

Análise de fontes de dados históricos sobre Física Quântica em pesquisas de Ensino de Ciências

Analysis of historical data sources about Quantum Physics in researches of Science Teaching

Victor Alexandre Alves de Carvalho

Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências da USP
v.carvalho@usp.br

Valéria Silva Dias

Universidade de São Paulo
vsdias@if.usp.br

Resumo

A interface entre história da ciência e ensino de ciências tem uma presença bastante importante na pesquisa em Ensino de Ciências no Brasil. Neste trabalho, analisamos algumas dissertações de mestrado do Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências da Universidade de São Paulo, buscando caracterizar as fontes de dados históricos utilizadas. Para tanto, realizamos uma seleção temática buscando as dissertações que trataram do surgimento da física quântica em uma perspectiva histórica. Definimos também algumas categorias de análise e optamos por um referencial teórico que valorizasse a comunicação na ciência, incorporando também os gêneros discursivos de Bakhtin. Os resultados apontam para uma valorização da figura de alguns cientistas e das dimensões literárias e epistêmicas da comunicação científica.

Palavras chave: física quântica, fontes de dados históricos, história da ciência

Abstract

The interface between history of Science and Science Teaching has a very important presence in the research in Science Teaching in Brazil. In this work, we analyze some dissertations of a Post-Graduation Program in Science Teaching at University of São Paulo, aiming to characterizing the historical sources used. Therefore, we performed a thematic selection, searching for the works that presented the emergence of Quantum Physics in a historical perspective. We also defined some analysis categories and opted for a theoretical framework about the communication in science, incorporating also the speech genres of Bakhtin. The results aim to a valuation of the figure of some scientists and of the literary and epistemic dimensions of scientific communication.

Key words: historical sources, history of Science, quantum physics

Introdução

Este trabalho se apresenta na interface entre história da ciência (HC) e ensino de ciências (EC), aliado à pesquisa produzida nessas temáticas. Conforme discute Dias (2008), a HC tem um papel importante no desenvolvimento da área de EC ao longo dos eventos que marcaram sua institucionalização. Em específico, este trabalho faz parte de um contexto mais amplo, onde realizamos uma pesquisa sobre a utilização de fontes de dados históricos em trabalhos envolvendo essa interface em trabalhos produzidos em um programa de pós-graduação.

Propomos um olhar dirigido às fontes de dados históricos em trabalhos envolvendo história da ciência. Sabe-se que essa é uma temática importante no trabalho historiográfico, já que os dados históricos constituem a base da escrita de um relato histórico. Assim, visamos construir sua categorização em fontes primárias e secundárias, entender se há a associação do uso de fontes à perspectiva internalista ou externalista, analisar as dificuldades de acesso e a relação das fontes com o ensino.

Para a escolha do programa de pós-graduação do qual selecionamos os dados de pesquisa a serem analisados nesse trabalho, estabelecemos os critérios de longevidade e existência de linha de pesquisa em HC. Escolhemos o programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências da USP (PIEC). O programa foi criado em 1973 e possui uma linha temática envolvendo história da ciência e ensino desde seu início, tendo produzido 76 teses e/ou dissertações na interface entre HC e EC.

Para a análise feita nesse trabalho, optamos também por um recorte temático. Dessa forma, analisaremos trabalhos abrigados no PIEC e que trataram diretamente do surgimento da física quântica. Tal escolha é reflexo da importância que a história dessa temática tem para o desenvolvimento da Física, principalmente pela mudança envolvida nos paradigmas da mecânica clássica.

Para realizar a análise desses trabalhos, propomos uma breve discussão sobre a distinção entre os produtos da atividade científica (utilizando, assim, a perspectiva comunicativa da ciência) e a utilização desses produtos como fontes históricas. Apresentamos uma concepção de internalismo e externalismo que evite uma categorização binária e dicotômica. A análise se aplica, principalmente, aos trechos dessas dissertações que contêm algum relato historiográfico, principalmente pelo interesse em observar as questões relativas às fontes e também aos aspectos historiográficos.

Comunicação e produção científica

A definição do que é uma fonte histórica não é trivial, pois não existe uma maneira única de interpretar essa questão. Adotamos uma abordagem com base na ideia comunicativa subjacente à produção desses materiais na ciência.

Para Knorr-Cetina (1999), a coletividade da ciência se manifesta através da linguagem em uma perspectiva comunicativa. Assim, há a circulação de resultados, retomada de conceitos, concordância e discordância, elementos importantes para o campo científico.

As manifestações da comunicação científica são variadas. A ciência conhece bem essas construções por meio dos artigos, das teses e dissertações e dos livros científicos, por exemplo. A existência dessas formas de texto mobiliza dimensões variadas da comunicação,

de modo que alguns fatores estão expressos no ato da criação científica. Segundo Knorr-Cetina (1999), essas dimensões são a literária, a epistêmica, a biográfica e a coletiva.

A ideia de gênero discursivo pode elucidar alguns aspectos mais contextuais das variadas construções linguísticas envolvidas na comunicação científica. Para Bakhtin, as atividades humanas são ligadas ao uso da linguagem. O uso do discurso se dá em esferas de atividade que se tornam cada vez mais complexas, modificando os gêneros discursivos em seu interior.

As dimensões comunicativas são mobilizadas pelos gêneros discursivos abrigados na esfera científica. Entendemos, assim, que o fruto da atividade científica mobiliza fatores diversos influenciados por finalidades e condições específicas.

Criação de uma fonte histórica

Há uma distinção importante a ser feita entre um registro e sua utilização como fonte histórica. Segundo Kragh (1987), a fonte histórica somente passa a existir a partir da interpretação feita pelo historiador. Antes disso, o material existe como parte da produção científica de uma determinada época ou como parte da esfera pessoal, alocado em seu próprio contexto.

Essa questão pode ser colocada em termos linguísticos a partir dos gêneros discursivos. Um gênero é caracterizado pelo seu conteúdo temático, pelo seu estilo e pela sua construção composicional. Como exemplo, temos o gênero da carta. Elas apresentam conteúdo temático dos relacionamentos pessoais, com um estilo mais livre e construção composicional marcada pela identificação de um local e data.

Essa problemática se relaciona diretamente com a questão da autoria dos materiais. É bem conhecida a categorização das fontes utilizadas em primárias ou secundárias. Resumidamente, as fontes primárias são aquelas cujo material foi produzido pelo sujeito da investigação, enquanto as fontes secundárias são aquelas produzidas posteriormente, por outro autor distante do sujeito investigado.

Consideramos as fontes em dois níveis nessa investigação, o nível da atividade científica e o nível da escrita histórica, o que nos permite entender que cada composição textual está imersa em um contexto: as fontes primárias são reflexo direto de um sujeito imerso em condições sociais e com intenções comunicativas; as fontes secundárias, por sua vez, refletem uma concepção historiográfica.

Historiografia internalista e externalista

A questão da historiografia internalista e externalista se refere ao enfoque escolhido na escrita do relato histórico. Sintetizando, os aspectos valorizados pela abordagem internalista são, principalmente, os aspectos cognitivos e lógicos, enquanto a abordagem externalista enfoca os aspectos sociais e tecnológicos.

Essa temática é relevante e muito discutida na historiografia da ciência (KRAGH, 1987; KUHN, 2011; CANGUILHEM, 2012; BURKE, 2016; LATOUR, 2017). Ao longo do desenvolvimento da historiografia da ciência, entretanto, a postura em relação à aparente dicotomia que os termos “internalista” e “externalista” carregam foi se alterando. Reconhecemos, então, que um trabalho de História da Ciência pode se apresentar como um híbrido entre essas duas abordagens.

Reconhecendo tal mudança, propomos uma forma de pensar que permite compreender essa

questão em termos menos restritos, a partir de Latour (2017), que propõe o seguinte esquema para entender a questão da historiografia internalista e externalista:

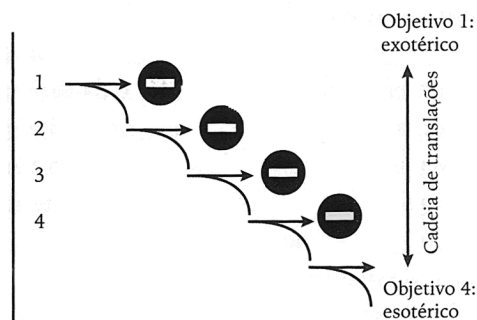


Figura 1 - O discurso internalista e externalista (LATOUR, 2017)

A grosso modo, o vocabulário exotérico corresponde às questões públicas e “externas” à ciência, enquanto o vocabulário esotérico se refere aos aspectos tais como aparecem nos artigos científicos.

Esse diagrama propõe que essa questão seja pensada de modo mais dinâmico, entendida no próprio processo histórico. A ideia é que não se trata apenas de encontrar fatores sociais na ciência: é necessário identificar se esses fatores sociais de fato estiveram presentes na mudança de vocabulário do cientista.

Essa mudança, do exotérico para o esotérico e vice-versa, ocorre porque o cientista eventualmente se envolve em uma negociação a fim de alcançar seu objetivo. Essa negociação pode envolver agentes externos à ciência. Logo, para o cientista, alcançar seu objetivo implica, muitas vezes, realizar uma ação fora da esfera científica, e nessa mudança está a mudança de vocabulário. O cientista encontra um novo objetivo comum a ele e ao novo agente.

Apresentação e análise dos dados

Categorias de análise

Para analisar as fontes de dados históricos nas dissertações selecionadas para esse trabalho, estabelecemos algumas categorias de análise.

A primeira categoria é referente à categorização em fontes primárias e secundárias. Como dito, entendemos fontes primárias como aquelas cuja autoria está ligada diretamente com o sujeito da investigação. Fontes secundárias se referem às fontes obtidas através de materiais produzidos por outro autor que não seja aquele alvo da investigação. Visamos entender se há a predominância de algum tipo de fonte e o que isso revela.

A segunda delas é a questão da historiografia internalista e externalista. Já discutimos a problemática envolvida nessa categorização, e nos interessa entender se há alguma relação entre o uso das fontes e a abordagem temática escolhida.

Também nos interessa saber quais são as dificuldades encontradas por esses autores na obtenção das fontes. Assim, podemos compreender um pouco de processos como a consulta ao material em língua estrangeira, a consulta a materiais digitalizados ou físicos, etc.

Por último, propomos uma reflexão do papel das fontes históricas no ensino. Elas servem para

o propósito de escrever o relato sem interação direta com o ensino? Ou elas foram inseridas no contexto escolar nesses casos analisados?

Descrição dos trabalhos analisados

Antes de prosseguir à análise, é necessário entender o contexto de produção desses trabalhos, assim como o fim ao qual eles foram destinados.

O primeiro caso discute as interpretações da física quântica, partindo, primeiramente das problemáticas envolvendo o surgimento dessa área. Desse modo, o autor, Freire Jr (1990), desenvolve um relato histórico explorando um desenvolvimento de concepções que permitiriam o estabelecimento da física quântica.

Na segunda dissertação a autora faz uma discussão sobre o surgimento da física quântica, mas enfocando as questões envolvidas no problema da Radiação do Corpo Negro (MOZENA, 2003).

Na terceira dissertação analisada a autora visa utilizar as mudanças do conceito de luz ao longo da história para introduzir um novo modo de pensar a física quântica no ensino básico (FAGUNDES, 1997).

Fontes primárias e secundárias

Os casos analisados apresentam algumas questões sobre o uso de fontes primárias e secundárias. Na questão das fontes primárias, observa-se fortemente a valorização da figura dos cientistas, principalmente pela exploração mais incisiva dos aspectos presentes nas obras produzidas por eles.

As fontes primárias, de modo geral, constituem-se, em todos os casos, de artigos, livros científicos e uma autobiografia. Entendendo a produção dessas fontes num contexto comunicativo, os aspectos valorizados pelos autores na utilização dessa modalidade de fontes são os aspectos epistêmicos e literários, ou seja, são utilizados os aspectos conceituais e o valor dos conceitos trazidos pelos próprios cientistas, uma vez que eles são os autores desses materiais.

As fontes secundárias são bastante utilizadas e contribuem para a afirmação de uma epistemologia e de uma concepção histórica. Entendemos que essa escolha nem sempre é voluntária, pois, eventualmente, uma fonte secundária é utilizada por ser a única disponível.

Como exemplo, o terceiro caso utiliza a obra de Bachelard como fonte secundária. O modo como sua concepção faz parte do argumento da mudança do entendimento sobre a luz é bastante claro: o início da física quântica sob a perspectiva do conceito de luz é uma *ruptura* com a física clássica.

Internalismo e externalismo

Como explicitado anteriormente, entendemos a questão do internalismo e externalismo como incorporação de fatores diversos no decorrer do relato historiográfico, alinhando o enfoque temático à pergunta de pesquisa.

Dessa forma, analisamos essa questão da historiografia internalista e externalista a partir pergunta de pesquisa e o modo como fatores sociais são incorporados no relato historiográfico. No primeiro caso, então, podemos reconstruir a “cadeia de translação de interesses” da seguinte forma:

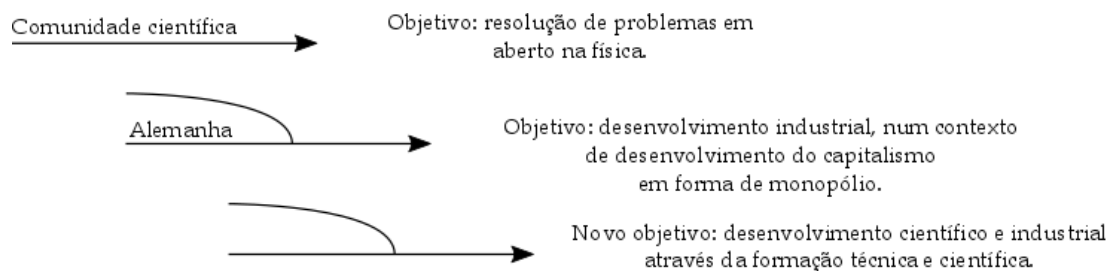


Figura 2 - Abordagem temática no primeiro caso.

O segundo caso também inclui alguns fatores sociais na translação dos objetivos científicos:

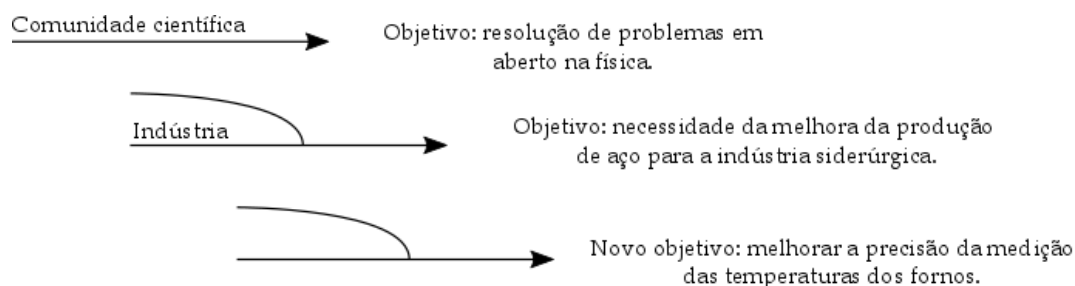


Figura 3 - Abordagem temática no segundo caso.

Nesse caso, a indústria e a ciência chegam a um consenso quanto à necessidade da melhora da precisão da medição da temperatura nos fornos. Por último, construímos o diagrama para o último caso.

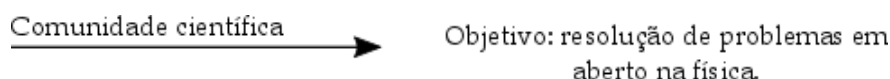


Figura 4 - Abordagem temática no terceiro caso, exclusivamente internalista.

A motivação para a comunidade científica é semelhante em todos os casos. Todos reconhecem a existência de fenômenos em aberto na física, fato que motivou o surgimento da física quântica. Todos reconhecem também o papel importante dos mesmos cientistas: Planck, Einstein, Heisenberg, Bohr, dentre outros. A breve inserção do contexto social é feita para entendimento de outros fatores que foram relevantes para o desenvolvimento da ciência naquela época.

Um resultado importante é que o aspecto social, quando há, é abordado pelas fontes secundárias. As fontes primárias escolhidas não possibilitaram o entendimento do contexto social, mas foram bastante importantes para o entendimento do desenvolvimento dos conceitos pelo conteúdo temático próprio dos artigos e livros científicos.

Acesso

A questão do acesso e disponibilidade das fontes é um problema bastante conhecido em historiografia das ciências. O que observamos sobre isso nesses casos é que a disponibilidade de fontes primárias e secundárias é um limitante para a investigação histórica.

No caso das fontes primárias, interpretamos que um dos aspectos importantes para o uso das obras utilizadas é o aspecto da figura do cientista, algo que motivaria a divulgação dos seus artigos originais, inclusive em versão traduzida. No caso de Bohr, Einstein, Planck e Heisenberg, as obras utilizadas (artigos, livros e uma autobiografia escrita por Planck) são todas traduzidas e publicadas.

No caso das fontes secundárias, parte significativa dos trabalhos utilizados são materiais traduzidos e utilizados na língua inglesa, o que exige uma capacidade de leitura e interpretação dos autores nesse idioma.

Papel das fontes no ensino

Por último, propomos uma breve reflexão sobre o significado das fontes utilizadas nesses relatos em relação ao seu impacto no ensino de ciências. Nos três casos, elas formam uma base importante para o trabalho historiográfico, no sentido de contribuir para a formação científica e histórica do autor.

As fontes primárias foram produzidas, em geral, por cientistas bastante conhecidos, e o contato com o trabalho original deles permite ao pesquisador uma visão mais consistente do papel desses cientistas na produção do conhecimento, entendendo as diversas estratégias comunicativas presentes nos trabalhos científicos. Entendemos que essa visão poderia ser levada para a sala de aula, favorecendo a construção de conhecimento também sobre a natureza da ciência e sobre o fazer científico.

Conclusão e contribuições

Uma conclusão a que chegamos nesse trabalho, e que tem sido consonante com a pesquisa que estamos desenvolvendo, é que é possível entender o modo como se dá a utilização de determinados “níveis” e tipos de fontes em relação com uma escolha temática. Nos casos analisados, apesar da pequena abertura aos fatores externos, observa-se que o uso de fontes primárias vão de encontro diretamente com a abordagem de conceitos internos à ciência.

É possível interpretar essa relação através dos gêneros discursivos de Bakhtin, uma vez que o conteúdo temático das fontes primárias utilizadas eram conceitos científicos, com o estilo pautado principalmente no formalismo matemático. Naturalmente, as fontes secundárias também contribuem, de alguma forma, para o estudo dos aspectos internos à ciência. Entretanto, notamos um olhar às fontes primárias preocupado essencialmente com os conceitos utilizados diretamente por cada cientista.

É desafiante pensar nas implicações didáticas desse tipo de análise. Percebe-se que, nos dados analisados, as fontes foram exclusivamente utilizadas pelos autores na construção do relato historiográfico, havendo pouco espaço para a aplicação dessas fontes, como na forma de recurso didáticos para utilização em sala de aula.

Interpretamos esses fatos como uma preocupação apresentada pelos autores em entender a mudança de conceitos e a natureza da ciência, e as fontes serviram a esse fim na construção

do relato historiográfico. Nessa perspectiva nota-se pouca preocupação com os aspectos externos e sociais, valorizando muito mais a figura do cientista e da epistemologia da ciência.

A análise de um volume maior de teses e dissertações poderá revelar tendências na produção do PIEC com relação às fontes de dados históricos utilizadas na pesquisa na interface entre o EC e a HC.

Referências

BAKHTIN, M. **Os gêneros do discurso**. São Paulo: Editora 34, 2017.

BURKE, P. **O que é história do conhecimento?** 1ª ed. São Paulo: Editora Unesp, 2016.

CANGUILHEM, G. **Estudos de História e de Filosofia das Ciências**. 1ª ed. São Paulo: Forense Universitária, 2012.

DIAS, V. S. **História e Filosofia da Ciência na pesquisa em Ensino de Ciências no Brasil: manutenção de um mito?** 2008. Tese (Doutorado), Universidade Estadual de São Paulo, Bauru.

FAGUNDES, M. B. **Ensinando a Dualidade Onda-Partícula sob uma nova óptica**. 1997. Dissertação (Mestrado), Universidade de São Paulo, São Paulo.

FREIRE JR, O. **Estudo sobre interpretações (1927-1949) da Teoria Quântica: Epistemologia e Física**. 1990. Dissertação (Mestrado), Universidade de São Paulo, São Paulo.

KNORR-CETINA, K. A comunicação na ciência. In: GIL, F (org): **A Ciência tal qual se faz**. 1ª ed. Lisboa: Edições João Sá da Costa, 1999.

KRAGH, H. **An Introduction to the Historiography of Science**. 1ª ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1987.

KUHN, T. S. **A tensão essencial**. 1ª ed. São Paulo: Editora Unesp, 2011.

LATOUR, B. **A esperança de Pandora: ensaios sobre a realidade dos estudos científicos**. São Paulo: Editora UNESP, 2017.

MOZENA, E. R. **A solução de Planck para o Problema da Radiação do Corpo Negro (PCRN) e o ensino de Física Quântica**. 2003. Dissertação (Mestrado), Universidade de São Paulo, São Paulo.