

Uma análise filosófica da equivocada descoberta dos transurânicos

A philosophical analysis of the mistaken discovery of transuranium elements

Marinês Domingues Cordeiro

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
marines.cordeiro@ufrgs.br

Larissa Moreira Ferreira

Universidade Federal de Santa Catarina
larissamoreirafferreira@gmail.com

Resumo

A notável existência de juízos de valor na ciência não implica necessariamente na renúncia da objetividade da ciência. Para isso, é necessário ver a atividade como prática intersubjetiva. O grau de objetividade da atividade depende de fatores como padrões compartilhados pela comunidade, espaços reconhecidos para a crítica e igualdade de autoridade intelectual. Neste trabalho, analisam-se o contexto científico da primeira e equivocada descoberta dos elementos transurânicos, feita por Fermi e sua equipe em 1934, e a negligência da comunidade em relação à crítica de Ida Noddack (que culminava na interpretação, hoje aceita, dos resultados dos experimentos de Fermi como produtos da cisão do urânio) com o auxílio da concepção de ciência como prática e conhecimento social de Longino.

Palavras chave: Elementos transurânicos, juízos de valor, fissão nuclear, intersubjetividade, mulheres na ciência

Abstract

Although science is marked by the existence of value judgment, it doesn't necessarily imply the waivering of its objectivity, if Science is understood as an intersubjective practice. Its degree of objectivity, depends on factors such as shared values, recognized spaces for criticism and equality of intellectual authority. In this paper, Longino's science as social knowledge is used to analyze the scientific context of Fermi's 1934 mistaken discovery of the transuranium elements, and the community's neglect of Ida Noddack's criticism (culminating in the interpretation now accepted of nuclear fission).

Key words: Transuranium elements, value judgement, nuclear fission, intersubjectivity, women in science

Introdução

Na década de 1990, em face da consolidação da área de ensino de física, Matthews (1995) apresentou uma grande análise da linha de investigações sobre História, Filosofia e Ensino de Ciências. Nele expôs o que entendia serem os desafios da linha para as décadas seguintes, entre eles feminismo e ética. De fato, com a aproximação com teorias filosóficas pós-positivistas, o ensino de ciências precisava estabelecer ligação com os temas que a própria crítica ao positivismo ainda não conseguia abarcar.

Estes dois assuntos estão intrinsecamente ligados ao papel que os juízos de valor têm na atividade científica. Para compreender os efeitos da política sexual, de questões éticas ou mesmo do que significa objetividade na ciência, é necessário entender que, ante possibilidades teóricas subdeterminadas por conjuntos de evidências, os cientistas promovem juízos de valor não apenas cognitivos, mas também contextuais. Neste sentido, para qualquer tipo de análise filosófica e histórica que, com fins educacionais, busque enfatizar tais questões, é essencial a explicitação, também, das negociações e dos fatores de autoridade que permeiam a ciência.

No entanto, a dimensão contextual de áreas como física e química é geralmente tida como inacessível ou até inexistente. Mas essas duas ciências são, também, as mais masculinas (e caucasianas) em contingente (SCHIEBINGER, 2001). Esse desequilíbrio entre homens e mulheres, um fator intrinsecamente social, raramente é levado em conta nas análises filosóficas e, como bem aponta Longino (1990) em sua visão de ciência como conhecimento social, desequilíbrios na constituição da ciência tendem a interferir na sua dimensão lógica. O que se pode dizer da objetividade da ciência nesses casos?

À luz da concepção de ciência de Longino (1990), este trabalho analisa o episódio da “primeira descoberta” dos elementos transurânicos. Seria mais um episódio ordinário de descoberta equivocada na ciência não fossem por dois motivos: a interpretação hoje tida como correta para o fenômeno foi sugerida quatro meses após o anúncio da produção dos novíssimos elementos; eles, por sua vez, foram parte fundamental da ciência nuclear por cinco anos. Aceitando o convite de Longino (1990) para uma avaliação centrada no potencial lógico dos fatores sociológicos, este artigo busca mostrar como elementos como reputação científica, sexo e preferência política diminuíram a profundidade e o alcance da crítica intersubjetiva, acarretando na manutenção, por cinco anos, de um conhecimento problemático e anômalo – mas de grande importância para a corrida bélica da década de 1930 – nos cânones da ciência nuclear.

A dimensão cognitiva das relações sociológicas na ciência

Ao fim do século XX, toda sorte de estudiosos interessados nas dinâmicas da ciência via-se na obrigação de uma escolha insatisfatória. Se, por um lado, as explicações pautadas na lógica rígida do positivismo falhavam implacavelmente quando confrontadas com fatos históricos, as explicações de cunho sociológico e histórico falhavam inevitavelmente ao tentar explicar o sucesso da ciência, medido em termos de sua adequação empírica, coerência, alcance e fertilidade. Buscando preencher a lacuna entre as perspectivas lógica e sociológica da ciência, a filósofa estadunidense Longino (1990) propôs a revisitar conceito tradicional de objetividade, livrando-o do engessamento inexorável de suas atribuídas dimensões metodológica e ontológica. Para isso, ela desafia o estudioso a compreender a ciência como uma prática intersubjetiva. Sua objetividade não pode estar atrelada a um método individualista ou holista, nem ser relacionada à perspectiva realista, mas ao método

sociológico e auto regulador da ciência. Para Longino (1990, p. 74), uma interpretação individualista ou holista da ciência é o que se mostra, de fato, logicamente insustentável.

De um ponto de vista lógico, se o conhecimento científico fosse compreendido como uma simples soma de produtos acabados de atividades individuais, então não apenas não haveria nenhuma maneira de bloquear ou mitigar a influência de preferências subjetivas, mas o próprio conhecimento científico seria uma miscelânea de teorias inconsequentemente inconsistentes.

A comunidade científica não é uma comunidade de indivíduos que trabalham isoladamente e estendendo as contribuições de seus colegas, mas uma comunidade crítica. Uma vez publicado, um artigo passa pela escrutinização dos pares, que vão, entre outras coisas, avaliar a consistência e a coerência do trabalho, repetir experimentos, avaliar seu alcance. Para isso, eles lançam mão de críticas de natureza conceitual e evidencial. Para Longino (1990, p. 73), do todas os tipos de crítica que se podem manifestar na ciência, a mais importante é a crítica conceitual que investiga a relevância de um grupo de evidências para uma determinada hipótese, pois ela “significa questionar as crenças e suposições de fundo à luz das quais certas circunstâncias se tornam evidências, o que é crucial para o problema da objetividade”.

Porque a relação entre hipóteses e evidências é mediada por pressupostos de fundo que, eles próprios, não podem ser submetidos a confirmação ou refutação empírica e que podem ser permeados por considerações metafísicas ou normativas, seria um equívoco associar a objetividade dos métodos científicos apenas com seus aspectos empíricos. O processo que pode expor tais pressuposições é o que possibilita, mesmo que não possa garantir, a independência de vieses subjetivos e, portanto, a objetividade (LONGINO, 1990, p. 75).

Assim como a simples publicação de uma hipótese não garante que ela seja objetiva, adequada ou mesmo considerada nos cânones da ciência, também a mera crítica dessa hipótese não terá efeito para a objetividade da ciência se não tiver profundidade e alcance dentro dela. Não basta que a ciência seja espaço fértil para questionamentos; é fundamental que essas críticas passem pelo processo de intersubjetividade. Assim, Longino (1990, p. 76) mapeia quatro instâncias que permitem a intersubjetividade da crítica na ciência, propiciando-lhe, portanto, graus de objetividade: meios reconhecidos para a crítica; padrões compartilhados, como valores cognitivos; resposta da comunidade às críticas, como premiações; e igualdade de autoridade intelectual.

A relação entre ciência e valores na descoberta equivocada dos elementos transurânicos

O elemento de número 93, batizado de neptúncio, é o primeiro dos elementos transurânicos. Artificiais, esses elementos são assim conhecidos por extrapolarem a fronteira dos elementos químicos naturais¹, delimitada pelo o urânio, de número atômico 92. Neptúncio também foi o primeiro a ser sintetizado, por Edwin McMillan e Philip Abelson, em 1940. Porém, entre os anos de 1934 e 1939, elementos transurânicos de número atômico até 97 fizeram parte do cânone da ciência nuclear.

Com a detecção do nêutron, em 1932, concebeu-se um novo modelo para o núcleo, que, até então, se acreditava ser constituído por prótons e elétrons. Dois anos mais tarde, a descoberta

¹ O tecnécio (Z=43) e o promécio (Z=61) são elementos artificiais, sendo, portanto, exceções a essa regra.

da radioatividade artificial viria a culminar o novo momento desta área da ciência. Para produzir núcleos artificialmente radioativos, Irène e Frédéric Joliot-Curie irradiaram determinados elementos com partículas alfa. Em Roma, no grupo liderado por Enrico Fermi, aventou-se a hipótese de que os nêutrons, que não sofreriam com a barreira coulombiana ao bombardearem núcleos atômicos, também poderiam produzir elementos artificialmente radioativos (SEGRÉ, 1989).

Bombardearam diversos núcleos observando consistentemente que a absorção do nêutron induzia a radioatividade, mas de formas diferentes. Em núcleos mais leves, a absorção do nêutron resultava ou na emissão de uma partícula alfa ou na emissão de um próton. Interessantemente, para núcleos pesados, a assimilação do nêutron gerava isótopos artificiais radioativos – mas inúmeras dificuldades experimentais tornavam especialmente difícil o discernimento das séries de decaimento. Tentando identificar uma meia-vida de 13 minutos através de separações químicas, eliminaram a possibilidade de ser um isótopo de urânio, protactínio, tório, actínio, bismuto e chumbo. Por meio da análise do comportamento químico, desconsideraram a compatibilidade com frâncio e radônio (FERMI, 1934).

Como não existia a concepção, entre cientistas nucleares, de elementos actínídeos, certos elementos, como o urânio, o protactínio, o tório e o próprio actínio eram considerados elementos de transição. Assim, na tabela periódica do começo da década de 1930, o tório posicionava-se abaixo do háfnio, o protactínio ficava abaixo do tântalo e o urânio encontrava-se logo abaixo do tungstênio. Se fosse possível produzir o elemento (transurânico) de $Z=93$, ele seria homólogo, portanto, ao rênio (SIME, 2000).

Interessantemente, a meia-vida de 13 minutos se comportava, dentro de alguns limites, com o rênio (e também com o manganês, pois precipitava-se com o dióxido de manganês). Essa característica, associada às evidências negativas da identidade do elemento com diversos outros já conhecidos, levaram o grupo romano a cautelosamente concluir que o bombardeamento do urânio com nêutrons produzia elementos de número atômico 93 (FERMI, 1934; SIME, 2000).

Quatro meses depois, Ida Noddack, uma conhecida química analítica alemã, escreveu um artigo (NODDACK, 1934) levantando diversas objeções aos métodos e conseqüentemente aos resultados da equipe italiana. Em primeiro lugar, ela salienta que os métodos de separação de isótopos por precipitação com dióxido de manganês não eram confiáveis, pois na química analítica se sabia que diversos compostos, átomos e coloides em solução de ácido nítrico também se precipitariam. Nada de definitivo poderia ser concluído por tais métodos, portanto.

Uma outra objeção se relacionava à negligência inexplicada da equipe italiana em relação ao polônio, não descartado como possível produto do bombardeamento, enquanto todos os outros elementos entre o urânio o chumbo o foram. Ela lembra que o polônio teria se precipitado com o dióxido de manganês. “Assim, a prova de que o novo radioelemento (de 13 minutos) tem número atômico 93 não é em nenhum sentido bem-sucedida, pois o método de Fermi para eliminar outras possibilidades não foi feito por completo” (NODDACK, 1934, p. 654). Ademais, ao testar a identidade da meia-vida com os elementos naturalmente radioativos era incompatível com o fenômeno que eles próprios buscaram investigar, da radioatividade indizada por nêutrons. Se fosse caso de propor novidade, ela declara incisivamente:

Pode-se assumir igualmente bem que, quando nêutrons são usados para produzir desintegrações nucleares, ocorram algumas reações nucleares distintamente novas que não tenham sido observadas previamente por meio de bombardeamentos de núcleos atômicos com prótons ou partículas-alfa. No passado, descobriu-se que a transmutação dos núcleos apenas acontece

com a emissão de elétrons, prótons ou núcleos de hélio, fazendo com que os elementos pesados passem por pequenas mudanças de massa, produzindo elementos vizinhos. *Quando átomos pesados são bombardeados com nêutrons, é concebível que o núcleo quebre em vários grandes fragmentos, que seriam isótopos de elementos conhecidos, mas não vizinhos dos elementos irradiados, logicamente.* (NODDACK, 1934, p. 654, grifos adicionados)

Para finalizar, ela elabora mais uma crítica metodológica às precipitações com sulfeto de rênio, também empreendidas pela equipe; esse composto, afinal, absorve rapidamente outros materiais. Enfim, afirma que a emissão beta do elemento 93 em investigação deveria ter sido pesquisada pela equipe, levando ao elemento 94, o que não ocorreu naquela primeira fase do trabalho.

Foram, portanto, críticas bastante contundentes nos níveis conceitual – como o chumbo sendo um limite investigativo para o grupo italiano – e metodológico – como a pouca confiabilidade nos métodos de precipitação com dióxido de manganês e sulfeto de rênio. Em relação às evidências, Noddack aponta que o método de precipitação com dióxido de manganês não é conclusivo; além disso, questiona-se em relação à negligência do polônio, elemento 84, que, se investigado como hipótese de identidade química com a meia-vida de 13 minutos, teria se precipitado e sido, portanto, uma conclusão viável. Esses questionamentos, de ordem metodológica estavam firmemente baseados nos cânones da química analítica. Neste sentido, a crítica de Noddack, além de evidencial, também foi conceitual, pois questiona a consistência de uma hipótese com um corpo teórico vastamente aceito.

Ademais, ela não se restringe a fazer críticas conceituais em relação à consistência com os conhecimentos da área. Vai mais longe e revela as inconsistências da hipótese com a própria ciência nuclear. Ao questionar os motivos de terem investigado as identidades somente até o chumbo, aponta que há uma incoerência com o próprio fenômeno que investigavam, a radioatividade artificial, um dos novos pilares da física nuclear.

Seu artigo culmina no décimo parágrafo, em que faz, finalmente, uma crítica sobre a relevância das evidências que apoiam a teoria. Além da crítica, apresenta uma outra conclusão, igualmente possível ante as evidências apresentadas: a de que os núcleos pudessem ter se quebrado em pedaços médios. Em termos filosóficos, o que ela faz é mostrar que a relação direta entre o produto de bombardeamento com o suposto transurânico é relativa às expectativas dos pesquisadores – ou seja, que a conclusão deles tem fundo contextual.

Interessantemente, apenas suas críticas evidenciais foram investigadas pelos cientistas nucleares. Otto Hahn e Lise Meitner investigaram a identidade daquela meia-vida com determinados elementos, como o polônio e o protactínio, refutando essas possibilidades. O próprio grupo de Fermi, um ano depois, busca contestar a objeção de Noddack relacionada ao decaimento do elemento 93, apresentando uma meia-vida de 100 minutos que seria o elemento filho, de $Z=94$ (AMALDI et al, 1935). Embora ambos os grupos não citem o artigo de Noddack, é bastante plausível que tenham direcionado as investigações àquelas objeções; segundo Hook (2007) as críticas de Noddack eram largamente conhecidas entre os físicos e químicos da época. É simbólico da relação entre os aspectos sociológicos e lógicos da ciência, portanto, que sua crítica mais importante – a de que as evidências não davam suporte à hipótese aferida – tenha sido francamente relegada.

“Uma vez que proposições, teses e hipóteses são desenvolvidas, o que se tornará conhecimento científico é produzido coletivamente através do confronto e da articulação de uma variedade de pontos de vista” (LONGINO, 1990, p. 69). As articulações e confrontos, necessários para a intersubjetividade, parecem ter sido limitadas. Os transurânicos passaram a

fazer parte do cânone da ciência nuclear apesar das objeções de Noddack acerca de sua produção. Nos anos seguintes, muitos cientistas tentaram isolá-los e compreender suas características, convivendo com os obstáculos experimentais que eles impunham. Em 1938, Fermi foi laureado com o Prêmio Nobel da Física, em virtude dessas pesquisas.

Para Hook (2007), a hipótese de Noddack não foi investigada a fundo em virtude de dissonância interdisciplinar. Para ele, o fato de Noddack ser química analítica permitiu que inferisse a possibilidade de uma quebra de núcleos, porque isso não ia contra os cânones de sua ciência. Para os físicos nucleares e radioquímicos, no entanto, essa opção era impensável, pois o modelo de núcleo compartilhado por eles não suportava essa conclusão. Além disso, nem mesmo Noddack buscou investigar a conjectura, que virou apenas um parágrafo na complicada história da descoberta da fissão nuclear.

Por relacionar a negligência à sugestão de Noddack a fatores cognitivos, a posição de Hook (2007) parece plausível. É curioso que ele, em sua interpretação do episódio, tenha rejeitado sumariamente diversos fatores de natureza contextual que ele mesmo elenca em seu artigo: possíveis preconceitos em relação ao fato de ela ser mulher, por ter uma reputação científica manchada e por razões políticas. Excluindo de antemão esses fatores que são decisivos em qualquer relação social, ele despreza a dimensão sociológica da ciência que, como ressalta Longino (1990), é essencial para sua dimensão lógica, e o que deverá definir o grau de objetividade da prática científica naquele momento.

Apoiando esta análise na concepção de ciência como conhecimento social, pode-se interpretar o episódio por meio das relações sociais entre os cientistas. Conforme mencionado anteriormente, as críticas apresentadas por Noddack não foram apenas evidenciais, mas também conceituais. As metodológicas foram devidamente investigadas e refutadas pela comunidade científica, mas a crítica conceitual, culminada na sugestão sobre a cisão dos núcleos, foi ignorada. Não à toa, Longino reconhece na crítica conceitual sobre a relevância das evidências para a hipótese como a crítica crucial para o problema da objetividade na ciência, por sua característica transformadora e supressora de possíveis preferências subjetivas.

Não apenas as críticas são condições necessárias para a intersubjetividade na ciência. São fundamentais também as condições sociais para que ela se efetive, a saber, meios reconhecidos para a crítica, padrões compartilhados, sensibilidade da comunidade e igualdade de autoridade intelectual. Noddack não foi impedida de manifestar suas críticas, que foram publicadas em artigo numa reconhecida revista de química analítica alemã. Mesmo tendo sido escrito em alemão, ele chegou ao conhecimento dos mais importantes grupos de pesquisa envolvidos com a irradiação de urânio com nêutrons (HOOK, 2007). Assim, houve meios reconhecidos para as críticas, que chegaram àqueles que deveria chegar. Além disso, o artigo da química foi construído sobre os padrões compartilhados pela comunidade, focando especialmente os valores cognitivos tradicionalmente buscados na ciência, como adequação empírica, coerência e simplicidade. Como valores não são capazes de determinar inequivocamente uma escolha teórica, a análise de Noddack vinha a justificar que aqueles valores tinham para a química analítica diferentes nuances, que levavam a uma diferente interpretação.

Contudo, Noddack era uma estrangeira não apenas em virtude de sua área da ciência, mas também em relação à composição social da comunidade científica da época: uma mulher, em uma época em que mulheres eram contingente ainda menor na ciência que atualmente. Pode-se argumentar que a ciência nuclear teve uma pioneira – Marie Curie – e protagonistas contemporâneas de Noddack como Irène Joliot-Curie e Lise Meitner. Naturalmente, representação contingencial não leva à igualdade de autoridade. Ainda hoje, há uma série bem

documentada de obstáculos pelos quais passam as mulheres que se aventuram na ciência (SCHIENBINGER, 2001). O período entre as duas Grandes Guerras foi o que se entende por primeiro período de contra-ataque aos direitos que as mulheres vinham ganhando desde a Primavera do Povos (OFFEN, 2000). Nesta conjuntura, é difícil imaginar que, para os confrontados pelas críticas, o fato de elas virem de uma mulher não tenha tido impacto.

O contexto desse episódio também propiciou outro elemento excludente às ideias de Noddack. Na ciência europeia do Pré-Guerra, posições políticas eram de fato importantes. Noddack era abertamente simpática ao regime de Hitler. Já entre os principais grupos envolvidos com aquelas pesquisas estavam o de Cambridge e o de Paris – na Inglaterra e França, países inimigos da Alemanha. Mesmo nos países em que a ofensiva começava a se consolidar – Itália e Alemanha – os grupos de cientistas nucleares também eram contrários ao ideal nazista (HOOK, 2007). Havia, portanto, uma dissonância política entre a argumentadora e os protagonistas da pesquisa.

Gênero e divergência política são dois aspectos contextuais do episódio que se somam a outro, de natureza sociológica: o *ethos* da ciência. Na década de 1920, Noddack e seu marido, Walter Noddack, clamaram ter descoberto os elementos de números atômicos 43 e 75. Propuseram que fossem batizados, respectivamente, de masúrio e rênio. Receberam diversas objeções, às quais responderam solidamente em relação ao rênio, mas não ao masúrio. Mantiveram-se reticentes e, quando defrontados sobre as condições de descoberta do masúrio na forma natural, alegaram estar sem possibilidade de fornecer evidências². Luis Alvarez (1987) afirma em suas memórias que esse foi um dos motivos que o levaram a ignorar a conjectura da química analítica alemã.

São três fatores que, embora rapidamente rejeitados por Hook (2007) em sua interpretação internalista do episódio, têm importância fundamental quando confrontados com perspectivas filosóficas contextualistas. Como esclarece Longino (1990, p. 79), “[...] a objetividade depende da profundidade e do alcance das interrogações transformativas que ocorrem em qualquer comunidade científica”. No caso da interpretação dos transurânicos, a objeção de Noddack, embora profunda, não teve o alcance necessário na comunidade de cientistas nucleares, possivelmente em virtude da falta de igualdade intelectual caracterizada pela mancha em sua reputação científica, pelas divergências políticas em um cenário turbulento e pelo fato de ser mulher.

Por fim, cabe salientar que os elusivos transurânicos configuravam uma meta interessante na corrida bélica que se acirrava naqueles anos. A própria entrada de Fermi, que antes se dedicava ao desenvolvimento da física quântica, na ciência nuclear, é bastante simbólica do tipo de fomento político à ciência típico daquele momento histórico (SEGRÉ, 1989). Longino (1990, p. 80), também associa essa produção científica por demanda à falta de objetividade da prática.

Considerações Educacionais

Que desacordos existem na ciência – e em qualquer atividade comunitária, por sinal – não é nenhum segredo para os estudiosos. Suas análises falham em não reconhecer que justamente esse aspecto tem efeito cognitivo e lógico na dinâmica científica. Percebendo a ciência como prática social e compreendendo que um de seus pilares metodológicos fundamentais é a crítica intersubjetiva, é possível compreender o papel fundamental desempenhado por um

² O elemento de número 43 foi sintetizado no fim da década de 1930, por Emilio Segré. Por ser artificial (ao contrário do que clamaram os Noddack na década anterior) foi batizado de tecnécio.

contingente heterogêneo de cientistas, capazes de detectar e negociar valores contextuais nocivos cognitiva ou eticamente. Neste trabalho, buscou-se mostrar que a circulação dos conhecimentos, a profundidade e o alcance das críticas são essenciais para a ciência em termos lógicos, pois têm a capacidade de eliminar preferências subjetivas ou de um grupo do conhecimento em construção. Isso só pode ocorrer, entretanto, se houver igualdade de autoridade intelectual, padrões compartilhados e se o ritmo deste processo não for ditado por demandas externas à ciência, tais como política e economia.

Especialmente no caso do desacordo entre Noddack e os cientistas nucleares, foi de importância cognitiva a profusão de elementos políticos daquele momento histórico, dos atritos do pré-Guerra à política sexual – considerando aqui que a distinção entre os sexos é um dos dispositivos políticos mais antigos da humanidade. Negligenciar os aspectos contextuais apenas em razão de eles não serem explicitados em artigos e memórias, temendo relativizar a construção do conhecimento científico, e conseqüentemente internalizando a análise da ciência, é ignorar a importância das conjunturas humanas e sociais e, inadvertidamente, retornar ao ideal positivista de associação direta entre evidências (históricas) e teorias (filosóficas). Cabe enfatizar que, diante da completa omissão da comunidade às objeções de Noddack, mesmo ela não levou adiante as investigações que poderiam tê-la consagrado como descobridora desse importante fenômeno para a história do século 20. É o caso explícito de uma latente controvérsia científica que teria sido extremamente prolífica em termos cognitivos, caso não tivesse sido silenciada por fatores políticos tão importantes.

Esta omissão histórica, acentuada no ensino de ciências, vem sendo investigada como razão da evasão de meninas e mulheres das carreiras científicas. Segundo Johnson (2007), a abordagem descontextualizada da ciência, e a construção de sua imagem como empreendimento neutro em relação a divisão sexual do trabalho, tradicionalmente proposta nos cursos superiores, provocam o afastamento de mulheres das disciplinas de ciências. Por outro lado, Kahveci, Southerland e Gilmer (2008) mostram que, justamente quando cursos apresentam aspectos típicos da atividade científica e da vida dos cientistas, há muito menos evasão de minorias sociais, entre elas, as mulheres. Como mostram Buck et al (2008), meninas têm muito menos modelos de cientistas a admirar e a atraí-las à atividade, um fator que, em diálogo com as outras pesquisas, se mostra essencial para diminuir a lacuna entre os sexos na ciência. Inserções de histórias como a de Noddack – e sua continuação, com a de Lise Meitner, outra expoente da ciência nuclear negligenciada – tem a capacidade de contextualizar a ciência, promover um debate sofisticado sobre a objetividade da ciência e começar a esclarecer que há política sexual na história das mulheres cientistas tanto quanto há no teto de vidro que acomete as mulheres na ciência, tanto quanto as pesquisas têm mostrado que há na educação científica (SCHIEBINGER, 2001).

Referências Bibliográficas

- ALVAREZ, L. W. **Adventures of a physicist**. Nova York: Basic Books, 1987.
- AMALDI, E.; D'AGOSTINO, O.; FERMI, E.; PONTECORVO, B.; RASETTI, F.; SEGRÉ, E. Artificial radioactivity produced by neutron bombardment II. **Proceedings of the Royal Society of London A**, v. 149, p. 522, 1935.
- BUCK, G. A.; CLARK, V. L. P.; LESLIE-PELECKY, D.; LU, Y.; CERDA-LIZARRAGA, P. Examining the cognitive processes used by adolescent girls and women scientists in identifying science role models: a feminist approach. **Science Education**, v. 92, p. 688, 2008.
- FERMI, E. Possible production of elements of atomic number higher than 92. **Nature**, v. 133, p. 898, 1934.

JOHNSON, A. C. Unintended consequences: how science professors discourage women of color. **Science Education**, v. 91, p. 805, 2007.

KAHVECI, A.; SOUTHERLAND, S. A.; GILMER, P. J. From marginality to legitimate peripherality: understanding the essential functions of a women's program. **Science Education**, v. 92, p. 33, 2008.

HOOK, E. B. Dissonância interdisciplinar e prematuridade: a sugestão de Ida Noddack de fissão nuclear. In: HOOK, E. B. (org.). **Prematuridade na descoberta científica: sobre resistência e negligência**. São Paulo: Perspectiva, 2007.

KUHN, T. S. (1973) Objetividade, juízo de valor e escolha teórica. In: **A Tensão Essencial**. Lisboa: Edições 70, p. 363, 2009.

LONGINO, H. **Science as a social knowledge**. Princeton: Princeton University Press, 1990.

MATTHEWS, M. R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 12, n. 3, 1995.

NODDACK, I. Über das Element 93. **Zeitschrift für Angewandte Chemie**, v. 47, p. 653, set. 1934.

OFFEN, K. M. **European Feminisms, 1700-1950: a political history** (kindle e-book). Stanford: Stanford University Press, 2000.

QUILL, L. L. The transuranium elements. **Chemical Reviews**, v. 23, p. 87, 1938.

SCHIEBINGER, L. **O feminismo mudou a ciência?** Bauru, SP: EDUSC, 2001.

SEGRÉ, E. The discovery of nuclear fission. **Physics today**, p. 38, jul. 1989.

SIME, R. L. The search for transuranium elements and the discovery of nuclear fission. **Physics in Perspective**, v. 2, p. 48, 2000.