

Uma discussão sobre os contextos da descoberta e da justificativa nos estudos de Du Fay

A discussion on the contexts of discovery and of justification in Du Fay's studies

Anabel Cardoso Raicik

UFSC / Departamento de Física / Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, anabel_quifis@hotmail.com

Luiz O. Q. Peduzzi

UFSC / Departamento de Física / Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, peduzzi@fsc.ufsc.br

Resumo

O ensino de ciências, em geral, negligencia discussões acerca da natureza do conhecimento científico. Assim, não surpreende que acabe disseminando concepções ingênuas e problemáticas sobre ela. Este artigo analisa o processo constitutivo dos dois princípios enunciados por Du Fay, discutindo os contextos da descoberta e da justificativa na sua elaboração, a partir do conceito de experimentação exploratória veiculado por Steinle (1997). Pretende-se, com isso, oferecer elementos que estimulem uma melhor reflexão acerca do jogo existente entre hipótese e experimentação no desenvolvimento de um corpo teórico, e que suscitem posicionamentos mais críticos sobre concepções como a empírico-indutivista, algorítmica e elitista (GIL PÉREZ *et al.*, 2001).

Palavras-chave: contexto da descoberta, contexto da justificativa, princípios de Du Fay, ensino de ciências

Abstract

The science education, in general, neglects discussions about the nature of scientific knowledge. Therefore not surprising that ends conceptions disseminating ingenuous and problematic about science. This article analyzes the constituent process of the two principles enunciated by Du Fay, discussing the contexts of discovery and justification in their development, from the concept of experimentation exploratory conveyed by Steinle (1997). It is intended, therefore, provide elements that stimulate greater reflection on the game between hypothesis and experimentation in the development of a theoretical framework, and that raise more critical placements about conceptions such as empirical-inductive, algorithmic and elitist (GIL PÉREZ *et al.* 2001).

Keywords: context of discovery, context of justification, principles Du Fay's, science education

Introdução

A história da eletricidade, sobretudo a partir do século XVIII, suscita aspectos fundamentais e relevantes para a formação do estudante, como processos relativos à construção do conhecimento, situações que contraexemplificam imagens inadequadas da ciência (GIL PÉREZ *et al.*, 2001), discussões sobre os contextos da descoberta e da justificativa e a interação entre hipótese e experimentação.

Em uma ciência experimental, como a física, é natural que as relações entre hipótese e experimentação estejam intimamente ligadas ao processo de construção do conhecimento. Entretanto, como enfatizam Wong e Hodson (2008), é essencial refletir sobre esses vínculos que muitas vezes passam despercebidos, tanto no âmbito da própria ciência como no procedimento pedagógico.

Steinle (2002, 1997) analisa duas formas de experimentação a partir de certos episódios da história da eletricidade; a experimentação subordinada por uma “teoria-orientada” e a experimentação “exploratória”. A experimentação exploratória inclui dois contextos, o da “descoberta” e o da “justificativa”.

O presente artigo tem como objetivo discutir esses dois contextos e, a partir da experimentação exploratória, em particular, evidenciar o jogo entre hipótese e experimentação. Os estudos que levam Du Fay a introduzir os conceitos de eletricidade vítrea e eletricidade resinosa propiciam discussões profícuas sobre os contextos da descoberta e da justificativa (DJ). Como referência básica para o desenvolvimento desta análise, utiliza-se a Quarta Memória que Du Fay publica na *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences* em 1733.

Experimentação exploratória: o contexto da descoberta e o contexto da justificativa

Contrastando os contextos da descoberta e da justificativa, muitos autores defendem que o contexto da descoberta não deve ser objeto de estudo da filosofia e sim matéria de interesse de historiadores, psicólogos e sociólogos. Conforme Hoyningen-Huene (1987) esta distinção é fundamental para Popper, Carnap, Hahn, Neurath e Whewel. Entretanto, a partir da década de 60 iniciam-se reações a esta dicotomia, em autores como Hanson, Thomas Kuhn, Polanyi Michael e Paul Feyerabend.

Se, no âmbito da distinção DJ a filosofia da ciência não se preocupa com a história, o contexto da descoberta fica simbolicamente relacionado aos processos de formação de hipóteses, teorias e leis e a justificativa essencialmente com a prática de argumentar a favor da validade dos resultados encontrados (ARABATZIS, 2006; STEINLE, 2006).

Nessa perspectiva, a justificação submete-se a regras enquanto a descoberta associa-se a algo sem referência direta ou indireta com a estruturação conceitual, com os argumentos ou mesmo com a teoria científica. No entanto, é um erro supor que a descoberta e mesmo a criatividade não fazem parte da construção científica, afinal, há um significado conceitual, uma complexidade e processos envolvidos na descoberta (HANSON, 1967).

Ao se iniciar a construção de um conhecimento algumas hipóteses são elaboradas. Opositores à distinção DJ argumentam que o tipo de pensamento envolvido nessa atividade não difere fundamentalmente do raciocínio utilizado para a justificação (ACHINSTEIN, 1980 apud ARABATZIS, 2006), ou seja, a distinção não pode existir já que os contextos se sobrepõem e, portanto devem ser analisados sob uma mesma perspectiva.

Refletindo-se sobre a prática científica, vê-se em geral que questões relativas à formação de um corpo teórico são deixadas de lado em favor da simples transcrição da sua validade. Conforme Steinle (2006):

E é aqui que algum tipo de distinção DJ é explicitamente levantada... “Eu não me importo”, um dos meus professores universitários de física costumava dizer, “sobre como Newton historicamente encontrou sua lei da gravitação, eu só estou interessado em por que é válida” (p. 188).

O núcleo da distinção seria a diferença entre a gênese do conhecimento e a sua validação. No entanto, a justificação de uma teoria, por exemplo, pode ser independente da gênese dessa teoria, mas jamais será independente dos conceitos que usa. O entendimento epistêmico do conhecimento é essencial para se analisar a real história da ciência.

A história da eletricidade contempla diversos episódios nos quais o experimento é altamente valorizado e tem funções diferenciadas na estruturação de conhecimentos (ASSIS, 2011); além disso, evidencia um “jogo” de conversação entre hipóteses e experimentação (RAICIK; PEDUZZI, 2013). O processo de formação de conceitos e de definições nos estudos de Du Fay - com todas as suas revisões, erros, testes, dúvidas e períodos sucessivos de incompreensões perante o observável - está diretamente ligado a um intenso e contínuo trabalho experimental. Os dois princípios gerais que enuncia, e que segundo ele subordinavam os fenômenos elétricos, ilustram isso. Nesse sentido, é possível fazer uma discussão sobre o contexto destas suas descobertas, e analisar o tipo de experimentação utilizada assim como o papel que exerceu no desenvolvimento de seus conceitos e ideias.

Os dois princípios de Du Fay

Charles François de Cisternay Du Fay (1698 – 1739) nasceu em Paris. Sua família influente na sociedade e com boas condições financeiras oportunizou a ele fácil acesso à alta sociedade e à Academia Francesa de Ciências (HEILBRON, 1979; BOSS; CALUZI, 2007). No campo da eletricidade, suas maiores contribuições foram o reconhecimento do mecanismo de atração-contato-repulsão e a distinção entre as eletricidades vítrea e resinosa.

Ao aproximar um tubo eletrizado¹ de corpos leves (como folhas finas de ouro penugem, algodão) Du Fay observou que, depois de interagirem com o tubo, eles se afastavam do mesmo. Porém, não atribui isto a uma repulsão, mas sim a uma atração desses corpos por outros nas imediações do experimento.

Uma experiência sugerida por M. Reaumur e realizada por Du Fay vai mostrar que esta sua conjectura estava incorreta. Assim, ao aproximar um pedaço de cera da Espanha eletrizado de um pequeno monte de pó de escrever colocado na borda de uma carta, Du Fay observa que as partículas do pó são afastadas para fora da carta, sem que se possa atribuir isto a atrações de corpos vizinhos.

Du Fay corrobora este resultado variando os corpos envolvidos em um experimento mais sensível, utilizando folhas de ouro e um bastão de cristal.

Enfim, tendo refletido sobre o fato de que os corpos menos elétricos seriam mais vivamente atraídos que os outros, eu imaginei que o corpo elétrico atrairia talvez aqueles que não são nem um pouco e afastaria todos aqueles

¹ Pela nomenclatura da época, um corpo era chamado de elétrico ou estava eletrizado quando tinha a capacidade de atrair corpos leves depois de ter sido atritado (Assis, 2011).

que se tornaram elétrico quando aproximado e pela comunicação da virtude [elétrica] (DU FAY, 1733a, p. 458).

Ao analisar as experiências de outros estudiosos, refazendo algumas delas, tanto na sua versão original como introduzindo variações (nas distâncias, nos materiais etc.), o francês exercita e testa seus pressupostos teóricos. Como frisam Wong e Hodson (2008), as observações não falam por si; devem ser interpretadas. Sem sucesso na tentativa de reproduzir um experimento descrito por Otto von Guericke², Du Fay refaz a experiência de Hauksbee similar à de Guericke, porém com materiais diferentes. Assim, ele esfrega um tubo de vidro para torna-lo elétrico e, segurando-o horizontalmente, deixa cair sobre este um pedaço de folha de ouro. Diante dessa experiência, constata que tão logo a folha de ouro toca no tubo ela é repelida perpendicularmente a uma distancia que varia de acordo com o seu *turbilhão elétrico*. Convicto de que já está de posse de um novo conhecimento, enuncia o seu primeiro princípio:

[...] Este princípio é: Corpos elétricos atraem todos aqueles que não estão dessa forma e os repelem assim que eles se tornam elétricos, pela proximidade ou pelo contato com o corpo elétrico (Id., 1733b, p. 262).

Assis (2011) menciona que o comportamento regular de atração-contato-repulsão - que Heilbron (1979) denominou regularidade ACR – foi considerado por Du Fay uma grande *descoberta* “e isto com razão, já que a partir deste princípio é possível compreender uma grande quantidade de fenômenos elétricos”. Mas que tipo de descoberta foi essa e em que contexto ela pode ser analisada? O questionamento é pertinente porque outros estudiosos já haviam se deparado com a „repulsão” e a tinham explicado de modo diferente.

Para Niccolo Cabeo, por exemplo, o afastamento entre os corpos nada mais era que a colisão entre um objeto pesado e um leve. Já para Otto von Guericke, evidenciava uma falta de afinidade. De acordo com o próprio Du Fay – antes de sua consideração quanto à repulsão ser elétrica – era a atração de corpos vizinhos que interferia no sistema em análise (ASSIS, 2011).

Nesta perspectiva, Du Fay *descobriu* a repulsão no sentido de que a admitiu como real e, de fato, existente. Assim, sua *descoberta* se deu pela justificativa de sua conjectura de que o afastamento entre os corpos é um evento elétrico.

A justificativa da hipótese seria uma característica constitutiva dessa descoberta. O contexto da descoberta é “carregado” com o contexto da justificativa, porque “descoberta” é um termo que se refere a uma conquista epistêmica: se há sucesso em descobrir algo então, sem dúvida, esse algo existe (ARABATZIS, 2006, p. 217).

A justificativa da hipótese para o fenômeno observado evoluiu, ou melhor, se reconstruiu juntamente com o corpo teórico que se desenvolvia. Assim, o primeiro princípio de Du Fay pode e deve ser visto no âmbito de uma *descoberta mais universal*; a constatação do seu segundo princípio. Segundo Arabatzis (2006)

Esses dois aspectos do processo de descoberta – a geração de hipótese e a forma final da justificação- não precisam coincidir [...] A justificação em si é um processo em constante evolução: é raro o caso em que a justificação de uma hipótese mantém a sua forma original (p. 218).

Assim, Du Fay prossegue com novos questionamentos à experiência que consiste em manter uma penugem flutuando acima de uma esfera de enxofre atritada.

[...] os corpos tornados elétricos por comunicação, são expulsos por aqueles que os tornaram elétricos; mas será que o mesmo acontece com todos os

² Experiência consiste em manter uma penugem flutuando acima de uma esfera de enxofre atritada.

outros corpos elétricos qualquer que seja o seu tipo? E os corpos elétricos só diferem entre eles pelo nível de eletricidade? (1733a, p. 464).

Em síntese, Du Fay suspendeu no ar uma folha de ouro por meio de um tubo de vidro eletrizado e aproximou da folha um pedaço eletrizado por atrito de goma-copal; a folha de ouro foi imediatamente atraída pela resina. Du Fay se diz surpreso com o resultado: “Confesso que esperava um efeito totalmente contrário” (1733a, p. 464). De acordo com seu primeiro princípio, ele esperava observar uma repulsão entre os corpos, já que dois corpos elétricos se repelem. No entanto, apesar de refazer a experiência inúmeras vezes, sempre houve atração.

A casualidade, nesse caso, levou Du Fay a se questionar sobre a validade de seu primeiro princípio e para quais materiais isso poderia novamente ocorrer. Os acidentes ou “erros” podem tornar-se descobertas pela sagacidade³ do estudioso em entender esses acidentes (ROBERTS, 1993) - “tais acidentes só encontram as pessoas que os merecem” (HANSTEEN, 1857 apud KIPNIS, 2005), ou seja, quem tem pressupostos, interesses e habilidades suficientes para reconhecê-los. O tipo de descoberta denominada por Hanson (1967) como “trip-over” ocorre quando não há um corpo teórico ainda totalmente formado referente à descoberta em questão. O caso de Du Fay exemplifica esse tipo de descoberta. “Por acaso lançou-se em meu caminho outro princípio, mais universal e extraordinário que o anterior, e que lança uma nova luz sobre o tema eletricidade” (DU FAY, 1733b, p. 263).

Depois de várias tentativas [...] enfim eu não pude mais duvidar que o vidro e o cristal de rocha tenha feito o contrário que a goma copal, o âmbar & a cera de Espanha, de modo que a folha repelida por uns, por causa da eletricidade que ela contraiu, era atraída pelos outros; isto me fez pensar que talvez houvesse dois tipos de eletricidade diferentes, & recebi confirmação desta ideia nas experiências seguintes (Id., 1733a, p. 465).

Sua *descoberta* veio de uma experiência que lhe apresentou um resultado inesperado que permitiu supor a separação das substâncias em dois grupos diferentes, de acordo com seu comportamento. Vê-se, pois, que as hipóteses têm um papel de articulação e de diálogo entre as teorias, as observações e as experimentações (PRAIA; CACHAPUZ; GIL PÉREZ, 2002). Desta forma, Du Fay enuncia seu segundo princípio:

Este princípio é: existem duas eletricidades distintas, muito diferentes uma da outra, uma que eu chamo de eletricidade vítrea e a outra de eletricidade resinosa [...] A característica dessas duas eletricidades é que um corpo de eletricidade vítrea, por exemplo, repele todos aqueles de eletricidade resinosa (DU FAY, 1733b, p. 263-264).

O “erro” constatado no primeiro princípio propiciou a Du Fay enunciar o seu segundo princípio, como descreve Assis (2011), uma descoberta *crucial*. Este momento histórico exemplifica a dinâmica que existe entre hipótese e experimentação no desenvolvimento da construção do conhecimento científico.

O conhecimento científico é um constante jogo de hipóteses e expectativas lógicas, um constante vaivém entre o que pode ser e o que “é”, uma permanente discussão e argumentação/ contrargumentação entre a teoria e as observações e as experimentações realizadas (PRAIA *et al.*, 2002, p. 255).

Inicialmente Du Fay formulou uma hipótese, corroborada pela experimentação, que resultou em seu primeiro princípio. No entanto, ele se deparou com resultados inesperados quando

³ Termo utilizado em seu sentido amplo: perspicácia, persistência, curiosidade, astúcia.

variou os materiais. Esse processo culminou com a enunciação de outro princípio, ainda mais universal, que se tornou uma de suas grandes contribuições para o campo da eletricidade.

Considerações Finais

As discussões dos contextos da descoberta e da justificativa, e da dinâmica entre hipótese e experimentação, propiciam analisar o significado e a complexidade conceitual na terminologia *descoberta* e seu papel no processo de construção de teorias e argumentos científicos. Dada a complexidade do contexto DJ no desenvolvimento e estruturação de um corpo teórico, um episódio específico como o dos estudos de Du Fay pode ser útil para exercitar didaticamente o tema e propiciar uma análise crítica sobre os contextos abordados.

Os trabalhos de Du Fay, ainda que „questionáveis“, já que atualmente se sabe que materiais podem carregar-se positivamente ou negativamente, dependendo do material com os quais são atritados, são importantes tanto do ponto de vista histórico, por propiciarem novos desenvolvimentos conceituais no campo da eletricidade, quanto didático. Eles mostram que mesmo ideias, hipóteses e experiências simples, em princípio, são valiosas quando devidamente contextualizadas e analisadas. No caso de Du Fay, seus estudos possibilitam contra exemplificar imagens problemáticas da ciência, como a empírico-indutivista, a individualista e elitista, a *aproblemática* e *ahistórica*, e a rígida (algorítmica, exata, infalível).

A análise do contexto da descoberta, no qual se encontra, por vezes, a gênese do conhecimento e não somente do contexto da justificativa, permite compreender a não neutralidade do estudioso e sua maneira de proceder. As hipóteses e as observações têm papéis importantes no processo construtivo do conhecimento, porém, os erros, quando redefinidos e corrigidos, e a casualidade, também norteiam novas investigações – fatores lógicos, como hipóteses, não eliminam fatores acidentais e, ainda, podem aumentar a casualidade em resultados experimentais (KIPNIS, 2005). Ainda, um método, que não o ingênuo da ciência, evidencia que o conhecimento não se desenvolve de maneira única, mas por meio de procedimentos diferenciados, quando se analisa distintos estudiosos. É consenso entre os filósofos da ciência que o conhecimento não se constrói com uma sequência rígida de passos e segue um único método científico (FORATO *et al.*, 2011; GIL PÉREZ *et al.*, 2001).

Apresentar a problematização que impulsiona a pesquisa valoriza a importância de fatores ditos irracionais pertencentes ao desenvolvimento científico. Neste sentido, seria um erro supor que a descoberta e, até mesmo, a criatividade, não fazem parte da construção científica; afinal, os erros, os acidentes e algumas condições metafísicas são fatores que têm impacto sobre a mesma. Para não incorrer na dicotomia entre os contextos da descoberta e da justificativa, deve-se atentar, também, para a importância da divulgação do conhecimento e a inter-relação da “justificação” com os processos de desenvolvimento conceitual. Assim, permeando o contexto da descoberta vê-se, então, uma estrutura que não independe de sua justificação, pois “é um processo complexo, que envolve o *reconhecimento* tanto da *existência de algo*, como de sua *natureza*” (KUHN, 2011; 1998). A indicação experimental de Reaumur à Du Fay exemplifica esse vínculo, isto é, a partir da comunicação e divulgação de seus estudos, Du Fay redireciona e dá novos rumos a sua pesquisa, reconhecendo o conceito e interpretando o fenômeno da repulsão elétrica.

De acordo com alguns autores, é possível analisar as etapas de uma descoberta. Determinadas categorizações, como as sugeridas por Hanson (1967) destacam a complexidade do contexto e a importância da sua análise filosófica. Kuhn (2011; 1998) discute certas características de uma descoberta elaborando uma síntese geral para seu estudo. Evidencia que são episódios prolongados e que tem uma estrutura relevante em todo o processo até a sua consolidação. Já

Kipnis (2005), a partir de uma metodologia específica, explora a complexidade das descobertas ditas “acidentais” sugerindo ser necessário analisar os fatores que compõem os elementos de um acaso. Nesta perspectiva, a análise de categorizações e especificidades de uma descoberta pode ser útil para que se possa entender e reconhecer melhor a complexidade existente entre o contexto da descoberta e sua relação com a justificação.

Uma apresentação e discussão histórico-filosófica, envolvendo um estudo de caso específico, como o de Du Fay, com a análise do processo conceitual da repulsão elétrica, os fatores envolvidos na enunciação de seus dois princípios – a casualidade, o erro, a influência de outros estudiosos, a importância da conversação entre as hipóteses e as experimentações, e as relações entre o contexto DJ – sem dúvida, pode ser trabalhada didaticamente em sala de aula.

Espera-se que mais do que a preparação acadêmica, focalizada apenas em conteúdos especializados das ciências, o aluno em formação compreenda e exercite os processos de desenvolvimento de um corpo teórico (FORATO *et al.*, 2011), posto que, “é possível harmonizar-se, didaticamente, *produto* e *processo*, arte final e construção de conceitos científicos” (PEDUZZI, 2005, p.156).

Referências

ARABATZIS, T. On the Inextricability on the context of Discovery and the context of justification. **Revisiting Discovery and Justification**, v. 14, p. 215-230, 2006.

ASSIS, A. K. T. **Os fundamentos experimentais e históricos da eletricidade**. São Paulo: Livraria da Física, 2011.

BOSS, S. L. B.; CALUZI, J. J. Os conceitos de eletricidade vítrea e eletricidade resinosa segundo Du Fay. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 4, p. 635-644, 2007.

DU FAY, F. R. S. A letter from mons. Du Fay, F. R. S. and of the Royal Academy of Sciences at Paris, to His Grace Charles Duke of Richmond and Lenox, concerning Electricity. Translated from the French by T. S. M. D. **Philosophical Transactions**, v. 38, p. 258-266, 1733-1734a.

DU FAY, F. R. S. Quatrième mémoire sur l'électricité. De l'attraction et répulsion des corps électriques. Tradução Livre: Rafaela Rejane Samagaia. **Mémoires de l'Académie Royale des Sciences**, p. 457-476, 1733b.

GIL PÉREZ, D. *et al.* Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.

FORATO. T. C. M.; PIETROCOLOA, M.; MARTINS, R. A. Historiografia e natureza da ciência na sala de aula. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 1, p. 27-59, 2011.

HANSON, N. R. An Anatomy of Discovery. **The Journal of Philosophy**, v. 64, n. 11, p. 321-352, 1979.

HEILBRON, J. L. **Electricity in the 17th & 18th Centuries**. Berkeley: University of California Press, 1979.

HOYNINGEN-HUENE, P. Context of Discovery and Context of Justification. **Studies in History and Philosophy of Science**, v. 18, n. 4, p. 501-515, 1987.

KIPNIS, N. Chance in Science: the discovery of Electromagnetism by H.C. Oersted. **Science & Education**, v. 14, p. 1-28, 2005.

KUHN, T. S. **A tensão essencial: estudos selecionados sobre tradição e mudança científica**. São Paulo: Unesp, 2011.

KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Perspectiva, 1998.

PEDUZZI, L. O. Q. Sobre a utilização didática da História da Ciência. In: Pietrocola, M.(org.). **Ensino de física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2005.

PRAIA, J.; CACHAPUZ, A.; GIL PEREZ, D. A hipótese e a experiência científica em educação em ciência: contributos para uma reorientação epistemológica. **Ciência & Educação**, v. 8, n. 2, p. 253-262, 2002.

RACIK, A. C.; PEDUZZI, L. O. Q. Uma abordagem histórica e experimental à eletricidade em uma disciplina sobre a evolução dos conceitos da física. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, XX, 2013, São Paulo. **Atas...**

ROBERTS, R. M. **Descobertas acidentais em ciências**. Campinas, SP: Papirus, 1993.

STEINLE, F. Concept formation and the limits of justification: “Discovering” the two electricities. **Revisiting Discovery and Justification**, v. 14, p.183-195, 2006.

STEINLE, F. Experiments in History and Philosophy of Science. **Perspectives on Science**, v. 10, n. 4, p. 408-432, 2002.

STEINLE, F. Entering new fields: exploratory uses of experimentation. **Philosophy of Science**, v. 64, p. 565-574, 1997.

WONG, S. L.; HODSON, D. From the Horse’s Mouth: what scientists say about scientific investigation and scientific knowledge. **Science Education**, v. 93, p. 109-130, 2008.