcionam (caráter emocional) por familiaridade, nacionalidade e até mesmo por razões estéticas.

A explicação oferecida por Kuhn ao progresso da ciência evidencia um elemento ‘problemático’ nesta. A ciência de que o autor fala já não é aquela catedrática da ‘objetividade científica’, da imparcialidade metodológica e das certezas conceituais: é uma ciência que pressupõe escolhas às vezes arbitrárias, cujos pesquisadores não podem ignorar assaltos da dimensão emocional e precisam endossar os dogmas que a sustentam, sob pena de ‘perder seu chão’, as bases teóricas de sua produção.

A mesma postura crítica quanto aos pressupostos metodológicos frequentemente empregados na atividade científica é encontrada na obra de Imre Lakatos (LAKATOS, 1979), que também estuda a temática dos programas de pesquisa e

apresenta pontos de convergência e de divergência com o trabalho de Kuhn. Sobre as teorias científicas, Lakatos (1979) argumenta que é componente essencial ao progresso da ciência a concorrência entre programas de pesquisa antagônicos. A partir do estudo da crítica à teoria de Kuhn, Lakatos deu um importante passo na filosofia da ciência ao formular a tese segundo a qual os sistemas teóricos são compostos por um núcleo forte portador de características que o definem como *programa*, circundado por um cinturão de suporte, constituído de hipóteses e suposições auxiliares que poderiam ser refutadas sem prejuízo para o programa como um todo. Quando submetido a testes, o núcleo forte da teoria que possui o papel de “pressuposto básico” não é afetado, de modo que é o cinturão, e não a teoria central em si, que passa pelo processo de averiguação. Desta forma, uma anomalia em qualquer teste afeta unicamente o cinturão de proteção e jamais a teoria central (SILVA, 2008). Esse núcleo – por decisão metodológica dos pesquisadores – é considerado *não falseável*, isto é, geralmente não se contestam no interior do programa as ideias contidas no seu núcleo fundamental porque sua destruição implicaria problemas para o programa como um todo. A teoria de suporte que acaba sendo refutada pode ser substituída por outra, mas para Lakatos o caso mais comum é o de reforçar a cinta de proteção do núcleo com teorias *ad hoc*, ou seja, teorias auxiliares não possuem propósito algum a não ser o de sustentar o núcleo forte.

Embora sedutora, a teoria de Lakatos não escapou de importantes críticas. Ao extremo, pode-se cogitar que *a priori* nenhum programa de pesquisa poderia ser refutado, uma vez que seu núcleo não-falseável poderia ser mínimo a ponto de conter somente princípios amplamente aceitos, e suas teorias de suporte – que efetivamente desenvolvem as ideias do programa – podem ser pragmaticamente descartadas conforme tenham dificuldade de resistir a novas críticas. Lakatos admitia a existência dessa possibilidade mas asseverava que, para um programa científico, o acúmulo de teorias *ad hoc* é desconfortável. Com efeito, este acúmulo leva a comunidade científica a

aderir a determinada teoria em detrimento de outra. A nova teoria nem sequer precisa responder a todas as questões que a anterior respondia, bastando que ela responda um número satisfatório de problemas (dentre esses, alguns que a anterior não conseguia responder) e não ter um número grande de fundamentações *ad hoc* (SILVA, 2008).

5 Considerações finais

As breves considerações sobre como Khum e Lakatos entendem a formação de um paradigma científico possibilitam lançar luzes sobre o atual momento histórico. Primeiramente, independentemente da designação que demos é inegável o fenômeno do trabalho com grandes dados na produção científica e seus resultados, cujos exemplos mais notórios são o projeto do genoma humano e os aceleradores de partículas que produzem uma infinidade de dados impossíveis de se processar e analisar sem um suporte computacional. O surgimento de uma comunidade de pesquisa trabalhando com grandes dados é, portanto, um fenômeno do mundo da *práxis* que convive com uma ainda incipiente produção teórico-conceitual que a fundamente. Uma rápida pesquisa em portais de periódicos demonstra que há muito mais pesquisa sobre casos de implementação de e-Science que estudos predominantemente acerca de sua epistemologia, seus fundamentos conceituais ou os aspectos éticos e políticos sem os quais o pensamento científico não se completa – permanece no campo da técnica.

Por sua vez, tentativas de refutação da e-Science não são raras, sendo Martin Frické um de seus maiores críticos. Frické (2015) é cético em relação à possibilidade de o *big data* produzir uma lógica de descobertas científicas universais ou ferramentas de inferência e refutação que torne a e-Science paradigmática. Para ele, a lógica indutiva por trás do trabalho com dados é falível e contaminada pela teoria: “Os instrumentos são construídos ou adotados à luz do que sabemos ou das teorias que temos”, uma vez que “dados não falam (...); é necessário uma enorme quantidade de conhecimento básico ou suposições ou pesquisa prévia” (FRICKÉ, 2015, pp. 5-6).

Tal como vem se configurando, o fenômeno da e-Science, a despeito da *resistência* sofrida, vem diluindo ainda mais algumas tênues fronteiras entre várias ciências – queremos destacar as ciências da informação e da computação – sem chegar a constituir apenas uma disciplina autônoma (e-Science), mas uma concepção de ciência e de fazer científico distinta do que se via até então. Talvez não valha a pena entrar em uma discussão se é adequado ou não chamar esse movimento de um novo paradigma científico. O mundo e a natureza fornecem ‘resistência’ a nossas conceituações arbitrárias sob a forma de anomalias, situações em que fica claro que algo está errado com as estruturas atribuídas ao mundo por nossas construções conceituais aleatórias. Nesse sentido, o tempo e a produção teórico-conceitual da e-Science em diálogo com a tradição científica poderão atestar seu alcance e falsear seus pressupostos, embora seja forçoso reconhecer a urgência de mais fundamentos (núcleo fundamental e teorias *ad hoc*) para que se possa mais confortavelmente chama-la de um novo paradigma científico. A esse respeito, embora sem mencionar especificamente a e-Science, refletia Boaventura Santos há 30 anos: “Depois da euforia cientista do século XIX e da conseqüente aversão à reflexão filosófica, bem simbolizada pelo positivismo, chegamos a finais do século XX possuídos pelo desejo quase desesperado de complementarmos o conhecimento das coisas com o conhecimento do conhecimento das coisas” (SANTOS, 1988, p. 57). Precisamos conhecer mais como a e-Science quer conhecer o mundo.

Referências

- BOHLE, Shannon. (2013, 12 June). What is E-science and How Should it be Managed? **Scientific and Medical Libraries. Scilogs. Nature and Spektrum der Wissenschaft.** Disponível em: http://www.scilogs.com/scientific_and_medical_libraries/what-is-e-science-and-how-should-it-be-managed/. Acesso em setembro de 2018.
- FRICKÉ, Martin. Big data and its epistemology. **Journal of the Association for Information Science and Technology.** 66, 4, p. 651-661 11 p., 2015.
- GRAY, Jim. **Jim Gray on eScience: A Transformed Scientific Method.** Edited by Tony Hey, Stewart Tansley, and Kristin Tolle. In: Hey, T., Tansley, S. and Tolle, K. (Ed.). **The Fourth Paradigm: dataintensive scientific discovery.** Redmond, WA, USA: Microsoft Research, 2009.
- KUHN, Thomas. **A estrutura das revoluções científicas.** São Paulo: Perspectiva, 1994.
- LAKATOS, Inre; MUSGRAVE, Alan (Org.). **A crítica e o desenvolvimento do conhecimento:** Quarto volume das atas do colóquio internacional sobre Filosofia da Ciência, realizado em Londres em 1965. Trad.: Octavio Mendes Cajado. São Paulo: Cultrix e EDUSP, 1979.
- SALES, Luana Farias; SAYÃO, Luís Fernando. Há Futuro para as Bibliotecas de Pesquisa no Ambiente de eScience? **Informação & Tecnologia:** Marília/João Pessoa, 2(1): 30-52, jan./jul., 2015.
- SANTOS, Boaventura de Sousa. Um discurso sobre as ciências na transição para uma ciência pós-moderna. **Estudos avançados.** Vol.2 no.2 São Paulo May/Aug. 1988. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40141988000200007>. Acesso em setembro de 2018.
- SHAPIN, Steven. **The Scientific Revolution.** Chicago: The University of Chicago Press, 1996.
- SILVA, Max Melquíades da. A gestão do conhecimento entre as propostas teórico-conceituais e a efetividade de sua implementação na administração pública: problemas e possibilidades. 2008. 175 f. **Dissertação** (Mestrado em Administração Pública) - Fundação João Pinheiro, Belo Horizonte, 2008.