

Harriet Brooks e a tabela periódica: um caso para valorizar a participação feminina na história da ciência

Harriet Brooks and the periodic table: a case for valuing female participation in the history of science

Nathalia Miwa Arasaki Menezes Freitas | Universidade de São Paulo

miwa.nathalia@usp.br

<https://orcid.org/0000-0002-9671-8281>

José Otavio Baldinato | Instituto Federal de São Paulo

baldinato@ifsp.edu.br

<https://orcid.org/0000-0001-7910-8097>

RESUMO Com o objetivo de dar visibilidade à atuação de mulheres na história da ciência, apresentamos um estudo de caso sobre a física canadense Harriet Brooks (1876-1933). Sob orientação de Ernest Rutherford, na Universidade McGill, ela investigou uma emanção advinda do elemento rádio que se comportava como um gás pesado. Seu estudo, descrito no artigo “O novo gás do rádio” (1901), teria contribuído para o entendimento de fenômenos ligados ao decaimento radioativo e se conecta ao processo de descoberta do elemento radônio. Além das produções científicas, o caso de Brooks permite explicitar questões de gênero que se colocam como obstáculos ao prosseguimento da carreira de mulheres cientistas.

Palavras-chave história da química – mulheres na ciência – tabela periódica – Harriet Brooks (1876-1933).

ABSTRACT *Fostering to highlight female participation in the history of science, this paper presents a case study on the Canadian physicist Harriet Brooks (1876-1933). Working under the guidance of Ernest Rutherford at McGill University, she investigated an emanation from the element radium which behaved like a heavy gas. Her study “The new gas from radium” (1901) would have contributed to understanding radioactive decay connected phenomena and would also relate with the process of discovering the element radon. Beyond the scientific affairs, Brooks’ case allows one to evince gender issues associated with the scientific career, showing up obstacles to the continuity of women’s professional activity.*

Keywords *history of chemistry – women in science – periodic table – Harriet Brooks (1876-1933).*

Introdução

A história da ciência é amplamente povoada por representantes masculinos. Nas narrativas mais comuns sobre a tabela periódica (TP), por exemplo, nomes como Julius Lothar Meyer (1830-1895), John Newlands (1837-1898), Alexandre Chancourtois (1820-1886) e Johann Döbereiner (1780-1849), além de Dimitri Mendeleev (1834-1907), são os mais mencionados (Bensaude-Vincent, 1986; Partington, 1957a; Rouvray, 2004). Se tomarmos o prestigioso Prêmio Nobel como parâmetro, verificamos que dos 184 ganhadores na área de química entre 1901 e 2019, apenas cinco eram mulheres. Em 2020 registrou-se como fato inédito a divisão desse prêmio entre duas mulheres, Emmanuelle Charpentier e Jennifer A. Doudna, “pelo desenvolvimento de um método para a edição genômica” (Nobelprize.org, 2020). A primeira dentre as mulheres laureadas foi Marie Sklodowska-Curie (1867-1934) e, justamente por esse mérito, é provavelmente o primeiro nome que vem à mente quando se pensa no trabalho de mulheres na ciência (Tiggelen e Lykknes, 2019).

Entretanto, o que os trabalhos historiográficos mais recentes mostram é que muitas mulheres atuaram e atuam nas diversas áreas das ciências, mas poucos desses nomes são reconhecidos e tratados em profundidade (Apotheker e Sarkadi, 2011; Rulev e Voronkov, 2013; Tiggelen e Lykknes, 2019).

A presente pesquisa parte do entendimento que a história da TP não poderia ser exceção. A ela podem ser relacionadas diversas contribuições femininas que pouco são abordadas nos estudos históricos produzidos até aqui.

Numa busca inicial por indícios em favor dessa hipótese, pesquisamos artigos e cadernos temáticos sobre a participação feminina na história da química e encontramos nomes ligados à descoberta ou à caracterização de elementos da TP. Além da já citada Marie Curie, a pesquisa incluiu os trabalhos de Alice Hamilton (1869-1970), Harriet Brooks (1876-1933), Ida Noddack (1896-1978), Julia Lermontova (1847-1919), Lise Meitner (1878-1969), Margerite Perey (1909-1975) e um grupo de pesquisadoras da Universidade de Madri liderado por María del Carmen Bruggier Román (1899-?) e Trinidad Salinas Ferrer (?-1965) (Tiggelen e Lykknes, 2019).

Dessa forma, numa pesquisa que teve início em 2019, aproveitamos o contexto de celebração do ano Internacional da Tabela Periódica para contribuir com essa demanda dos estudos históricos sobre a ciência – a de valorizar a participação feminina –, e elaboramos uma versão estilizada da tabela periódica que dá destaque a essas mulheres cientistas (Freitas e Baldinato, 2019).

No presente artigo, aprofundamos um estudo de caso sobre uma dessas mulheres, a canadense Harriet Brooks, com o objetivo de contribuir para a visibilidade deste episódio ainda pouco conhecido da história da química. A partir do estudo de originais e da literatura secundária disponível sobre o tema, buscamos preencher parte da lacuna de informações sobre mulheres na ciência e ilustrar a complexidade e o dinamismo de uma descoberta. Com isso visamos produzir uma narrativa historiográfica que valorize as contribuições de uma mulher, além de permitir uma leitura mais detalhada de como a descoberta de novos elementos pode configurar um processo complexo, que se alonga no tempo e no espaço, envolvendo diversos profissionais e estudantes.

Metodologia

Considerando os parâmetros da contemporânea historiografia da ciência (Alfonso-Goldfarb e Beltran, 2004), consultamos fontes primárias disponíveis nos acervos do *Internet Archive*, *Hathi Trust* e *Google Books*, artigos historiográficos disponíveis no Portal de Periódicos da Capes, e fontes biográficas como o *Dictionary of Canadian biography* e a *Canadian encyclopedia*. Julgamos importante registrar que a maior parte dos dados biográficos que encontramos foram compilados por um casal de autores, Marelene e Geoffrey Rayner-Canham (1992, 2003, 2004, 2019). Nas últimas décadas, esse casal tem se dedicado a ampliar as pesquisas sobre mulheres na ciência, trabalhando para chamar a atenção para mais nomes de cientistas canadenses, britânicas e de outras nacionalidades.

Dentre os originais consultados, destacamos anuários e outros documentos da Universidade McGill de Montreal, oito artigos publicados por Brooks e Rutherford entre 1900 e 1904, registros de correspondência, jornais da época e uma nota obituária escrita por Rutherford quanto ao falecimento de Brooks, em 1933. Numa primeira leitura, essas fontes já permitem questionar as versões da história que buscam atribuir um único nome à descoberta do elemento radônio (Partington, 1957b; Campbell, 1998, 2016; Marshall, J. e Marshall, V., 2003, 2010; Thorton e Burdette, 2013). Como veremos na narrativa historiográfica apresentada à frente, Rutherford reconhece as contribuições de Brooks e menciona seu trabalho diversas vezes em suas publicações. Ele também a recomendou ao seu orientador, J. J. Thomson (1856-1940), que a aceitou como doutoranda em Cambridge. O caso nos mostra, entretanto, que a construção de uma carreira científica para uma mulher envolve pressões e expectativas que se colocam como obstáculos, incluindo a escolha entre as escassas oportunidades ou o casamento e a família.

Iniciaremos com um relato biográfico e, em seguida, aprofundaremos o estudo do período em que Brooks realizou pesquisas e publicações na área de radioatividade. Buscaremos ressaltar as contribuições da canadense para os estudos acerca do elemento radônio e, ao final, investigaremos o que motivou seu afastamento dos laboratórios.

Estudo de caso histórico sobre Harriet Brooks

Harriet Brooks nasceu em 2 de julho de 1876 em Exeter, no município de South Huron em Ontário, Canadá. Seus pais, George Brooks e Elizabeth Agnes Worden, tiveram nove filhos, sendo Harriet a terceira menina, 12 anos mais velha que o primeiro irmão (Rayner-Canham e Rayner-Canham, 1992).

Inicialmente, a família morava em Forest, Ontário, onde George Brooks possuía uma indústria de farinha, mas após um acidente que incendiou a fábrica, se mudaram para Exeter e George começou a trabalhar como comerciante viajante. Por isso, durante a infância de Brooks, a família se mudou algumas vezes entre as províncias de Ontário e Quebec. Em 1888, a família saiu de Montreal para a cidade de Seaforth, em Ontário. Em suas pesquisas históricas, Marelene e Geoffrey Rayner-Canham (1992) encontraram registros do ingresso de Elizabeth Agnes, irmã mais nova de Brooks, no Seaforth Collegiate Institute. A vinculação de Harriet a essa mesma instituição é tratada como uma hipótese por esses autores, uma vez que a escola manteve registros a partir de 1893, quando Harriet já contava 17 anos.

Pesquisando registros originais da Universidade McGill, na qual graduou-se Harriet, encontramos uma confirmação dessa hipótese, pois o mesmo Seaforth Collegiate Institute é indicado como a instituição de origem de Harriet Brooks na lista de ingressantes que pode ser verificada na Figura 1 (McGill University, 1894-1899).

Após a família retornar para Quebec, viveram em Sherbrooke e depois voltaram para Montreal, onde se fixaram. Harriet continuou seus estudos na Universidade McGill, ingressando em 1894 no curso de Física e se formando em 1898, apenas dez anos depois que a primeira mulher se graduou nessa universidade (Rayner-Canham e Rayner-Canham, 2003).

Na McGill as mulheres eram listadas como estudantes do Departamento Donald, que tinha menos opções de cursos, e estudavam em salas separadas dos homens, além de terem entradas e escadarias específicas que poderiam usar (McGill University, 2023a); Rayner-Canham e Rayner-Canham, 1992).

No acervo digital do Hathi Trust foi possível acessar os relatórios e calendários anuais da universidade entre 1894 e 1898, nos quais encontramos listas de alunos, prêmios e honorários, além da nomeação de alunos que receberiam bolsas para o ano seguinte.

Na listagem de cada calendário anual, verifica-se a separação entre os alunos homens da Universidade McGill e as mulheres do Departamento Donald. Nas listas de alunos do primeiro e segundo ano, o documento inclui a escola em que estudaram e o local de sua residência (Figura 1), já a partir do terceiro ano a lista inclui apenas o bairro de residência (Figura 2).

DONALD DEPARTMENT.
SPECIAL COURSE FOR WOMEN.
Undergraduates.
FIRST YEAR.

<i>Name.</i>	<i>School.</i>	<i>Residence.</i>
Bourke-Wright, K. M. H.,	University College, Aberystwyth, Wales, Ireland	
<u>Brooks, Harriet,</u>	<u>Seaforth Collegiate Institute,</u>	<u>Sherbrooke, Q</u>
Cameron, Frances M. T.,	Tratagar Institute,	Kingston, O
Carr, Muriel B.,	G. H. S., St. John, N.B.,	St. John, N.B
Church, Elizabeth,	Compton Ladies' College,	Montreal
Codd, Grace,	Waterloo Academy,	Waterloo, Q
Cowan, Jean P.,	McGill Normal School,	Montreal
Dover, M. Violette,	Private Tuition,	Peterboro, O
Jordan, Florence M.,	M. G. H. S.,	Montreal
Kneen, Grace A.,	M. G. H. S.,	Montreal
Pearson, Katie C.,	M. G. H. S.,	Montreal
Reid, Bessie M.,	McGill Normal School,	Montreal
Ryckman, F. Fredrika,	Coaticook Academy,	Montreal
Shaw, A. Louise,	McGill Normal School,	Montreal
Tighe, Sarah C. W.,	Cote St. Antoine Academy,	Westmount, Montreal
Walker, Laura F. M.,	Private Tuition,	Montreal

Figura 1: Lista de ingressantes do Departamento Donald da Universidade McGill em 1894

Fonte: McGill University (1894-1899, p. 253).

FOURTH YEAR.

<u>Bourke-Wright, K. M. H.,</u>	<u>Ireland</u>	Pearson, Katie C.,	Montreal
<u>Brooks, Harriet,</u>	<u>Sherbrooke, Q</u>	Reynolds, M. Edna,	Winchester, O
Cameron, Frances M. T.,	Kingston, O	Seibert, Ethel M.,	Quebec
Carr, Muriel B.,	St. John, N. B	Shaw, A. Louise,	Montreal
Dover, Mary V.,	Peterboro, O	Steen, Alice G.,	Farran's Point, Q
Jordan, Florence M.,	Montreal	Walker, Laura F. M.,	Montreal

Figura 2: Lista de alunas do 4º ano do Departamento Donald da Universidade McGill em 1898

Fonte: McGill University (1894-1899, p. 339).

Brooks e as irmãs cresceram num período em que ocorriam mudanças notáveis no Canadá no que diz respeito ao papel social das mulheres. Entre 1870 e 1886 apenas 24 mulheres tinham

um cargo público federal e a maior parte da força de trabalho feminina ainda estava concentrada em trabalhos domésticos (PSAC, 2015). A primeira universidade canadense a permitir a entrada de mulheres em seus cursos de graduação foi a Universidade Mount Allison, em 1872, e o primeiro diploma de ensino superior de uma mulher canadense é datado de 1875, emitido pela mesma universidade, à Grace Annie Lockhart (McGill University, 2021; Reid, 2008; Rayner-Canham e Rayner-Canham, 1992). A partir de então, outras universidades e instituições de ensino começaram a aceitar mulheres.

A Universidade McGill abriu oficialmente as portas para mulheres em 1884, com a inauguração do Departamento Donalda (McGill University, 2023a). O nome fazia referência a Donald A. Smith, que entre 1884 e 1886 doou 120 mil dólares à universidade sob a condição de que o padrão de educação para mulheres fosse o mesmo que para homens, e que os títulos e diplomas fossem concedidos sob as mesmas condições (McGill University, 2023a).

De uma família com sete filhas mulheres, apenas Harriet e Elizabeth Agnes, dois anos mais nova, alcançaram o ensino superior. Elizabeth ingressou na mesma universidade que a irmã, porém na área de matemática e posteriormente se tornou professora. Aos vinte e cinco anos, se tornou diretora de um internato e em 1904 casou-se com Arthur Stewart Eve, na época professor de física da Universidade McGill (Rayner-Canham e Rayner-Canham, 1992).

Período na Universidade McGill

Apesar de algumas restrições e da rígida separação entre os alunos da universidade e as alunas do Departamento Donalda, as mulheres tinham os mesmos direitos com relação a prêmios e honorarias. Harriet Brooks mostrou dedicação durante todo o curso e obteve o primeiro lugar em diversas disciplinas, colecionando bolsas e prêmios por excelência ao longo dos seus quatro anos na universidade (Rayner-Canham e Rayner-Canham, 1992). A Figura 3 registra bolsas conquistadas por Brooks e a Figura 4 lista premiações que recebeu.

II. EXHIBITIONS (Tenable for one year).

NAMES OF EXHIBITIONERS.	Academic Year.	Annual Value.	Founder or Donor.
Brooks, Harriet	Second	\$100 & free tuition	Sir Donald Smith.

I. SCHOLARSHIPS (Tenable for two years).

Year of Award.	Names of Scholars.	Subjects of Examination.	Annual Value.	Founder or Donor.
1895	Mackay, Malcolm	Mathematics.	\$125	W. C. McDonald.
1895	Cameron, Mary T.	Mathematics.	125	Sir Donald Smith.
1895	Saxe, John G.	Nat. Science.	125	W. C. McDonald.
1895	Ker, R. Harold	Class. & Mod. Lang	125	W. C. McDonald.
1895	MacMillan, T. R.	Class. & Mod. Lang	125	W. C. McDonald.
1896	Gardner, Wm. A.	Mathematics.	125	W. C. McDonald.
1896	Brooks, Harriet	Mathematics.	125	Sir Donald Smith.

I. SCHOLARSHIPS (Tenable for two years).

Year of Award.	Names of Scholars.	Subjects of Examination.	Annual Value.	Founder or Donor.
1896	Gardner, Wm. A.	Mathematics.	\$125	W. C. McDonald.
1896	Brooks, Harriet	Mathematics.	125	Lord Strathcona and Mt. Royal.

Figura 3: Bolsas conquistadas por Harriet Brooks durante a graduação. Fonte: McGill University (1894-1899, p. 216, 264, 291, montagem dos autores).

FIRST YEAR.
BROOKS HARRIET.—(Seaforth Coll. Inst.).—First Rank Honours and Prize in Mathematics; First Rank General Standing.

SECOND YEAR.
BROOKS, HARRIET.—(Seaforth Coll. Institute).—First Rank Honours and Prize in Mathematics; First Rank General Standing; Prize in German.

HONOURS IN MATHEMATICS.
SECOND YEAR.—*First Rank Honours*.—Brooks (Harriet) (*Prize*); Munn and Thompson, equal; Bruce, Gardner (William A.).

THIRD YEAR.
BROOKS, HARRIET.—First Rank Honours and Prize in Mathematics and Natural Philosophy. First Rank General Standing.

HONOUR EXAMINATIONS IN MATHEMATICS AND NATURAL PHILOSOPHY.
B.A. HONOURS.—*First Rank*.—Mackay (Malcolm). *First Rank*.—Cameron (Mary T.).
THIRD YEAR.—*First Rank*.—Brooks (Harriet) (*Prize*).

GRADUATING CLASS.
B. A. Honours in Mathematics and Natural Philosophy.
BROOKS, HARRIET.—First Rank Honours and Anne Molson Gold Medal.

Figura 4: Prêmios e honrarias conquistados por Harriet Brooks entre 1894 e 1898

Fonte: McGill University (1894-1899, p. 221, 228 e 237, 272, 296, montagem dos autores).

Harriet se formou com honras em matemática e filosofia natural, recebendo a medalha Anne Molson por seu desempenho em matemática (Figura 4). Na Figura 5 encontra-se a lista de formandos do curso de bacharelado no ano de 1898. Além disso, obteve também o diploma de ensino da McGill Normal School, uma escola de formação de professores associada à universidade na qual o único requisito era participar das aulas de pedagogia durante as tardes (Rayner-Canham e Rayner-Canham, 1992).

FACULTY OF ARTS.
PASSED FOR THE DEGREE OF B.A.
In Honours.
(Alphabetically arranged).
MCGILL COLLEGE.

First Rank.—BATES, GEORGE E.
BISHOP, W. GORDON.
BOURKE-WRIGHT, KATHERINE.
BROOKS, HARRIET.
CAMERON, FRANCES M. T.
CAMPBELL, J. A. E.
CARR, MURIEL B.
DALGLEISH, ROBERT W.
DUFF, ALEXANDER H.
HEINE, M. CASWELL.
MEYER, JOHN B.
MUNN, D. WALTER.
PATERSON, ROBERT C.
PLACE, EDSON G.
SEIFERT, ETHEL M.
SHIP, MOSES M.
THOMPSON, JAMES R.
WALKER, LAURA F. M.

Figura 5: Recorte da Lista de Formandos de 1898 da Universidade McGill

Fonte: McGill University (1898b, p. 286).

Nos relatórios anuais da universidade é feita a indicação de tutores em diferentes áreas para diversos colégios, e no relatório de 1898-1899 encontramos o nome de Harriet Brooks indicado para tutoria em matemática no Royal Victoria College, que seria inaugurado em 1900, contando com novas doações realizadas por Donald A. Smith (McGill University, 1898b; 2023a).

Também encontramos o nome de Brooks no Calendário Anual de 1895, em seu segundo ano, como tesoureira do Delta Sigma Society (Figura 6), descrita no Anuário Escolar como a única organização literária oficial do Departamento Donalda. Essa sociedade promovia debates e pesquisas sobre temas correntes, com o objetivo de “desenvolver clareza no raciocínio e facilidade de expressão entre seus membros” (McGill University, 1898a, p. 105).

DELTA SIGMA SOCIETY.
 ESTABLISHED 1884.
 OFFICERS FOR 1895-96.
President—Agnes H. Denoon.
Vice-President—Mariorie Holden.
Sec.-Treasurer—Harriet Brooks.
Assistant-Secretary—Kathleen Finley.
Committee.—Misses Botterell, Codd and Armstrong.

Figura 6: Oficiais do Delta Sigma Society em 1895, que inclui Harriet Brooks como tesoureira

Fonte: McGill University (1894-1899, p. 276).

Além disso, no Anuário de 1898, Brooks é listada entre os oficiais de turma como a presidente, no que seria seu terceiro ano da graduação. O mesmo documento traz os nomes e fotografias das alunas da turma. Na Figura 7, destacamos a foto de Brooks junto às suas colegas

Name.		Residence.
BOURKE-WRIGHT, KATHERINE M. H	7	Ireland.
BROOKS, HARRIET,	2	Montreal.
CAMERON, FRANCES M. T.,	8	Kingston, Ont.
CARR, MURIEL B.,	11	St. John, N.B.
CODD, GRACE,	13	Waterloo, Q.
DOVER, MARY V.,	1	Peterboro, Ont.
JORDAN, FLORENCE M.,	9	Montreal.
PEARSON, KATIE C.,	5	Montreal.
REYNOLDS, M. EDNA,	12	Montreal.
SHAW, A. LOUISE,	3	Montreal.
SEIFORT, ETHEL M.,	6	Quebec.
STEEN, ALICE G ,	4	Farran's Point, Q.
WALKER, LAURA F. M.,	10	Montreal.



Figura 7: Lista e fotos das alunas do 3º ano do Departamento Donalda

Fonte: McGill University (1898a, p. 64-65, montagem dos autores).

Atuação como pesquisadora

Ernest Rutherford (1871-1937) foi contratado em 1898 para trabalhar no novo prédio de física da Universidade McGill, vindo do laboratório Cavendish da universidade britânica de Cambridge, e Harriet Brooks foi uma das primeiras estudantes a ingressar no seu grupo de pesquisa (McGill University, 2023b; Rayner-Canham e Rayner-Canham, 1992). Julgamos importante ressaltar que, neste momento da carreira, Rutherford era ainda um professor iniciante e não tinha todo o prestígio que atualmente é destacado pelos livros didáticos de química, como proponente de um novo modelo atômico.

O primeiro projeto dado a Brooks não seguia a linha de pesquisa corrente de Rutherford naquele momento, radioatividade, mas a anterior, de eletricidade e magnetismo. Brooks estudou a diminuição do magnetismo de agulhas ao serem submetidas a corrente elétrica (Brooks, 1901). Esta pesquisa, cujo manuscrito pode ser visto na Figura 8, foi aprovada como dissertação em 1901, quando Brooks se tornou a primeira mulher a obter um diploma de mestrado em uma universidade canadense (Birker, 2011; McGill University, 2023a; Rayner-Canham e Rayner-Canham, 1992).

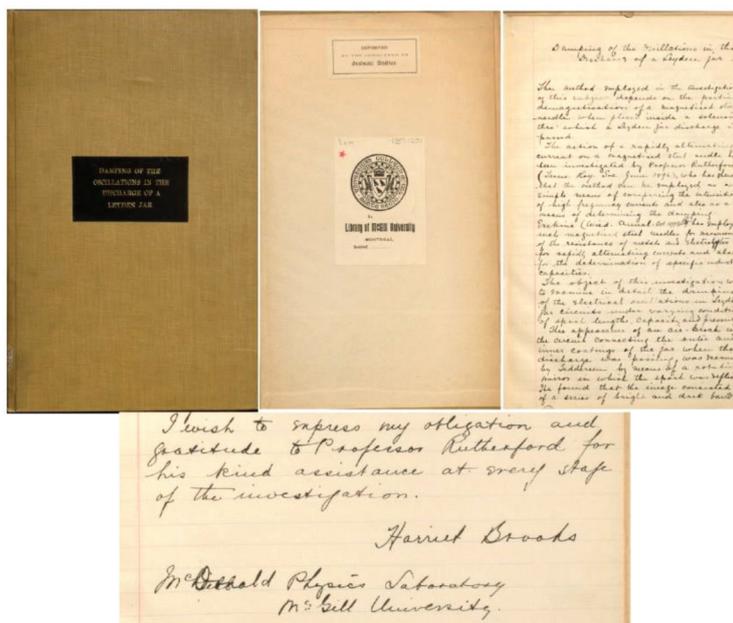


Figura 8: Recortes do manuscrito da pesquisa de Harriet Brooks submetida como dissertação de mestrado

Fonte: Brooks (1901, montagem dos autores).

Na última página do manuscrito, em destaque na Figura 8, Brooks registra sua “gradidão ao Professor Rutherford por sua gentil assistência em cada etapa da investigação” (Brooks, 1901, p. 22; tradução livre).

O casal Rayner-Canham (1992) sugere algumas hipóteses para o fato do grupo de Rutherford não ter iniciado as pesquisas em radioatividade imediatamente: primeiro, pela falta do material; segundo, porque era uma área ainda pouco explorada e talvez ele quisesse começar com algo mais estável; e terceiro, concordando com o que afirma Kapitza (1966), Rutherford não era o tipo de orientador que exigia que um iniciante logo trabalhasse com pesquisas complicadas, para assim garantir um sucesso e evitar qualquer desapontamento ou descrença em suas habilidades.

Em 1899 Brooks assumiu uma das vagas para tutoria no Royal Victoria College, que foi inaugurado formalmente em 1900 para ser o *college* feminino da Universidade McGill (Rayner-Canham e Rayner-Canham, 1992). Os Anuários de 1901 e 1902 listam o nome de Brooks como tutora de matemática e apresentam um breve resumo de sua formação, partindo do Seaforth Collegiate Institute e da graduação na McGill, incluindo menção aos prêmios e honrarias conquistados no período. Ao final, os autores do Anuário registram que Harriet esteve engajada em pesquisas no laboratório de física e na inauguração do *college* (McGill University, 1901).

Brooks iniciou seu trabalho como tutora no mesmo período em que começou a pesquisar na área de radioatividade (Rayner-Canham e Rayner-Canham, 1992, p. 21). O projeto de Harriet

era estudar a chamada “emanação” vinda dos compostos radioativos que Rutherford havia previamente identificado, mas ainda não sabia ao certo se se tratava de um gás, vapor ou partículas finamente divididas. De acordo com uma comunicação feita por J.J. Thomson em janeiro de 1900, o tório apresentava essa emanação radioativa com um caráter mais penetrante que as radiações de urânio. Além disso, a medição da intensidade da radiação do tório podia apresentar variações quando feita em um local aberto, o que foi interpretado como uma inconstância devido a correntes de ar que, novamente, a diferia da radiação de urânio (Rutherford, 1900).

A pesquisa intitulada “O novo gás do rádio” foi publicada na *Transactions of the Royal Society of Canada*. De acordo com Rutherford e Brooks (1901), esse estudo partiu de um artigo publicado pelo casal Curie em “um recente número da *Comptes Rendus*”,¹ no qual seriam apresentadas evidências da existência de um gás emitido pelo elemento rádio.

Uma amostra de rádio muito ativa foi colocada em um recipiente de vidro conectado a uma bomba de mercúrio. Exaurindo o sistema para um baixo vácuo e então deixando o aparato em observação, a pressão aumentava gradualmente. Quando o pequeno volume de gás coletado desta forma fluía ao longo dos tubos de vidro, ele os tornava fosforescentes, e se deixado nos tubos por algum tempo, rapidamente os enegrecia (Rutherford e Brooks, 1901, p. 21).

Brooks, então, investigou tal fenômeno utilizando o instrumento da Figura 9 para testes de difusão. O esquema da Figura 10 foi retirado do artigo original de Rutherford e Brooks (1901).

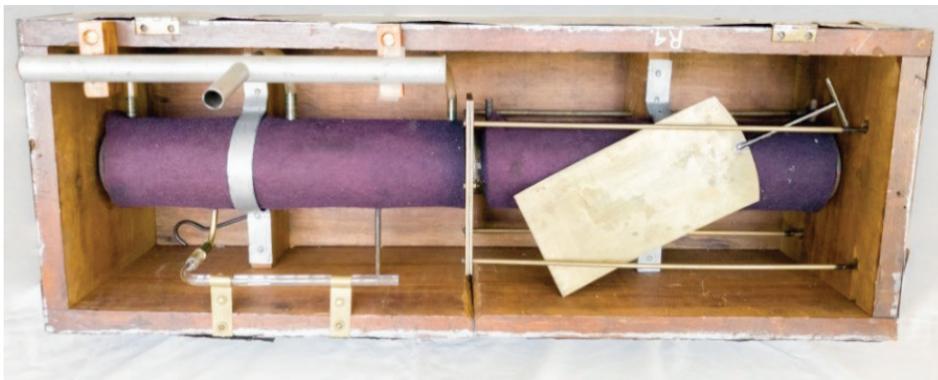


Figura 9: Aparelhagem utilizada por Brooks e Rutherford na investigação da emanação radioativa do rádio

Fonte: McGill Physics Collection; The Rutherford Collection.

1 O número referido do periódico *Comptes Rendus*, da Academia Francesa de Ciências, traz várias comunicações do casal Curie. Na primeira, atribuída apenas a Pierre Curie, o autor apresenta medições de desvios dos raios emanados pelo elemento rádio em função da aplicação de campos magnéticos. Assim ele diferencia emanações desviáveis de outras não desviáveis. Na segunda nota, assinada apenas por Marie Sklodowska-Curie, ela se refere à nota imediatamente anterior para aprofundar seus estudos sobre a capacidade de penetração dos raios não desviáveis do rádio (Curie, P., 1900; Sklodowska-Curie, M., 1900). A terceira nota é assinada em conjunto por Marie e Pierre e, nesta, o casal detalha a percepção de que as emanações desviáveis do rádio seriam carregadas eletricamente com carga negativa. Os autores justificam que, como “nunca se reconheceu a existência de cargas elétricas desvinculadas da matéria ponderável”, consideravam “provável que o rádio seja o foco de emissão constante de partículas de matéria eletrificada negativamente” (Curie, P. e Curie, M., 1900, p. 650).

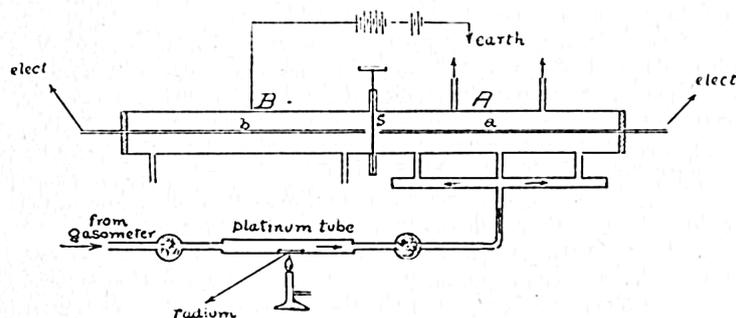


FIG. 1.

Figura 10: Esquema de aparelhagem utilizada por Brooks e Rutherford

Fonte: Rutherford e Brooks (1901, p. 23).

Um cilindro de latão (AB) foi dividido ao meio e a ele foi acoplada uma placa de metal móvel (S), separando os dois lados. As extremidades do cilindro estavam fechadas com rolhas de ebonite, um material sintético de natureza vulcânica, rico em enxofre. Dentro deste cilindro e passando através das rolhas, foram colocadas hastes de latão de forma que ficassem posicionadas no centro do tubo. Após ser isolado, o tubo foi conectado a uma bateria de 300 volts e as hastes foram conectadas a um eletrômetro de quadrante (Rutherford e Brooks, 1901).

A aparelhagem foi coberta com uma grossa camada de feltro e colocada dentro de uma caixa de metal preenchida com algodão para tentar garantir o máximo de constância na temperatura do sistema (Rutherford e Brooks, 1901).

A amostra de rádio era colocada em um tubo de platina sob aquecimento brando, visando produzir maior quantidade da emanção. Com a placa de metal (S) fechada e com as duas entradas superiores do cilindro A abertas, permitiu-se a passagem de ar seco pelo tubo de platina, que então carregaria a emanção para o cilindro A. Quando o eletrômetro em A acusou que uma quantidade da emanção radioativa estava no cilindro, interrompeu-se a passagem de ar e as pequenas aberturas superiores foram fechadas (Rutherford e Brooks, 1901).

Rutherford (1900) havia sugerido duas explicações para a natureza da emanção evidenciada em sua pesquisa com compostos de tório. Ou ela seria composta por finas partículas radioativas, ou tratava-se de um vapor.

Após algumas horas, quando a temperatura do sistema já teria se estabilizado, a placa de metal (S) foi aberta e o efeito elétrico medido em cada um dos lados do tubo AB sugeria que a emanção concentrada no cilindro A, de alguma forma, começava a difundir para o cilindro B. Inicialmente, o eletrômetro não registrava nenhuma corrente no cilindro B, mas após a abertura da placa S a corrente em A diminuiu enquanto em B aumentou. Após mais algumas horas, o efeito elétrico medido dos dois lados era o mesmo, sugerindo uma distribuição uniforme da emanção por todo o tubo AB (Rutherford e Brooks, 1901).

No artigo de 1901, então, Rutherford e Brooks apresentam as duas hipóteses anteriores para explicar o uso do termo emanção, e citam outras evidências coletadas na pesquisa com compostos de tório. Entretanto, após os estudos de difusão da emanção vinda do rádio, os autores descartam a primeira hipótese colocada por Rutherford no artigo de 1900, reconhecendo o comportamento de um gás naquele padrão de difusão. Por comparação com o padrão de difusão de outros gases, eles estimam um peso molecular entre 40 e 100, concluindo primeiramente

que não se tratava de um gás ou vapor de rádio, já que o peso atômico deste elemento havia sido estimado pelo casal Curie como maior que o do bário. Por fim, concluem que “a emanção é, na verdade, de um gás ou vapor pesado e radioativo” (Rutherford e Brooks, 1901, p. 25).

Rutherford e Brooks trabalharam juntos em outra pesquisa, cujo intuito era comparar as radiações emitidas por compostos de urânio, tório, polônio e rádio, utilizando como referência técnicas mencionadas em artigos de Becquerel e do casal Curie (Rutherford e Brooks, 1902). O artigo, intitulado “Comparação das radiações de substâncias radioativas”, foi publicado em 1902, quando Brooks já não estava mais no Canadá. Há registros de cartas nas quais ambos comentam essa publicação (Rayner-Canham e Rayner-Canham, 1992, p. 27-28).

Mudanças

No início de 1901 Brooks teria se inscrito para um processo de bolsa da Faculdade de Bryn Mawr, na Pensilvânia, Estados Unidos. A evidência para tal afirmação é uma carta de recomendação de 22 de março de 1901 assinada pelo diretor da Universidade McGill, elogiando o contínuo engajamento de Brooks nas pesquisas do laboratório de física desde que se formou e chamando atenção para o seu trabalho como tutora no Royal Victoria College for Women. Com a conquista da bolsa, ainda em 1901 Brooks se mudou para Bryn Mawr, uma comunidade no sudeste da Pensilvânia (Rayner-Canham e Rayner-Canham, 1992).

A Faculdade de Bryn Mawr era uma instituição de ensino privada e apenas para mulheres. Foi fundada em 1885, com recursos deixados pelo testamento do médico Joseph W. Taylor (1810-1880), para oferecer às suas alunas uma educação superior alinhada a princípios liberais, mas compromissada com valores da Sociedade dos Amigos – ou Quakers (Meigs, 1956).

O casal Rayner-Canham (1992), que teve a oportunidade de visitar a instituição, coletou dados sobre o período em que Brooks estudou ali. De acordo com os autores, a grade misturava disciplinas de pós-graduação nas áreas de matemática, matemática aplicada, termodinâmica, física dos sons e a relação com a música e física óptica. Na Faculdade de Bryn Mawr também ficaram arquivadas cartas de Brooks e, dentre elas, algumas trocadas com Rutherford (Rayner-Canham e Rayner-Canham, 1992).

Na primeira carta enviada a Rutherford nesse período, datada de 8 de dezembro de 1901 (Badash, 1974), Brooks comenta o início dos seus trabalhos no laboratório e que precisou construir um equipamento para as suas pesquisas, mas diz que lhe contaria mais no feriado de Natal, quando passaria um tempo em casa. No fim da carta, Brooks se refere ao último artigo que escreveram juntos e que seria publicado no ano seguinte, pedindo que “por favor, não me credite mais do que eu mereço naquela comparação entre radiações. Você é generoso demais nesse aspecto” (Brooks, 1901, apud. Rayner-Canham e Rayner-Canham, 1992, p. 27).

Em 18 de março de 1902 (Badash, 1974), Brooks envia nova carta ao orientador informando que recebera a cópia do artigo e novamente menciona a generosidade de Rutherford ao colocá-la como colaboradora no trabalho em vez de sua “humilde assistente”. Harriet acrescenta que tal menção resultara no recebimento de uma bolsa de intercâmbio para a Europa e que ela gostaria de usá-la para ir a Cambridge. Com isso se diz em débito pela oportunidade e acrescenta estar muito ansiosa para utilizar a bolsa assim que possível, mas expressa preocupação em adiar seu retorno para a Universidade McGill, pedindo a opinião de Rutherford se ela deveria voltar para

o Canadá por um ano e ganhar algum dinheiro antes de ir para Europa (Brooks, 1902 citada em Rayner-Canham e Rayner-Canham, 1992, p. 28).

A próxima carta, enviada em 2 de abril de 1902 (Badash, 1974), se inicia com Brooks agradecendo a Rutherford pelo incentivo em utilizar a bolsa e reforça que, se fosse possível, seria algo muito bom para ela trabalhar no Laboratório Cavendish. Por fim, pede conselhos sobre alguma outra bolsa que talvez pudesse conseguir, justificando que apesar da família ter concordado em ajudá-la com dinheiro, gostaria de providenciar tudo o que precisaria sozinha (Brooks, 1902, citada em Rayner-Canham e Rayner-Canham, 1992, p. 29).

Na carta enviada a Rutherford em 17 de abril de 1902 (Badash, 1974), após comentar sobre sua pesquisa corrente em Bryn Mawr, Harriet pede ajuda para obter permissão para trabalhar no Laboratório Cavendish com J.J. Thomson, que fora orientador de Rutherford (Brooks, 1902, citada em Rayner-Canham e Rayner-Canham, 1992). Os autores Rayner-Canham mencionam que a carta que Rutherford teria enviado a Thomson não foi encontrada, mas que a resposta de seu orientador foi positiva, tendo mencionado ainda que ele e a esposa ajudariam Brooks em sua estadia. A informação então teria sido passada a Harriet, já que na carta seguinte ela o agradece e comenta que já começara a buscar as acomodações. Em junho do mesmo ano, Brooks retornou a Montreal por um breve período antes de embarcar em um navio para a Inglaterra (Rayner-Canham e Rayner-Canham, 1992).

Em Cambridge o contato entre Brooks e Rutherford não diminuiu. Embora algumas das cartas tenham se perdido, os autores Rayner-Canham chamam a atenção para uma em que Brooks expressa gratidão pelos contínuos conselhos de Rutherford e acrescenta informações sobre o experimento que estava realizando. Durante a explicação, Brooks se refere à diminuição da radioatividade de uma amostra de tório pela metade em cerca de um minuto. Harriet comenta que tentou “reavivar” a amostra que sofreu o decaimento borbulhando em água, mas a radioatividade não era recuperada. A canadense finaliza a carta escrevendo que ainda estava aguardando a opinião de J.J. Thomson sobre tal fenômeno e que, apesar do orientador estar muito preocupado com o “ar modificado” que vinha se comportando de maneira estranha, tinha prometido a ela que pensaria sobre o assunto (Brooks, 1902, citada em Rayner-Canham e Rayner-Canham, 1992, p. 35).

Neste período Thomson estudava a possibilidade do ar se tornar radioativo por meio de borbulhamento em água, gerando o que chamava de ar modificado. O que leva os autores a acreditarem que Brooks se sentia insatisfeita com a ausência de seu orientador de doutorado é o fato de ela ter pedido, em carta posterior, para Rutherford analisar o experimento e, se possível, lhe enviar suas interpretações (Rayner-Canham e Rayner-Canham, 1992).

De acordo com o testemunho de George P. Thomson, filho de J.J. Thomson, era esperado que cada pesquisador do Laboratório Cavendish fosse capaz de lidar com sua pesquisa e equipamento, que na maioria das vezes era de construção própria. Raramente ocorriam colaborações e não existia empréstimo ou divisão de equipamentos, ainda que as pesquisas fossem quase sempre relacionadas. Apesar disso, o filho complementa que J.J. Thomson instituiu em Cambridge uma rotina de sessões do tipo seminário ou colóquio, em que os pesquisadores compartilhavam suas pesquisas e observações, e discutiam hipóteses antes de iniciar os trabalhos. Então, cada pesquisador sabia no que os outros estavam trabalhando. De acordo com o relato de G. Thomson, esses seminários ocorriam logo após o chá, que “era servido pela Sra.

Thomson e por uma ou duas outras senhoras ligadas ao laboratório antes que o trabalho sério começasse” (Thomson, 1964, p. 91).

A última carta do período é datada de 13 de fevereiro de 1903 (Badash, 1974), e nesta Brooks expressa insegurança quanto ao trabalho, dizendo que era uma pesquisa muito interessante, mas que avançava lentamente, e complementa: “Acho que eu deveria desistir após este ano. Há muitas outras pessoas que podem fazer melhor e em muito menos tempo, acho até que meus pequenos esforços não farão falta”. Harriet comenta que recebeu uma proposta de emprego em uma escola para meninas, mas que só iria aceitar se o diretor pagasse o salário que ela pediu (Brooks, 1902, citada em Rayner-Canham e Rayner-Canham, 1992, p. 37). Os autores que acessaram este original chamam a atenção para o remetente da carta ser de Berlim, o que é explicado ao fim da carta, em que a canadense diz que deixaria Cambridge alguns dias antes e que permaneceria na Alemanha por algumas semanas antes de ir com um amigo² para a Itália (Rayner-Canham e Rayner-Canham, 1992).

O motivo da viagem e a companhia de Brooks são apenas hipóteses do casal Rayner-Canham (1992, p. 37), sugerindo que fazia parte de algum *tour* ou que ela talvez tenha visitado a Universidade de Berlim. Esses autores também sugerem que a companhia de Harriet na viagem poderia ser Jessie Slater ou Edith Wilcock, ambas pesquisadoras do Laboratório Cavendish.

Em 8 de outubro de 1903, Harriet é convidada a se tornar membro da McGill Physical Society, que tinha o objetivo de discutir trabalhos em andamento no Departamento de Física e relatá-los em periódicos científicos, além de promover a pesquisa em física na universidade. As primeiras mulheres tinham ingressado em 1902, sendo duas delas da área de química e uma de física. Brooks foi a quarta mulher a integrar essa sociedade (Rayner-Canham e Rayner-Canham, 1992).

De volta à Universidade McGill, em 1904, Harriet Brooks reassumiu a tutoria no Royal Victoria College e voltou a trabalhar no grupo de pesquisa de Rutherford, continuando o trabalho que havia iniciado em Cambridge (Rayner-Canham e Rayner-Canham, 1992). No início daquele ano ela enviou uma carta ao editor da revista *Nature*, cuja publicação ocorreu em julho, comunicando sua pesquisa acerca da radiação emanada do rádio e suas observações quanto à taxa de decaimento. No experimento, Brooks observou que se uma amostra radioativa fosse colocada em um recipiente e depois retirada, o interior do recipiente se tornava radioativo (Brooks, 1904a).

Rutherford incluiu as observações de Brooks na palestra Bakeriana que proferiu na Royal Society de Londres em maio daquele ano, antecipando resultados que seriam publicados em setembro. Rutherford concordou inicialmente com a conclusão de Brooks, de que a volatilidade era a causa do fenômeno que mantinha o interior do recipiente radioativo (Rutherford, 1904). Porém, pouco depois de apresentar esses resultados, Rutherford recebeu uma carta do secretário da Royal Society cogitando quão violento seria o tranco [*kick back*] sofrido por um átomo ao ejetar uma partícula alfa a 1/11 da velocidade da luz. Em tempo de revisar o texto de sua palestra antes da publicação da versão final, Rutherford incluiu uma nota de rodapé demonstrando ter considerado essa ideia (Trenn, 1975, p. 530).

No texto final da palestra, Rutherford mantém que “Este efeito pode ser atribuído, em parte, a uma ligeira volatilidade da matéria B sob temperaturas usuais” (Rutherford, 1904, p. 200). Já na nota de rodapé, o autor complementa:

2 Na carta, o uso da palavra *friend* não nos permite distinguir se Brooks se refere a um amigo ou a uma amiga que estaria em viagem com ela.

Esse resultado se apoia em alguns recentes experimentos da Srta. Brooks (*Nature*, 21 de julho de 1904). Foi mostrado que a matéria B é volátil em temperatura normal, e uma pequena parte escapa do corpo ativo e se deposita na vizinhança. Também foi observado que a volatilidade da matéria B foi muito mais marcante durante os 10 primeiros minutos após a remoção, tempo em que sua primeira transformação está em progresso. Se A é origem de B, a expulsão de uma partícula α carregada deve colocar B em movimento e, conseqüentemente, alguns átomos de B talvez possam adquirir velocidade suficiente para escapar do corpo ativo (Rutherford, 1904, p. 200).

A interpretação de Brooks acerca da volatilidade não foi aceita como explicação para o fenômeno e este foi posteriormente estudado por outras personagens, como as duplas Sidney Russ (1879-1963) e Walter Makower (1880-1945) e Otto Hahn (1879-1968) e Lise Meitner (1878-1969) que, entre 1908 e 1910, consideraram o recuo do átomo em suas publicações.

Otto Hahn anunciou a descoberta do efeito de recuo [*recoil*] na Sociedade de Física da Alemanha em 1908 e, assim que soube, Rutherford lhe escreveu mencionando que havia tido a ideia da remoção de átomos pelo mesmo efeito em seu livro de 1904, *Radioactivity*, e recomendou a leitura da página 392, segunda edição, na qual ele menciona a explicação dada por Harriet Brooks após suas observações (Rayner-Canham e Rayner-Canham, 1992).

Em sua autobiografia, Hahn menciona que conheceu Harriet, dentre outros colaboradores de Rutherford, enquanto esteve em Montreal entre 1905 e 1906, e conta seu ponto de vista sobre o efeito do recuo e a carta de Rutherford (Hahn, 1966).

Depois que entreguei minha pesquisa sobre o recuo [*recoil*] dos átomos de actínio para a Sociedade Alemã de Física, Rutherford, que tinha, é claro, tomado conhecimento disso, me escreveu que sua colaboradora, Srta. Harriet Brooks, enquanto trabalhava com o depósito de rádio, observou certo fenômeno que parecia indicar um recuo dos núcleos danificados. Seu trabalho não me era familiar, mas no livro de Rutherford sobre radioatividade, publicado em 1904, na seção intitulada "Evaporação do Produto de Rádio-B em Temperaturas Normais" há uma sentença sugerindo a possibilidade de um recuo do rádio-C frente à emissão de radiação alfa como explicação para certos resultados incompreensíveis. Mas a frase seguinte é: "Todavia, de acordo com as observações da Srta. Brooks essa atividade secundária não pode ser concentrada sobre o eletrodo negativo [...]." Isso contradizia totalmente os meus experimentos com actínio (Hahn, 1966, p. 61).

Otto Hahn compara que enquanto Brooks teria observado uma distribuição regular da atividade mesmo quando a amostra radioativa era submetida a um campo elétrico, ele observara o oposto em seus experimentos, pois entendia haver concentração dos átomos que sofreram o recuo no campo elétrico negativamente carregado. Com isso, Hahn concluiu que apesar de Rutherford ter sugerido o recuo como explicação, devido ao fato de não considerar a influência do campo elétrico, o fenômeno observado não poderia ser explicado pela mesma hipótese (Hahn, 1966, p. 61-62).

Há, porém, uma terceira menção a Harriet Brooks na autobiografia de Otto Hahn. Nas notas biográficas do livro, o autor apresenta um breve perfil da canadense, afirmando que "Ela talvez tenha sido a primeira a observar o fenômeno do recuo radioativo, porém tal observação não foi aprofundada" (Hahn, 1966, p. 268).

No fim do ano de 1904, Harriet Brooks publicou o artigo completo sobre sua pesquisa, intitulado “O decaimento da radioatividade excitada de tório, rádio e actínio”. Tendo como referência inicial as pesquisas de Rutherford sobre o decaimento e as transformações que os compostos sofrem no fenômeno, Brooks assume a ocorrência de duas mudanças no processo: a primeira desacompanhada da produção de raios e uma segunda que emite raios capazes de ionizar um gás (Brooks, 1904b).

Neste artigo, Harriet apresenta as taxas de decaimento da atividade radioativa da emissão desses compostos pela medição da atividade dos raios alfa, beta e gama separadamente e após diferentes tempos de exposição. O trabalho dialoga com um artigo de Pierre Curie e Danne, publicado na *Comptes Rendus*, em 1903, no qual os pesquisadores realizam o mesmo procedimento de medição com o decaimento alfa (Curie, P. e Danne, 1903). Entretanto, Harriet apresenta curvas de decaimento alfa diferentes, afirmando que havia conseguido se aproximar dos resultados de sua referência apenas quando media raios beta (Brooks, 1904b).

Se nos permitirmos uma interpretação presentista do episódio, a complexidade dos estudos acerca das emissões radioativas realizados por Brooks e outros pesquisadores como Rutherford (tório), Marie Curie (rádio) e Debierne (actínio), se liga ao fato dos elementos tório, rádio e actínio produzirem isótopos diferentes do elemento radônio por decaimento radioativo. Esses três isótopos passam por diferentes transformações antes de se estabilizarem em isótopos de chumbo (Cardoso, s.d.; Rayner-Canham e Rayner-Canham, 1992).

Julgamos importante ressaltar que no período em que Harriet Brooks realizou suas pesquisas e observações, o conceito de radioatividade estava em construção. Foi em 1902 que Rutherford e Frederick Soddy (1877-1956), no artigo “A causa e natureza da radioatividade”, dividido em duas partes, sugeriram que a radioatividade consistia num processo que envolvia a transformação de um elemento em outro.

No início do século XX os elementos produzidos por decaimento radioativo eram representados como algo relacionado ao material de origem e, por isso, nos artigos da época encontramos termos como “emissão de tório”, “emissão de rádio” ou “rádio-b”. Quando Brooks usa o termo decaimento radioativo ela se refere à diminuição da intensidade das emissões detectadas por aparelhos (como os eletrômetros) a partir de uma amostra radioativa em função do tempo.

Noivados e fim da carreira científica

Entre junho e agosto de 1904 Brooks se inscreveu para trabalhar no Barnard College, instituição apenas para mulheres, associada à Universidade de Columbia, onde permaneceu dando aulas de física geral, mecânica e eletricidade e magnetismo até 1906. Apesar de ter tido o seu contrato renovado para o ano letivo completo (1906-1907), este foi interrompido após Brooks anunciar seu noivado com Bergen Davis, físico da Universidade de Columbia (Rayner-Canham e Rayner-Canham, 1992).

Uma carta deste período, escrita por Brooks para a reitora da faculdade, informa sobre seu casamento planejado para setembro de 1906, e questiona se aquilo afetaria de alguma forma sua posição. A reitora, Laura Drake Gill, teria respondido a Brooks que o casamento com certeza encerraria sua carreira na faculdade (Barnard College, 2020; Rayner-Canham e Rayner-Canham, 1992). A resposta de Brooks está entre as cartas reunidas pelos autores Rayner-Canham e apresentamos uma tradução a seguir:

Tenho certeza de que minhas funções serão melhor desempenhadas nessas novas condições, mas caso eu perceba que meu novo relacionamento interfere em minha atuação profissional, ainda que minimamente, eu devo, é claro, apresentar imediatamente a minha demissão. Entretanto, se isso não acontecer, não há justificativa para que eu me demita.

Eu também acredito que é um dever que tenho para com a minha profissão e para com o meu sexo mostrar que uma mulher tem o direito de exercer sua profissão e não pode ser condenada a abandoná-la meramente porque se casa. Eu não sou capaz de conceber como faculdades femininas, que convidam e encorajam mulheres a assumirem profissões, podem ser fundadas ou mantidas negando tal princípio.

Lamento desta forma, ter de apelar da sua decisão, mas não posso consentir sem violar minhas convicções mais profundas sobre os meus direitos (Brooks, 1906, citada em Rayner-Canham e Rayner-Canham, 1992, p. 46-47).

Em agosto daquele ano, Brooks enviou uma nova carta à reitora, informando que o casamento fora adiado por tempo indeterminado e solicitando a permanência no cargo. Entretanto, no mês seguinte, Harriet Brooks fez o pedido de demissão em uma carta na qual explica que o noivado terminou e que se tornara impossível para ela se engajar plenamente na faculdade (Rayner-Canham e Rayner-Canham, 1992).

Os autores que tiveram acesso a essas cartas chamam a atenção para o fato de grande parte das correspondências enviadas por Harriet indicarem como remetente o endereço de Summerbrook, uma comunidade estabelecida pela escritora Prestonia Mann Martin (1862-1945). A relação entre Brooks e Prestonia teria se iniciado em um encontro realizado pelo professor de filosofia da Universidade de Columbia, John Dewey (1859-1952), para recepcionar a atriz Maria Andreyeva (1868-1953) e o escritor Maxim Gorky (1868-1936) (Rayner-Canham e Rayner-Canham, 1992, p. 55).

Gorky e Andreyeva ficaram hospedados temporariamente na casa de Prestonia, mas a convivência teria sido suficiente para criar proximidade entre Brooks e o casal. De acordo com notas de Andreyeva obtidas no Museu Gorky e consultadas por Marelene e Geoffrey Rayner-Canham (1992), em uma das suas idas à Universidade McGill, Brooks foi acompanhada pelo escritor, a quem apresentou Rutherford e, após retornar a Nova York, acompanhou o casal russo em uma viagem pela Europa (Rayner-Canham e Rayner-Canham, 1992).

Durante essa viagem, Brooks foi admitida no laboratório de Marie Curie (Boudia, 2011; Micault, 2013), associado ao Instituto Pasteur e à Universidade de Paris. Além do registro de sua entrada, não há documentação de como a admissão foi conquistada, mas Marelene e Geoffrey Rayner-Canham (1992) sugerem a possibilidade de uma indicação de Rutherford ou de Maxim Gorky.

Artigos de Andre-Louis Debierne (1907) e Lucie Blanquies (1909), pesquisadores do laboratório de Curie no mesmo período, mencionam Brooks de maneira respeitosa e comentam experimentos que ela realizou no laboratório, o que indica que Brooks continuou as pesquisas acerca de emanações radioativas nesse Instituto. Debierne, que estudava o coeficiente de difusão da emanação de actínio, menciona, na primeira página do artigo, Rutherford e Brooks dentre as suas referências para os primeiros experimentos sobre a difusão da emanação do rádio. Alguns parágrafos à frente, quando discute um comportamento inesperado em suas medições, Debierne (1907, p. 214) ressalta que Brooks levantara essa questão no laboratório e indicara condições em que tal comportamento não ocorria. Nas conclusões, o pesquisador inclui novamente as

observações da cientista canadense para referenciar suposições feitas sobre a proporcionalidade da atividade com a emissão no seu cálculo do coeficiente de difusão.

Já a pesquisadora Lucie Blanquies realizava um estudo comparativo dos raios α produzidos por diferentes substâncias radioativas. Ela menciona o método de eletrólise utilizado por Brooks em seus experimentos comparativos, que apresentaram resultados diferentes dos obtidos por Otto Hahn e Lise Meitner com o método de aquecimento. Para a autora, entretanto, a diferença poderia ser explicada perfeitamente com a transformação do actínio em um produto cujo decaimento ocorria muito rapidamente (Blanquies, 1909).

Embora Harriet Brooks não tenha publicado nenhum artigo acerca de suas pesquisas em Paris, devido às menções nos artigos desses colegas é possível inferir que ela realizou mais medições para o decaimento do actínio B (hoje interpretado como um isótopo radioativo do chumbo, terceiro produto de decaimento do rádio na série do actínio).

De acordo com os autores Rayner-Canham (1992) nenhuma carta escrita por Brooks neste período foi encontrada, entretanto é provável que ela tenha mantido contato com Rutherford e a evidência é uma comunicação entre Rutherford e o diretor de física da Universidade de Manchester pouco antes de seu retorno à Inglaterra, em 1907. Em uma das cartas, o assunto é a possibilidade de uma bolsa para Harriet na universidade. Rutherford menciona sua amizade com a canadense e comenta que, no momento, ela estava trabalhando com Marie Curie, mas desejava se mudar para a Inglaterra, se possível. O antigo orientador de Brooks menciona, ainda, sua excelência em matemática, seu trabalho com J.J. Thomson e seu conhecimento experimental na área de ionização de gases e radioatividade. Rutherford encerra dizendo que Brooks se candidataria e, para isso, preparara uma carta oficial de recomendação, que traduzimos a seguir:

A senhorita Brooks tem excelente conhecimento de física teórica e experimental e é excepcionalmente bem qualificada para realizar pesquisas. Seu trabalho em "Radioatividade" tem sido de grande importância na análise das transformações radioativas e, ao lado de Madame Curie, ela é a mais proeminente física no departamento de radioatividade. A senhorita Brooks é uma pesquisadora original e cuidadosa, com boas habilidades experimentais e tenho confiança de que, se selecionada, fará um excelente trabalho de pesquisa em física. Eu a recomendo fortemente para a bolsa John Harling (Rutherford, 1907, citado em Rayner-Canham e Rayner-Canham, 1992, p. 69).

Em maio de 1907 Harriet se mudou para Londres, de onde escreveu para Marie Curie recusando a oferta de continuar seu trabalho em Paris, mas prometendo que lhe escreveria acerca dos resultados das pesquisas e os enviaria também para Debierne (Rayner-Canham e Rayner-Canham, 1992).

Entre junho e agosto do mesmo ano, Rutherford esteve em Londres e entrou em contato com Harriet, que aproveitou o encontro para anunciar que estava noiva de Frank Henry Pitcher (1871-1935). Na carta que Rutherford escreve ao diretor de física da Universidade de Manchester dando a notícia, ele explica que Pitcher era um de seus colaboradores em Montreal e um persistente admirador de Brooks, o que o levou a viajar até a Inglaterra com o único propósito de convencê-la a voltar com ele para o Canadá. Ele encerra a carta informando que o casamento aconteceria no próximo mês e lamenta o fato de que não a teriam mais em Manchester (Rayner-Canham e Rayner-Canham, 1992).

Frank Pitcher também se formou na Universidade McGill e tornou-se professor na mesma universidade em 1897, período em que Harriet cursava o último ano da graduação. Em 1899, porém, deixou a universidade e se tornou engenheiro na Companhia de Água e Energia de Montreal, onde ascendeu a gerente-geral (Rayner-Canham e Rayner-Canham, 1992).

A maioria das cartas que Brooks recebeu de Frank foram preservadas e o casal Rayner-Canham teve acesso a elas pessoalmente, a partir do filho mais novo do casal. Todas datam do período entre 1906 e 1907, sendo a primeira enviada de Montreal para o endereço de Harriet em Capri, na Itália (Rayner-Canham e Rayner-Canham, 1992).

O casamento ocorreu em 13 de julho de 1907, em Londres, e em seguida o casal retornou ao Canadá. A partir de então, não há mais registros de Harriet envolvida em pesquisas. Algumas cartas guardadas por ela foram enviadas por Mary Rutherford e Prestonia Martin, com quem manteve contato (Rayner-Canham e Rayner-Canham, 1992).

Com isso, Harriet Brooks (agora Pitcher) se afastou dos laboratórios e de suas pesquisas, não concluindo o doutorado, e passou a se engajar em organizações acadêmicas de Montreal. A primeira delas foi a McGill Alumnae Society, na qual compartilhava suas experiências como pesquisadora. Também se tornou membro da Federação Internacional das Mulheres Universitárias e do Clube Canadense das Mulheres (WCC), do qual foi secretária entre 1909 e 1912 e presidente em 1923. Esse clube tinha o propósito de promover palestras e discussões de assuntos de interesse nacional ou internacional, e de cultivar relações com instituições canadenses (Rayner-Canham e Rayner-Canham, 1992).

Como argumenta a autora Betina Lima (2011, 2013), conquistar a possibilidade de transitar entre as esferas profissional e privada não significou reordenação dos papéis de gênero. Pelo contrário, ocorreu a superposição das atividades e uma carga adicional na trajetória feminina, o que continua sendo um obstáculo para mulheres, até hoje, em diferentes áreas das ciências e da tecnologia. Tanto no caso de Brooks quanto nas respostas dadas em entrevistas para Lima, mais de 100 anos depois, é possível identificar o ofuscamento e a desvalorização do mérito de mulheres cientistas quando em colaboração com homens. Há momentos de discriminação implícita e estrutural, com pressão imposta pelo meio masculino e dificuldade de conciliar as duas esferas. Como a autora evidencia, muitas entrevistadas da área científica também se depararam com a escolha entre o casamento e a carreira, e contingências como o parceiro já ter se estabelecido em uma cidade diferente, por exemplo, muitas vezes colocam a carreira profissional de mulheres em segundo plano (Lima, 2011, 2013; Micault, 2013).

Harriet e Frank tiveram três filhos, Barbara Anne Pitcher (1910-1929), Charles Roger Pitcher (1912-1926), e Paul Brooks Pitcher (1913-1998). Os autores Rayner-Canham (1992), que compilaram a maior parte das informações biográficas acessadas nesta pesquisa, tiveram a oportunidade de conversar com Paul Brooks e também com sobrinhos de Harriet sobre a convivência com ela e os feriados que passavam com a família Pitcher, e em seu livro incluíram transcrições dessas conversas.

O pai de Harriet Brooks morreu em 1920 e sua mãe, em 1922. Em 1926, seu filho Charles faleceu devido a meningite e em 1929, sua filha, Bárbara, desapareceu. O caso foi anunciado em jornais locais e trazia uma oferta de recompensa. A descrição dizia que Bárbara foi vista pela última vez em frente à Universidade McGill. O corpo foi encontrado 17 dias depois no rio Prairies, entre Montreal e Quebec (Find a Grave, s.d.).

Harriet Brooks Pitcher faleceu em 17 de abril de 1933, aos 56 anos, tendo sido registrados na época os termos “envenenamento do sangue” e “complicações sanguíneas” (Rayner-Canham e Rayner-Canham, 1992, p. 99). Rutherford foi informado por uma carta de Arthur Eve, cunhado de Brooks, e em resposta se propôs a enviar à revista *Nature* “uma pequena declaração de suas contribuições científicas” (Rayner-Canham e Rayner-Canham, 1992, p. 100). A nota obituária que ele compôs foi publicada em junho de 1933 e é assinada apenas com a letra R. Trata da entrada de Brooks em seu grupo de pesquisa na McGill como uma das primeiras pesquisadoras e, sobre o trabalho realizado, Rutherford escreve:

Ela observou que o decaimento da deposição ativa de rádio e actínio dependia, de forma marcante, do tempo de exposição às respectivas emanações e determinou a curva de decaimento para períodos curtos de exposição. Este trabalho, que foi feito antes da teoria da transformação de substâncias radioativas ter sido apresentada, auxiliou a desvendar as complexas transformações que ocorrem nestes depósitos. Com Rutherford, ela determinou a taxa de difusão da emanação de rádio no ar e outros gases. Esses experimentos foram, naquele momento, de muito significado, pois mostraram que a emanação do rádio difundia como um gás pesado, com o peso molecular estimado em pelo menos 100 (Rutherford, 1933, p. 865).

Rutherford também comenta a continuidade das pesquisas no Laboratório Cavendish e lembra da carta enviada à *Nature* em 1904, na qual Harriet chama a atenção para a volatilidade observada. Ele, então, acrescenta: “Sob a luz dos resultados de Hahn e Russ e Makower em 1909, fica claro que o efeito era devido ao recuo do rádio-B da superfície ativada após a expulsão de uma partícula alfa do rádio”. Rutherford ressalta, novamente, essa contribuição, escrevendo que tal observação tinha sido importante para compreender as séries de mudanças que ocorrem em corpos radioativos (Rutherford, 1933, p. 865).

Por fim, menciona o casamento de Harriet e seu afastamento dos laboratórios, seguido da aproximação e interesse por assuntos universitários. A nota é fechada com o elogio: “Uma mulher de muito charme e habilidade, ela era uma bem-vinda adição a qualquer laboratório de pesquisa e deixou em todos que a conheceram uma vívida impressão de ótima personalidade e caráter” (Rutherford, 1933, p. 865).

A complexidade de uma descoberta científica

Pelos registros originais que consultamos, fica claro que Brooks sempre interpretou o decaimento das emissões radioativas como efeito decorrente de uma volatilidade das amostras utilizadas. Por ter feito sua última publicação em 1904, Harriet não participou do avanço das discussões que consideram o recuo do átomo, como fizeram Rutherford (1905), Otto Hahn e Lise Meitner (1908) e Sidney Russ e Walter Makower (1909).

O vínculo de Brooks com a descoberta do radônio não é tão comentado. No entanto, tal como observa Martins (2012) ao descrever a complexidade da descoberta da radioatividade, verificamos no caso de Brooks um exemplo de como o processo de descoberta científica pode se alongar no tempo e envolver o trabalho de muitas pessoas e grupos de pesquisa, o que torna inadequado tentar creditar uma única pessoa ou até mesmo classificar o tamanho de cada contribuição.

O fenômeno que produz novos elementos químicos por decaimento radioativo estava, de certa forma, sendo investigado desde a década de 1890, mas se intensificou em 1898 quando grupos de pesquisa passaram a utilizar a condutividade elétrica para detectar radiação. Utilizando o novo método, Gerhard Schmidt e Marie Curie, de forma independente, detectaram radiações semelhantes às do urânio em compostos de tório (Martins, 2012). Em 1899, Pierre e Marie Curie registraram radioatividade em emanções provenientes de sais de rádio. No mesmo ano, Robert Bowie Owens (1870-1940) e Ernest Rutherford observaram o mesmo efeito no ar que circundava as amostras de dióxido de tório e Rutherford passou a se referir a isso em seus artigos como “emanação de tório” (Rutherford, 1900). Em 1900, Friedrich Ernest Dorn (1848-1916) estudou a “emanação de rádio” e em 1903, tanto Fritz Geisel (1852-1927) como André-Louis Debierne estudaram a “emanação de actínio” (Afonso, 2009).

Nesse período, supunha-se que as emanções eram os próprios elementos em estado gasoso ou finamente divididos. Porém Harriet Brooks, trabalhando com Rutherford e utilizando um método de difusão, pôde estimar o “peso molecular” da “emanação do rádio” como sendo menor que o atribuído ao rádio pelo casal Curie, excluindo a possibilidade de se tratar do mesmo elemento (Rutherford e Brooks, 1901, p. 22), um dado que Rutherford passou a considerar para suas investigações posteriores.

Na opinião de alguns autores, como Afonso (2009), nas rotinas diárias de trabalho com a “emanação de rádio”, em 1901, Harriet Brooks estava analisando o isótopo radônio-222 e, por ter estimado o peso da emanação, ainda que distante do valor aceito hoje, poderia ser considerada como a primeira a lidar com o elemento isolado. Marelene e Geoffrey Rayner-Canham (2004), numa crítica a artigo publicado por James e Virginia Marshall (2003), também advogam que o ano de 1901 deveria ser considerado o ano de descoberta do radônio em função dos resultados apresentados por Brooks e Rutherford. Em resposta a essa crítica, o casal Marshall argumenta que levam em consideração alguns critérios para acreditar que Rutherford merece o crédito, mas terminam ressaltando que a discussão lembra a todos como o processo de descoberta de um fenômeno é algo dinâmico.

Em 1904, William Ramsay (1852-1916) encontrou similaridades entre as linhas espectrais da “emanação de rádio” e as dos elementos argônio, criptônio e xenônio. Porém, Ramsay só obteve sucesso no isolamento de cerca de 0,1 mm³ da emanação em 1910 e, juntamente com Robert Whytlaw-Gray (1887-1958), estimaram a “peso molecular” em torno de 222,5 g.mol⁻¹, sendo o gás mais denso conhecido até então. Esses pesquisadores sugeriram o nome “niton”, que foi aceito pela Comissão Internacional de Pesos e Medidas em 1912 (Afonso, 2009).

A International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC), porém, adotou em 1923 novas denominações baseadas nas propostas de Curt Schmidt e Elliot Quincy Adams e as emanções do rádio, tório e actínio passaram a se chamar radônio, torônio e actinônio, respectivamente. Esta nomenclatura permaneceu até o avanço dos estudos acerca dos isótopos, quando se convencionou a interpretação de que as três emanções eram variantes isotópicas do radônio. Dessa forma, a emanação de rádio, radônio-222, manteve a nomenclatura e o símbolo Rn por ser a mais estável, com meia-vida de aproximadamente 4 dias; a emanação de tório foi reconhecida como radônio-220, cuja meia-vida é de 54,5 segundos; e a emanação de actínio passou a ser interpretada como o radônio-219, com meia vida de aproximadamente 4 segundos (Afonso, 2009).

A existência desses isótopos é uma questão que torna o processo de descoberta do radônio ainda mais complexo, envolvendo diversas pesquisas ao redor do mundo sobre o mesmo elemento antes que se tivesse consenso sobre a existência de isótopos.

No artigo publicado em 1904, Harriet Brooks compara as atividades das emanações de rádio, tório e actínio e analisa as transformações sofridas dentro de determinados tempos. Nesse processo, Harriet observa que a primeira transformação sofrida pela emanação de tório (radônio-220) é o decaimento da sua "força" aproximadamente pela metade em cerca de um minuto, o que se aproxima do valor aceito de 54,5 segundos como o tempo de meia-vida deste isótopo (Brooks, 1904b, p. 378).

Nosso objetivo com este trabalho não é reivindicar direitos de descoberta a Brooks, mas relatar sua participação na história da ciência como exemplo de como um processo de descoberta pode ser longo e complexo. Verificamos como a produção de um novo fato científico pode envolver dezenas de pessoas e grupos de pesquisa que se empenham, seja em caráter de colaboração, competição ou mesmo sem saberem das pesquisas uns dos outros, mas que retroativamente percebemos envolvidos no estudo de um tema científico considerado relevante. Nosso interesse particular sobre o caso de Harriet Brooks se justifica, também, por ilustrar a presença de mulheres cientistas que trabalham em meio à comunidade científica e que, muitas vezes, são apagadas nos textos historiográficos.

Se tomarmos como indicadores os livros didáticos ou as listas de Prêmios Nobel concedidos nas áreas de ciências naturais, notamos que as menções a mulheres cientistas são mínimas. Mas isso não é devido à ausência feminina na área, como Brigitte van Tiggelen e Annette Lykkes ressaltam no livro *Women in their element* (2019), no qual compilam 38 artigos sobre mulheres que contribuíram de alguma forma com estudos acerca de elementos químicos.

Nos aprofundando no estudo de caso de uma dessas mulheres cientistas, pudemos perceber como esse tipo de pesquisa é importante, não apenas para expor suas contribuições científicas, mas também para mostrar que a luta de mulheres por direitos e igualdade não é algo recente na sociedade e, apesar disso, ainda é constante e necessária.

Harriet Brooks foi, de certa forma, privilegiada, por ter tido uma família que a apoiou na carreira, por ter encontrado oportunidades e um orientador que continuamente valorizou seu trabalho, mas ainda assim foi apagada da história. Mulheres sempre estiveram presentes no empreendimento científico e se os textos historiográficos disponíveis não evidenciam isso, é sinal que precisamos de textos melhores. Lembrar e valorizar a participação feminina na história da ciência é, também, colocar a carreira científica no radar de meninas e discutir as dificuldades enfrentadas por mulheres ainda hoje.

Considerações finais

Partimos do princípio de que a história da descoberta de elementos químicos é normalmente narrada seguindo um padrão historiográfico ultrapassado, e que a participação de mulheres cientistas seria uma das lacunas a serem preenchidas nessa história (Alfonso-Goldfarb e Beltran, 2004; Pérez et al., 2001). Em nossa busca inicial por indícios de pesquisa, encontramos nove nomes de mulheres cuja atuação científica pode ser relacionada à descoberta ou à caracterização de elementos químicos, o que nos permitiu propor uma Tabela Periódica das Contribuições Femininas e explicitar possíveis temáticas para pesquisas futuras (Freitas e Baldinato, 2019). Neste artigo, selecionamos um desses nomes e conduzimos um estudo de caso, verificando como a cientista Harriet Brooks contribuiu com estudos na área de radioatividade que se ligam à descoberta do elemento radônio.

Na virada entre os séculos XIX e XX, Brooks investigou uma emanção advinda do elemento rádio que se comportava como um gás, capaz de difundir no espaço. Neste estudo, concluiu que a emanção não poderia ser um vapor do próprio rádio, mas sim um gás pesado e radioativo, com peso atômico menor (Rutherford e Brooks, 1901). A colaboração com Rutherford rendeu uma recomendação de seu então orientador para o Laboratório Cavendish, onde a canadense teria a oportunidade de trabalhar com J.J. Thomson. Apesar da presença de outras mulheres cientistas no local, ainda era notável, em algum grau, uma divisão de tarefas por gênero. Nesse período, Harriet expressa insegurança em suas cartas, julgando suas pesquisas pouco frutíferas em comparação às dos colegas. Também expressa insatisfação com a orientação distante de Thomson, em comparação ao relacionamento que ela mantinha com Rutherford.

Em 1904, de volta ao Canadá, Brooks deu continuidade à pesquisa iniciada em Cambridge e apresentou as taxas de decaimento da radiação das emanções de compostos radioativos em termos de força da atividade dos raios alfa, beta e gama (Brooks, 1904b). A pesquisa estava diretamente relacionada com a ideia de sucessivas transformações em compostos radioativos e suas observações foram creditadas por Rutherford na palestra Bakeriana que proferiu naquele ano (Brooks, 1904b; Rutherford, 1904).

Harriet Brooks também encontrou obstáculos em sua carreira como professora no Barnard College, quando teria sido obrigada a deixar o cargo após o anúncio de noivado com um professor da Universidade de Columbia. A canadense demonstrou convicção acerca de seus direitos como mulher, professora e cientista, se posicionando contra a posição da reitora. A carta de demissão foi enviada, entretanto, após o noivado ter sido cancelado.

Rutherford chegou a recomendar a aluna para a Universidade de Manchester, mas o plano de tê-la novamente próxima a seu grupo de pesquisa foi cancelado pelo anúncio de noivado de Harriet Brooks e Henry Pitcher. Mesmo após o casamento de Brooks, motivo pelo qual ela encerrou oficialmente suas atividades como pesquisadora e não concluiu o doutorado, Rutherford não deixou de creditá-la pelo trabalho realizado com as emanções, reconhecido como uma das peças para a proposição da teoria da transformação de elementos.

O processo de descoberta é ilustrado nesse caso como algo complexo, mostrando como é inadequado creditar uma única pessoa, pois admite-se um desenvolvimento longo e que pode ocorrer em vários lugares ao redor do mundo. Defendemos a necessidade de reconhecer que essa história complexa envolve a atuação de mulheres que permanecem desconhecidas.

Harriet Brooks teve um papel importante nas pesquisas sobre radioatividade e na história relacionada ao elemento radônio. Esse estudo de caso nos permite questionar a supervalorização de “descobridores” em detrimento de uma comunidade de cientistas que contribuiu para a construção de um mesmo conhecimento em uma área de pesquisa.

Como mulher e estudante interessada em matemática e ciências naturais, a trajetória pessoal de Brooks revela aspectos dicotômicos. Ela pôde contar com a família, que proporcionou formação universitária para ela e também para uma de suas irmãs. Sua trajetória acadêmica também foi favorecida pelo contexto de um país progressista como o Canadá. Mas isso não impediu que ela vivenciasse situações de conflito por questões de gênero na pesquisa e no trabalho. O fim da sua vida nos laboratórios coincidiu com o casamento e, mesmo tendo ocorrido há mais de 100 anos, essa história nos alerta sobre dificuldades enfrentadas ainda hoje por mulheres que querem desenvolver carreiras científicas.

Referências bibliográficas

- AFONSO, J.C. Radônio. *Química Nova na escola*, v. 32, n. 4, p. 267-268, 2009.
- ALFONSO-GOLDFARB, A.M.; BELTRAN, M.H.R. (org.) *Escrevendo a história da ciência: tendências, propostas e discussões historiográficas*. São Paulo: Livraria da Física; Educ; Fapesp, 2004.
- APOTHEKER, J.; SARKADI, L.S. *European women in chemistry*. Weinheim: Wiley-VCH, 2011.
- BADASH, L. *Rutherford Correspondence Catalog*. New York: American Institute of Physics, 1974. p. 33. Disponível em: <https://repository.aip.org/islandora/object/nbla:276857#page/33/mode/2up>. Acesso em: 16 jul. 2023.
- BARNARD COLLEGE. Past leader of the College (on-line). Montreal, 2020. Disponível em: <https://barnard.edu/college-leadership/past-presidents>. Acesso em: 15 abr. 2022.
- BENSAUDE-VINCENT, B. Mendeleev's periodic system of chemical elements. *The British Journal for the History of Science*, v. 18, n. 1, p. 3-17, 1986.
- BIRKER, I. Remembering Harriet Brooks: Canada's first female nuclear physicist. *McGill Reporter*, Montreal, Mar. 8, 2011. Disponível em: <https://reporter.mcgill.ca/womens-day-profile-remembering-harriet-brooks-canadas-first-woman-nuclear-physicist/>. Acesso em: 16 fev. 2023.
- BLANQUIES, L. Comparaison entre les rayons α produits par différentes substances radioactives. *Le Radium*, v. 6, n. 8, p. 230-232, 1909.
- BOUDIA, S. An inspiring laboratory director: Marie Curie and women in science. *Chemistry International*, v. 33, n. 1, p. 12-16, 2011.
- BROOKS, H. *Damping of the oscillations in the discharge of a Leyden-jar*. 1901. (manuscrito). Disponível em: <https://escholarship.mcgill.ca/concern/theses/mg74qp85x>. Acesso em: 16 jul. 2023.
- BROOKS, H. A volatile product from radium. *Nature*, v. 70, n. 1812, 1904a.
- BROOKS, H. The decay of the excited radioactivity from thorium, radium and actinium. *Philosophical Magazine*, series 6, v. 8, n. 45, 1904b.
- CAMPBELL, J. Ernest Rutherford: scientist supreme. *Physics World*, v. 11, n. 9, p. 35-40, 1998.
- CAMPBELL, J. Rutherford's war. *Physics World*, v. 29, n. 2, p. 32-36, 2016.
- CARDOSO, E.M. *Radioatividade* (Apostila educativa). Rio de Janeiro: Comissão Nacional de Energia Nuclear, s.d. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/tex/fis01001/radio.pdf>. Acesso em: 16 jul. 2023.
- CURIE, P. Action du champ magnétique sur les rayons de Becquerel : rayons déviés et rayons non déviés. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, t. 130, p. 73-76, 1900.
- CURIE, P.; CURIE, M.P. Sur la charge électrique des rayons déviés du radium. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, t. 130, p. 647-650, 1900.
- CURIE, P.; DANNE, J. Sur la disparition de la radioactivité induite par le radium sur les corps solides. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, t. 136, p. 364-366, 1903.
- DEBIERNE, A. Sur le coefficient de diffusion dans l'air de l'émanation de l'actinium. *Le Radium*, v. 4, n. 6, p. 213-218, 1907.
- FIND A GRAVE. Barbara Ann Pitcher (1910-21 mar. 1929). *Memorial Find a Grave*, n. 108231395. s.d. Disponível em: <https://pt.findagrave.com/memorial/108231395/barbara-ann-pitcher>. Acesso em: 16 jul. 2023.
- FREITAS, N.M.A.M.; BALDINATO, J.O. *Visões da lei periódica*. 2019. Exposição, versão digital. Disponível em: <https://faradayhc.wixsite.com/website>. Acesso em: 16 jul. 2023.
- HAHN, O. *Otto Hahn: a scientific autobiography*. Tradução Willy Ley. New York: Charles Scribner's Son, 1966.

- KAPITZA, P.L. Recollections of Lord Rutherford. *Proceedings of the Royal Society of London*, v. 294, p. 123-137, 1966.
- LIMA, B.S. Quando o amor amarra: reflexões sobre as relações afetivas e a carreira científica. *Gênero*, v. 12, n. 1, p. 9-21, 2011.
- LIMA, B.S. O labirinto de cristal: as trajetórias das cientistas na Física. *Revista Estudos Feministas*, v. 21, n. 3, p. 883-903, 2013.
- MARSHALL, J.L.; MARSHALL, V.L. Ernest Rutherford: the “true discoverer” of radon. *Bulletin for the History of Chemistry*, v. 28, n. 2, p. 76-83, 2003.
- MARSHALL, J.L.; MARSHALL, V.L. Rutherford and radon. *The Hexagon*, v. 101, n. 2, p. 22-26, 2010.
- MARTINS, R.A. *Becquerel e a descoberta da radioatividade: uma análise crítica*. Campina Grande: EdUEPB; Livraria da Física, 2012.
- MCGILL UNIVERSITY. *1898 Yearbook*. Montreal: McGill University, 1898a. Disponível em: <https://yearbooks.mcgill.ca/>. Acesso em: 16 jul. 2023.
- MCGILL UNIVERSITY. *Annual Report for the year 1898-99*. Montreal: McGill University, 1898b.
- MCGILL UNIVERSITY. *Calendar McGill University, 1894-99*. Montreal: McGill University, 1894-1899. Disponível em: <https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=mdp.39015075886336&view=1up&seq=7>. Acesso em: 16 jul. 2023.
- MCGILL UNIVERSITY. *1901 Yearbook*. Montreal: McGill University, 1901. Disponível em: <https://yearbooks.mcgill.ca/>. Acesso em: 16 jul. 2023.
- MCGILL UNIVERSITY. *1902 Yearbook*. Montreal: McGill University, 1902. Disponível em: <https://yearbooks.mcgill.ca/>. Acesso em: 16 jul. 2023.
- MCGILL UNIVERSITY. *Women admitted to McGill* (on-line). Montreal: McGill University, 2021. Disponível em: <https://200.mcgill.ca/history/women-are-allowed-to-attend-mcgill-as-full-time-students-for-the-first-time/#:~:text=In%20the%20fall%20of%201884,first%20women%20admitted%20to%20McGill>. Acesso em: 16 jul. 2023.
- MCGILL UNIVERSITY. *Blazing trails: McGill's women* (on-line). Montreal: McGill University, 2023a. Disponível em: <https://www.mcgill.ca/about/history/features/mcgill-women>. Acesso em: 9 fev. 2023.
- MCGILL UNIVERSITY. *Sir Ernest Rutherford (1871-1937)* (on-line). Montreal: McGill University, 2023b. Disponível em: <https://www.mcgill.ca/about/history/rutherford>. Acesso em: 9 fev. 2023.
- MEIGS, C. *What makes a college? A history of Bryn Mawr*. New York: Macmillan, 1956.
- MICAULT, N.P. The Curie's Lab and its women (1906-1934)/Le laboratoire Curie et ses femmes (1906-1934). *Annals of Science*, v. 70, n. 1, p. 71-100, 2013.
- NOBELPRIZE.ORG. The Nobel Prize in Chemistry 2020 (on-line). *Nobel Prize Outreach*, 2020. Disponível em: <https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2020/summary/>. Acesso em: 9 fev. 2023.
- PARTINGTON, J.R. *A short history of chemistry*. New York: St. Martin's Press, 1957a.
- PARTINGTON, J.R. Discovery of Radon. *Nature*, v. 179, p. 912, 1957b.
- PÉREZ, D.G.; MONTORO, I.F.; ALÍS, J.C.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação*, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.
- PSAC, Public Service Alliance of Canada. *Canadian Women's history* (on-line). Montreal, 2015. Disponível em: <http://psac-ncr.com/canadian-womens-history>. Acesso em: 24 jul. 2020.
- RAYNER-CANHAM, M.F.; RAYNER-CANHAM, G.W. *Harriet Brooks: pioneer nuclear scientist*. Montreal: McGill-Queen's University Press, 1992. Disponível em: <https://archive.org/details/harrietbrookspio0000rayn>. Acesso em: 12 jul. 2021.
- RAYNER-CANHAM, M.F.; RAYNER-CANHAM, G.W. Brooks, Harriet (Pitcher). *Dictionary of Canadian biography*, v. 16. Toronto: University of Toronto, 2003. Disponível em: http://www.biographi.ca/en/bio/brooks_harriet_16E.html. Acesso em: 14 ago. 2019.

- RAYNER-CANHAM, M.F.; RAYNER-CANHAM, G.W. Rutherford, the "True discoverer of radon". *Bulletin for the History of Chemistry*, v. 29, n. 2, p. 89-90, 2004.
- RAYNER-CANHAM, M.F.; RAYNER-CANHAM, G.W. Marguerite Perey: the discoverer of francium. In: TIGGELEN, B.V.; LYKKNES, A. *Women in their element: selected women's contributions to the periodic system*. Singapore: World Scientific Publishing, 2019. p. 341-349.
- REID, J.G. Grace Annie Lockhart. *The Canadian encyclopedia*. [s.l.]: Historica Canada, 2008. Disponível em: <https://www.thecanadianencyclopedia.ca/en/article/grace-annie-lockhart>. Acesso em: 25 mar. 2020.
- ROUVRAY, D.H. Elements in the history of the periodic table. *Endeavour*, v. 28, n. 2, p. 69-74, 2004.
- RULEV, A.Y.; VORONKOV, M.G. Women in chemistry: a life devoted to science. *New Journal of Chemistry*, v. 37, n.12, p. 3826-3832, 2013.
- RUTHERFORD, E. A radio-active substance emitted from thorium compounds. *Philosophical Magazine and Journal of Science*, 5th series, v. 49, n. 296, p. 1-14, 1900.
- RUTHERFORD, E. The succession of changes in radioactive bodies. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, v. 204, p. 169-219, 1904.
- RUTHERFORD, E. Obituary: Harriet Brooks (Mrs. Frank Pitcher). *Nature*, v. 131, n. 3320, p. 865, 1933.
- RUTHERFORD, E.; BROOKS, H. The new gas from radium. *Transactions of the Royal Society of Canada*, Section III, p. 21-25, 1901.
- RUTHERFORD, E; BROOKS, H. Comparison of the radiations from radioactive substances. *Philosophical Magazine*, series 6, v. 6, n. 19, p. 1-23, 1902.
- SLODOWSKA-CURIE, M. Sur la pénétration des rayons de Becquerel non déviés par le champ magnétique. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, t. 130, p. 76-79, 1900.
- THOMSON, G.P.J.J. *Thomson and the Cavendish Laboratory in his day*. Walton-on-Thames: Thomas Nelson, 1964.
- TIGGELEN, B.V.; LYKKNES, A. The women behind the periodic table. *Nature*, v. 565, p. 559-561, 2019.
- THORTON, B.F.; BURDETTE, S.C. Recalling radon's recognition. *Nature Chemistry*, v. 5, p. 804, 2013.
- TRENN, T.J. Rutherford and recoil atoms: the metamorphosis and success of a once stillborn theory. *Historical Studies in the Physical Sciences*, v. 6, p. 513-547, 1975.

Recebido em julho de 2022

Aceito em maio de 2023