

Vitruvian Cogitationes - RVC

O CAMINHO TORTUOSO DE MULHERES NA CIÊNCIA E NA ASTRONOMIA: EVOLUÇÃO E COMPOSIÇÃO ESTELAR A PARTIR DE ESTUDOS FEITOS POR CECILIA PAYNE

*EL TORTUOSO CAMINO DE LAS MUJERES EN LA CIENCIA Y LA ASTRONOMÍA:
EVOLUCIÓN Y COMPOSICIÓN ESTELAR A PARTIR DE ESTUDIOS DE CECILIA PAYNE*

*THE TORTUOUS PATH OF WOMEN IN SCIENCE AND ASTRONOMY: EVOLUTION AND
STELLAR COMPOSITION FROM STUDIES BY CECILIA PAYNE*


Elizandra Daneize dos Santos

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, elizandra.daneize@unesp.br

 <https://orcid.org/0000-0003-0887-2236>


Gleyson Miranda de Souza

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, gleyson.miranda@unesp.br

 <https://orcid.org/0000-0002-5222-1679>


Izabela Prado Lourenço da Silva

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, izabela.prado@unesp.br

 <https://orcid.org/0000-0001-7129-0904>

Rodolfo Langhi

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, rodolfo.langhi@unesp.br

 <https://orcid.org/0000-0002-3291-5382>

Resumo: Este texto apresenta uma breve análise sobre a história das mulheres na Ciência e na Astronomia e destaca algumas contribuições para a formulação da composição química estelar, fundamentada no século passado, no qual a história frequentemente apresentada omite os percalços enfrentados por elas. O objetivo é analisar historicamente como a condição de ser mulher transpassou a evolução e construção do fenômeno estelar com o trabalho das cientistas, e como atravessou a história dentro dos limites temporais da época, principalmente em relação aos estudos de Cecilia Payne. Constitui-se em uma investigação de caráter qualitativo, tendo a análise bibliográfica como procedimento metodológico, a fim de estabelecer relações de aproximação com o objeto em estudo e as fontes bibliográficas. Os resultados reverberam que Cecilia Payne realizou pesquisas importantes na área da Astronomia, destacando-se pelos estudos de evolução e composição estelar. A majestosa repercussão de sua tese de doutorado não lhe trouxe reconhecimento profissional, por ser mulher, e devido às dificuldades

enfrentadas durante sua vida acadêmica e profissional, constituiu-se em um grande destaque da luta das mulheres no meio científico.

Palavras-chave: História da Ciência; Mulheres na Ciência; Mulheres na Astronomia; Composição Estelar; Cecilia Payne.

Resumen: *Este texto presenta un breve análisis de la historia de las mujeres en la Ciencia y la Astronomía y destaca algunos aportes a la formulación de la composición química estelar, a partir del siglo pasado, en el que la historia a menudo presentada omite los percances a los que se enfrentaron. El objetivo es analizar históricamente cómo la condición de ser mujer cruzó la evolución y construcción del fenómeno estelar con el trabajo de los científicos, y cómo atravesó la historia dentro de los límites temporales de la época, especialmente en relación con los estudios de Cecilia Payne. Se trata de una investigación cualitativa, con el análisis bibliográfico como procedimiento metodológico, con el fin de establecer relaciones de aproximación con el objeto de estudio y las fuentes bibliográficas. Los resultados reverberan que Cecilia Payne realizó importantes investigaciones en el área de la Astronomía, destacándose por sus estudios de evolución y composición estelar. La majestuosa repercusión de su tesis doctoral no le trajo reconocimiento profesional, por ser mujer, y debido a las dificultades que enfrentó durante su vida académica y profesional, fue un gran destaque de la lucha de las mujeres en el ámbito científico.*

Palabras-clave: Historia de la Ciencia; Mujeres en la Ciencia; Mujeres en Astronomía; Composición Estelar; Cecilia Payne.

Abstract: *This text presents a brief analysis of the history of women in Science and Astronomy and highlights some contributions to the formulation of stellar chemical composition, based on the last century, in which the history often presented omits the mishaps faced by them. The objective is to analyze historically how the condition of being a woman crossed the evolution and construction of the stellar phenomenon with the work of scientists, and how it crossed history within the temporal limits of the time, especially in relation to the studies of Cecilia Payne. It is a qualitative investigation, with bibliographic analysis as a methodological procedure, in order to establish relations of approximation with the object under study and the bibliographic sources. The results reverberate that Cecilia Payne carried out important research in the area of Astronomy, standing out for her studies of evolution and stellar composition. The majestic repercussion of her doctoral thesis did not bring her professional recognition, because she was a woman, and due to the difficulties she faced during her academic and professional life, it was a great highlight of the struggle of women in the scientific environment.*

Keywords: History of Science; Women in Science; Women in Astronomy; Stellar Composition; Cecilia Payne.

1 INTRODUÇÃO

As principais descobertas científicas ensinadas em sala de aula sempre trazem informações adicionais e muito além do que somente o evento da descoberta diz. Os contextos que orbitam as grandes quebras de paradigmas, os impasses históricos e sociais que elencam as grandes invenções revelam a própria necessidade e a importância do feito, muito além disso, saber o que promove os grandes feitos científicos revela as próprias engrenagens da ciência.

Para contemplar tal necessidade, destaca-se a História da Ciência (HC), responsável por dialogar e descrever o desenvolvimento de teorias, o trabalho dos cientistas, quais critérios de aceitação (ou não) de ideias e teorias de cada época e o que o mundo estava vivendo enquanto uma teoria era estudada. O estudo da HC também possibilita uma importante contribuição: ao se analisar a construção de um conhecimento científico, revela-se também a Natureza da Ciência (NDC), que é, basicamente, seu rigor procedimental, limitações, falhas, experimentações e outras características que todo feito de caráter humano possui. Para Moura (2014), a compreensão da NDC implica em saber do que ela é feita, como elaborá-la, o que e por que ela influencia e é influenciada, ou seja, implica relacionar o conhecimento científico com o contexto no qual ele é produzido.

Moura (2014, p. 32) entende a NDC “como um conjunto de elementos que tratam da construção, estabelecimento e organização do conhecimento científico”, e a considera um dos preceitos fundamentais para a formação de alunos e professores mais críticos e integrados com o mundo e a realidade em que vivem.

Assim como toda história contada é isenta de neutralidade, aqui não seria diferente, e esse é um dos problemas ao se fazer uso da HC. Há uma tendência em se contar uma história vitoriosa acerca da evolução de conceitos ou conhecimentos científicos, eximindo as falhas e impasses ocorridos, caricaturando a ciência como uma crença científica, algo superior, inevitável e, frequentemente, contínuo e absoluto. A esse viés, denomina-se a história Whig da ciência. No Whiggismo, de acordo com Nascimento, Carvalho e Silva (2016), a HC analisa o passado à luz do presente e encontra uma busca por uma visão geral e abreviada da História, com isso, relatos distorcidos e anacrônicos são gerados.

Segundo Martins (2006), falando sobre textos que apresentem uma visão adequada da HC, é necessário discutir que, infelizmente, há muitos equívocos a respeito da própria natureza da história da ciência e seu uso na educação. O autor ainda alerta que quando utilizada de forma inadequada, a história das ciências pode chegar a ser um empecilho ao bom ensino de ciências, com possibilidade de recair nos seguintes exemplos: redução da história da ciência a nomes, datas e anedotas; concepções errôneas sobre o método científico e uso de argumentos de autoridade.

A História da Ciência, em virtude do seu valor pedagógico, tornou-se um objeto de um interesse crescente perto do virar do século XIX, onde muitos autores e professores pensaram em adotar um método de estudo de disciplinas científicas historicamente orientado, sendo que alguns o colocaram em prática (Kragh, 2001). Tal autor afirma que houve uma proliferação de métodos e perspectivas que caracterizaram a evolução da HC nas últimas quatro décadas do século passado, que emergiu mais de um consenso do que constituiu exatamente uma disciplina.

Para Kragh (2001, p. 100) “a visão diacrônica consiste em estudar a ciência do passado à luz da situação e das opiniões que verdadeiramente existiam no passado”, sendo assim, contribuições futuras não fazem parte da discussão histórica do fenômeno estudado. Em contrapartida, através do viés anacrônico “a ciência do passado devia ser estudada à luz do conhecimento que temos hoje, e na intenção de compreendermos este último desenvolvimento, particularmente quanto ao modo como conduz ao presente” (Kragh, 2001, p. 99).

Ter ciência das vertentes que contribuem para a HC é o caminho da isenção de tendências e a fuga de contar a história teleológica, na qual o presente é um mero resultado do passado que, através de uma corrente inevitável, culminaria no conhecimento atual.

Alexandre Koyré (1892-1964), filósofo da ciência, é um dos importantes autores que abordam a relação entre a História e a Ciência, o qual defendia a compreensão dos pensamentos científicos em suas realidades históricas. Em relação ao conhecimento dos princípios dos pensamentos estudados, os contextos e finalidades para os quais estes foram desenvolvidos e as diferenças dos princípios anteriormente existentes, esse filósofo defendia que, antes de

pensar sobre determinado assunto, deveria haver a necessidade de conhecimento, estudo e instrução (Koyré, 1982).

Com todas as precauções e necessidades,

Pode-se perceber, através desses exemplos, que o uso da história da ciência no ensino não é algo simples. Há muitas armadilhas, e exige-se o uso de conhecimento epistemológico e historiográfico especializado para evitar alguns erros que poderiam levar o professor a empregar erroneamente a história da ciência para transmitir uma ideia de ciência totalmente inadequada, como ocorre muitas vezes. É necessário, por isso, um trabalho de pesquisa para fundamentar um adequado uso da história da ciência no processo educacional (Martins, 2006, p. 12).

Assim, o presente trabalho possui o intuito de destacar algumas contribuições de mulheres cientistas para a formulação da composição química estelar, fundamentada no século passado, no qual a história frequentemente apresentada omite os percalços enfrentados por mulheres cientistas.

Desse modo, objetivamos analisar historicamente como a condição de ser mulher transpassou a evolução e construção do fenômeno estelar com o trabalho das cientistas, e como atravessou a história dentro dos limites temporais da época, principalmente em relação aos estudos de Cecilia Payne.

Deixa-se explícito ao leitor que é impossível uma narrativa histórica inteiramente neutra, por isso, o interesse do presente trabalho é se ater em como as relações de gênero atravessaram os fatores históricos.

2 APORTE TEÓRICO: BREVE HISTÓRICO DAS MULHERES NA CIÊNCIA E NA ASTRONOMIA

Na atualidade, é possível perceber o crescente destaque de mulheres em universidades e instituições de pesquisa, porém esse fato deriva de uma luta constante de reconhecimento, inserção e respeito no campo científico. Diversas pesquisas apontam situações de desigualdade na ciência, dificultando a ascensão de mulheres em relação a homens (Lazzarini *et al*, 2018; Lino, Mayorga, 2016; Silva, 2012; Silva, Ribeiro, 2014; Sitko, 2022).

Nesta perspectiva reflexiva, Silva e Ribeiro (2014) mencionam que “a ciência como um construto humano não está isenta das múltiplas formas de preconceito e discriminação de gênero, etnia/raça, classe social, geração, nacionalidade, entre outros” (p.454). Para as autoras, “as relações de gênero que se estabelecem no cotidiano das universidades e instituições de pesquisa, espaços onde se produz a ciência, são atravessadas por relações de poder que (re)produzem identidades e diferenças” (p.454).

De acordo com Lino e Mayorga (2016), as mulheres começaram a ser aceitas nas instituições de ensino superior somente a partir do final do século XIX, ou seja, uma inserção maior de mulheres em instituições de ensino superior se deu há pouco mais de um século, o que indica um motivo pelo qual são poucas mulheres na história da ciência anterior a este momento.

Algumas hipóteses tentavam justificar porque as mulheres não estavam na ciência: a construção de um imaginário em que a mulher era portadora de uma fraqueza física e moral; proferia a ideia de que a inteligência feminina era limitada, e, assim, a mulher apresentava uma carência de raciocínio; sua sexualidade incontrolável e sua lubricidade a afastava da natureza pura e neutra da ciência (Lino; Mayorga, 2016). As autoras destacam o quanto isso retirava das mulheres a fala científica e as colocavam em desvantagem na construção de verdades sobre a sociedade e sobre as dinâmicas sociais, além da submissão das mulheres aos homens.

Sitko (2022) aborda que ao longo da História da Ciência, a contribuição feminina foi e é essencial para a construção do conhecimento científico, apesar de ainda ter grandes desafios

a serem superados. A mesma coloca que a relevante contribuição das mulheres no desenvolvimento da ciência da Astronomia no fim do século XIX e início do século XX trouxe conhecimentos que são utilizados até os dias de hoje, porém, de maneira geral, não são reconhecidas.

As suas importantes contribuições para o campo da Astronomia, nesse sentido, “é que de fato existe uma história não contada, ocultada, ou deturpada, que as fazem parecer simples assistentes” (Sitko, 2022, p. 4). Contudo, a autora enfatiza que os desenvolvimentos das mulheres na área contribuíram para o que sabemos e como sabemos sobre Astronomia atualmente.

A contribuição feminina na construção dos conhecimentos em Astronomia não é muito explorada, sendo possível perceber, ao longo da história, menções e referências aos conhecimentos masculinos produzidos.

As mulheres contribuíram, foram protagonistas na construção de um conhecimento que simplesmente não é trabalhado e apresentado da mesma maneira que o conhecimento masculino produzido, como episódios de Galileu, Newton, ou até mesmo de Hubble, que ofereceu contribuições da mesma ordem que as mulheres de sua época (Sitko, 2022, p. 8).

Nesse sentido, Barros (2018) relata que, de forma gradativa, as mulheres conseguiram conquistar o direito de exercer alguns cargos nos observatórios, mas a inconveniência de trabalhar à noite ainda as impediam de trabalhos noturnos, e conclui que:

O trabalho no observatório era árduo até mesmo para os homens, os primeiros telescópios exigiam força física para serem manuseados, e esse era um inconveniente para uma mulher, sendo assim a incorporação da fotografia possibilitou às mulheres condições de trabalho dentro do observatório. Pickering, mesmo com todos os impedimentos ainda pode perceber nas mulheres uma capacidade para a pesquisa que outros não viam, claro que o fato de ter uma mão de obra por um menor salário também serviu de atrativo, mas ele reconheceu a capacidade intelectual deste grupo de mulheres [...] (Barros, 2018, p. 20).

A autora também conclui que mudanças sociais no que se refere ao papel da mulher e a junção de conhecimentos como a fotografia e a astronomia foram elementos decisivos para uma mudança no cenário científico, permitindo que na História da Astronomia as mulheres calculadoras - grupo de mulheres contratadas pelo diretor do Observatório de Harvard na década de 1870, astrônomo Edward Charles Pickering, para analisar e catalogar dados astronômicos - tivessem seu espaço.

A participação e os estudos de mulheres em temas relacionados à astronomia começam a ser documentados a partir do século XVIII, porém, percebe-se o quanto enfrentaram adversidades:

Como acontecera no passado, as mulheres dos séculos XVII e XVIII participaram de diversas atividades científicas ou técnicas nas quais a tradicional habilidade manual, a destreza, o sentido de observação, a inteligência, a imaginação e a capacidade de trabalho de que sempre fizeram prova, foram amplamente aproveitados. No entanto, salvo contadas exceções, só puderam penetrar na fortaleza do saber pela porta dos fundos. Algumas dessas mulheres, pertencentes às classes nobres ou burguesas, tiveram a chance de receber uma boa educação, o que permitia transpor barreiras e interdições. No entanto, ficaram relegadas à condição marginal de assistentes ou, no melhor dos casos, de colaboradoras de cientistas conhecidos, ficando frequentemente ignoradas para a posteridade. Mas houve também mulheres que tomaram posições feministas e defenderam seu direito à mesma educação e o acesso às mesmas atividades intelectuais dos homens (Tosi, 1998, p. 380).

A autora ressalta as grandes dificuldades enfrentadas pelas mulheres para se inserir em atividades relacionadas a conhecimentos científicos, elas tiveram que enfrentar novos problemas, novas formas de exclusão, além de adotar novas estratégias:

As espetaculares descobertas que fizera Galileu com a sua luneta, as leis dos movimentos planetários estabelecidas por Kepler e a obra de Newton, fizeram da Astronomia a ciência que teve mais impacto entre aqueles homens e mulheres da nobreza e da burguesia ávidos de conhecimentos científicos. Nessa época, o astrônomo devia ser versado não só na teoria, mas também nos aspectos técnicos dessa ciência, como o polimento das lentes e a fabricação de instrumentos, além do cálculo, que passa a ter uma importância cada vez maior. Essas técnicas vão constituir um terreno propício para as mulheres demonstrarem suas habilidades como aprendizes, assistentes ou colaboradoras, fornecendo contribuições originais. No entanto, foram admitidas na condição de esposas ou parentes de astrônomos reconhecidos e obrigadas a ocupar posições secundárias (Tosi, 1998, p. 383-384).

Percebe-se que, por mais que as mulheres demonstraram interesse em realizar estudos na área da Ciência e da Astronomia, mesmo destacando-se e realizando estudos conclusivos, ocuparam por muito tempo posições secundárias em relação aos homens.

Diante do exposto, concordamos com Vieira (2021) quando coloca como necessidade o conhecimento sobre as realizações de mulheres cientistas, pois entende que é preciso objetivar a interrupção do ciclo de exclusão das práticas femininas nas ciências, além disso, possui a clareza de que há a problemática contemporânea sobre o enfrentamento ao menor número de mulheres na ciência e que a História da Ciência pode contribuir nesse aspecto.

3 PERCURSO METODOLÓGICO

Por se tratar tanto da historicização acerca da composição estelar quanto da vivência enquanto mulher na produção científica, este trabalho alinha-se com as contribuições de Kragh (2001) e de Koyré (1982) referente à nova escrita da história da ciência. Com isso, faz-se uso do viés internalista para conduzir as discussões estruturais das pesquisas em torno da constituição estelar, e do externalista para explicar como o ser mulher influenciou diretamente o andamento dos resultados na tese de doutorado de Cecilia Payne, ligando a História da Ciência a influências transc científicas e filosóficas.

O procedimento metodológico adotado para a elaboração deste artigo é a pesquisa bibliográfica, que pode ser utilizada “em estudos exploratórios ou descritivos, casos em que o objeto de estudo proposto é pouco estudado, tornando difícil a formulação de hipóteses precisas e operacionalizáveis” (Lima; Miotto, 2007, p. 40). Utilizamos tal procedimento metodológico para estabelecer relações de aproximação com o objeto em estudo e as fontes bibliográficas.

Um amplo alcance de informações é possibilitado com a pesquisa bibliográfica, que permite também a utilização de dados dispersos em inúmeras publicações, auxiliando na construção, ou na melhor definição do quadro conceitual que envolve o objeto de estudo proposto (GIL, 2008). Nessa perspectiva, Lima e Miotto (2007) afirmam que este tipo de pesquisa é um importante procedimento metodológico na produção do conhecimento científico, capaz de gerar a postulação de hipóteses ou interpretações que podem servir como ponto de partida para outras pesquisas.

As fontes consultadas para a pesquisa bibliográfica foram livros impressos e digitalizados em bases de dados, artigos e teses. Primeiramente, buscamos introduzir autores que tratam sobre a História da Ciência e a evolução dos conceitos ou conhecimentos científicos. Em seguida, procuramos retratar brevemente o histórico das mulheres na Ciência e na Astronomia, indicando a existência de grandes dificuldades enfrentadas para se inserirem em

atividades relacionadas a conhecimentos científicos ao longo do tempo. E por fim, procuramos por fontes que elucidem a trajetória de Cecilia Payne com os estudos a respeito da composição química estelar e sua luta por reconhecimento no meio acadêmico e profissional.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO: CONTRIBUIÇÕES DE MULHERES CIENTISTAS PARA A FORMULAÇÃO DO CONCEITO DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA ESTELAR

O século XX foi marcado pela crescente pesquisa em mecânica quântica nas mais diversas áreas de pesquisas, revolucionando a ciência de modo geral, especialmente a física. Desse modo, os estudos sobre composição estelar ganharam força, proporcionando novos caminhos para o conhecimento astronômico.

De acordo com Rosa (2012), dentre outros eventos que marcaram a Física e Astronomia nesse período, destaca-se os estudos sobre o espectro eletromagnético, comprovação observacional da expansão do Universo, a dimensão extragaláctica, estudos cosmológicos, descobertas de novos corpos celestes, entre outros eventos importantes. Em contraste, embora a ciência desse período tenha progredido, os estudos sobre formação das estrelas ainda estavam em andamento, havia muitas lacunas a serem preenchidas. Os avanços de estudo em Astrometria foram essenciais para estudos precisos da posição das estrelas e sua catalogação. Com o passar do tempo, embora houvesse dificuldades para catalogar as estrelas, diversos astrônomos se debruçaram para o aprimoramento da área de pesquisa.

Hiparco foi o primeiro astrônomo a criar o primeiro catálogo, com 1080 estrelas. Posteriormente, surgiram diversos catálogos com mais informações sobre as estrelas como Cláudio Ptolomeu e Johann Bayer (1603), em Uranometria, com 60 estrelas; Johannes Hevelius (1690) com 67 estrelas; John Flamsteed (1725), em História Coelestis Britannica; Nicolas Louis de Lacaille (1725); Charles Messier (1784); Friedrich Wilhelm Argelander (1852-590), o mais completo catálogo do período pré-fotografia; John Dreyer (1888, 1895, 1908) intitulado *New General Catalogue of Nebulae and Clusters of Stars* (NGC), sendo a principal referência de nomenclatura estelar, e seu suplemento Index Catalogue (IC), de 1895 e 1908; Catálogo de Córdoba (1892), com 580 mil estrelas; e Catálogo Fotográfico do Cabo (1896), com 450 mil estrelas (Rosa, 2012, p. 119).

De acordo com o autor citado anteriormente, foram publicados o Catálogo Henry Draper (1914-1928), considerado o primeiro espectral; a *Carte du Ciel*, com observações de 1891 a 1950; o Catálogo de Estrelas Brilhantes, de Yale (1930, em quarta edição, revista, de 1982); o Catálogo de Estrelas Duplas (1932); de Robert Grant Aitken (1864-1951); o Catálogo de Estrelas Próximas (1969), de Wilhelm Gliese (1915-1993); e o Catálogo Geral de Paralaxe Trigonométrica (1952, revisto em 1995), de 8.112 estrelas, da Universidade de Yale.

O Observatório da Universidade de Harvard se destacou por apresentar os primeiros estudos sobre a composição estelar por uma equipe de mulheres, coordenado por Edward Pickering (1846-1919). Logo, o trabalho de três astrônomas se destacou, a saber, de Antonia Caetana Paiva Pereira Maury (1866-1952) - responsável em classificar as estrelas do hemisfério Norte, que mostrou, em 1897, no catálogo *Spectra of Bright Stars photographed*, uma classificação de estrelas (A, B, C). No entanto, foi recusada por Pickering, assim como o trabalho de Annie Jump Cannon (1863-1941). Cannon, em 1882, aperfeiçoou a espectroscopia, apresentando uma nova classificação, que tinha como base a temperatura na superfície de estrelas, classificando em sete tipos (O, B, A, F, G, K, M,) e dez subtipos. Assim, a cor das estrelas era classificada de acordo com o espectro eletromagnético. As estrelas do tipo O estavam no espectro azul e as do tipo M, no espectro vermelho (Rosa, 2012).

Assim, “a fotografia passou a ocupar um grande espaço na astronomia, ao possibilitar o registro de grande número de imagens dos corpos celestes. Estrelas, planetas e cometas tinham suas imagens registradas em chapas de vidro” (Marchi, 2017, p. 21). De acordo com a autora,

não havia interesse em haver mulheres trabalhando nos telescópios, por isso suas observações astronômicas não eram feitas diretamente pelos telescópios, mas através de chapas fotográficas. O número de registros dos corpos celestes aumentou consideravelmente a partir do acoplamento de câmeras fotográficas aos telescópios, pois a fotografia permitiu um registro mais rápido do que o desenho antes utilizado, auxiliando na elaboração de catálogos:

As fotografias eram produzidas por astrônomos que nem sempre se encarregavam de sua análise, trabalho realizado, no caso de Harvard, pelas “mulheres calculadoras”. O objetivo principal era a elaboração de catálogos dos corpos celestes, particularmente das estrelas. No entanto, reconhecer as estrelas por suas características e seu desenvolvimento/modificações ao longo do tempo, exigia critérios bem claros, também cambiantes ao longo da história da Astronomia. Nessa conjuntura, algumas dessas mulheres, em maior ou menor escala, acabaram por desenvolver trabalhos originais em termos da classificação das estrelas [...] (Marchi, 2017, p. 74).

Nesse contexto, destaca-se a astrônoma Henrietta Leavitt (1868-1921), começando seus estudos analisando diversas imagens fotografadas da Pequena Nuvem de Magalhães. Em 1908, no Peru, detectou 1.770 estrelas variáveis que ficaram conhecidas como “variáveis cefeidas”. Em sua pesquisa, ela concluiu que a luminosidade observada tinha relação com a pulsação. Por fim, outra mulher se destacou nos estudos sobre composição estelar: a astrônoma Cecilia Payne-Gaposchkin. Na sua monografia *Atmosferas Estelares* (1925), ela demonstrou, utilizando a análise do espectro eletromagnético, a diversidade de elementos químicos presentes na superfície das estrelas.

4.1 CECILIA PAYNE

Para compreendermos o contexto vivenciado pela astrônoma, além do que já mencionamos com a Tese de Doutorado de Marchi (2017) e o artigo de Rosa (2012), recorreremos também aos artigos de Barros (2018), Sitko (2022), Vieira, Massoni e Alves-Brito (2021), à Tese de Doutorado de Vieira (2021), e à própria Tese de Doutorado de Cecilia Payne (Payne, 1925).

Cecilia Helena Payne-Gaposchkin (1900-1996) nasceu na Inglaterra, completou seus estudos de Física e Química na Universidade de Cambridge, instituição que, por mais que permitisse a presença de mulheres, não lhes concedia o título oficial de conclusão. Seu interesse em estudar Astronomia lhe fez chegar a inúmeras oportunidades, a iniciar com sua ida para o Observatório de Harvard, em 1923. Utilizou seus conhecimentos na área de Física Quântica, o que lhe permitiu determinar a composição das estrelas, além da conclusão da sua pesquisa de doutorado.

Cerca de oitenta mulheres foram contratadas pelo diretor do Observatório de Harvard na década de 1870 - astrônomo Edward Charles Pickering - para analisar e catalogar dados astronômicos. Esse grupo fazia cálculos exaustivos com os dados apresentados nas chapas fotográficas com os dados celestes e ficou conhecido como as calculadoras de Pickering (Sitko, 2022). Cecilia Payne era uma das integrantes do grupo, que “trabalhou com estrelas variáveis e em desenvolvimentos para os estudos de evolução estelar, e é um grande símbolo da luta das mulheres pela entrada no mundo científico” (Sitko, 2022).

Segundo Barros (2018), a contratação dessas mulheres para a equipe de Pickering teve um teor financeiro, e por mais que no início não houvesse renda suficiente para todas as suas pesquisas, ele adquiriu equipamentos. Além disso, algumas trabalhavam como voluntárias e outras tinham um salário correspondente às horas trabalhadas.

A maioria do grupo eram alunas das universidades femininas como Vassar College e Radcliffe College e tinham formação em astronomia. Suas funções eram divididas em três

grupos: o primeiro era um trabalho mais mecânico, já que os cálculos eram feitos, mas pesquisas não eram desenvolvidas; o segundo tinha função de catalogar as estrelas; o terceiro grupo, supervisionado diretamente por Pickering, desenvolvia as pesquisas no observatório. Neste grupo, além de Cecilia Payne, estavam outras astrônomas como Williamina Fleming, Antonia Maury, Annie Jump Cannon e Henrietta Swan Leavitt (Barros, 2018).

O objetivo de Payne ao partir para os Estados Unidos era testar as teorias de Saha, de Fowler e Milne tendo como base o extenso acervo de placas fotográficas de espectros do Observatório de Harvard, que já contava com mais de 200 mil registros. Como o autor descreve, não era uma tarefa muito simples, além do mais, “na composição das estrelas, o problema estaria em investigar tais condições físicas (temperatura e pressão) e avaliar de que forma elas influenciam na formação dos espectros, se há ou não elementos químicos que estão “escondidos” por elas” (Vieira, 2021, p. 106).

Por meio de um concurso anual em 1923 - um pouco antes de deixar a Inglaterra - que premiaria o melhor ensaio sobre o tema “o estado físico da matéria a altas temperaturas” é que surgiu a motivação de Payne em relação à análise física dos espectros, onde dados físicos conhecidos eram utilizados, e a sua relação com espectros estelares (Vieira, 2021).

Vieira, Massoni e Alves-Brito (2021) citam as três partes em que a tese de doutorado de Cecilia Payne está dividida:

A primeira traz uma revisão sobre conceitos centrais da Física Quântica e da Astrofísica, essenciais para a compreensão de sua pesquisa. Na segunda parte, é introduzida a teoria da ionização térmica de Saha e são estabelecidas relações com conceitos amplamente empregados na Astrofísica Estelar, como temperatura, pressão e suas implicações nas características dos espectros luminosos. Por fim, na terceira são explicitadas etapas que conduzem ao conhecimento da abundância relativa dos elementos químicos em diferentes estrelas (Vieira; Massoni; Alves-Brito, 2021, p. 5).

De acordo com os autores, a teoria atômica de Bohr foi usada por cientistas do Observatório de Harvard, inclusive Cecilia Payne, como base para a compreensão da origem dos espectros analisados, que apresenta diferentes arranjos dos elétrons em órbitas ao redor do núcleo atômico.

Um átomo em seu estado normal contaria com elétrons estáveis em suas órbitas. No entanto, existe a possibilidade de transição dos elétrons entre as diferentes órbitas, o que ocorre através da interação entre matéria e energia. Quando a luz visível ou outra forma de radiação é produzida no interior de uma estrela, é necessário que ela atravesse uma série de camadas da estrutura estelar até que seja ejetada para o espaço. Tais radiações, eventualmente, podem ser interceptadas por um observatório terrestre, o qual registra um espectro, uma imagem do contínuo do feixe de energia inerente às radiações presentes que, na época, era gravado sobre placas fotográficas (Vieira; Massoni; Alves-Brito, 2021, p. 5).

A tese de doutorado de Cecilia Payne, publicada em 1925, intitulada “*Stellar Atmospheres*” - Atmosferas Estelares - foi o primeiro trabalho quantitativo e abrangente, que contribuiu para o desenvolvimento da Astrofísica, como expõe a autora:

[...] A Astrofísica é o ramo da astronomia que estuda a natureza e evolução das estrelas e corpos celestes. Ela teve início quando as pessoas foram capazes de analisar a luz das estrelas, decompondo-a através de um prisma em seu espectro contínuo em comprimentos de onda, do vermelho ao violeta. O espectro de estrelas – e, dentre outras, do Sol – mostrava linhas escuras estreitas, que indicavam a presença de elementos químicos distintos. Esses elementos eram os mesmos encontrados na Terra. Uma ilustre exceção é o caso do hélio, que foi primeiro encontrado na atmosfera do Sol e somente depois na Terra. Nas primeiras décadas do século XX, astrofísicos

foram capazes de determinar a composição química exata das atmosferas estelares [...] (Stasińska, 2010, p. 678).

A repercussão de sua tese de doutorado não lhe trouxe reconhecimento profissional, por ser mulher. Além disso, Payne não foi escolhida para ser espectroscopista, função que sua tese lhe proporcionou experiência, e nem para ser astrônoma, pois, o presidente de Harvard não admitia mulheres em cargos de professoras e instrutoras (Vieira, 2021). O autor relata que, mesmo com a falta de oportunidades para progredir em seus estudos devido às imposições colocadas sobre as mulheres, em detrimento a um mundo paralelo de homens, e o atraso que se somou aos anos estagnada com as mesmas técnicas, à medida que novas eram criadas, foram aspectos que fizeram com que ela permanecesse à margem do avanço da Astrofísica, mesmo tendo feito uma contribuição muito importante nessa área.

O legado de Cecília Payne pode possibilitar reflexões sobre as adversidades que as mulheres enfrentaram e ainda enfrentam no mundo científico, além de inspirar as pessoas por seu exemplo de perseverança (Vieira, 2021). O autor coloca sobre a importância de promover um ensino com caráter crítico a docentes e estudantes e estender discussões que consideram a trajetória da astrônoma, valorizando o fato de se tratar de uma mulher cientista como contraponto à sua invisibilização e elucidando que tal aspecto também é parte indissociável do desenvolvimento das ciências.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Compreender como a História da Ciência se constituiu ao longo do tempo, com a evolução de conceitos e conhecimentos científicos, bem como com a existência de falhas e impasses que fazem parte da sua trajetória, é um ato importante, principalmente para os docentes, que são os agentes diretos a possibilitar o contato dos alunos com o conhecimento elaborado historicamente, e até mesmo testado cientificamente, para a evolução do conhecimento atual.

Nesse sentido, destacamos no texto algumas contribuições de mulheres cientistas para a formulação da composição química estelar, e analisamos brevemente como a condição de ser mulher transpassou a evolução e construção do fenômeno estelar, atravessando a história dentro dos limites ao longo do tempo.

Apesar da grande participação feminina na construção da Astronomia e do crescente destaque de mulheres em universidades e instituições de pesquisa, há registros de suas participações somente nos últimos três séculos. Foi e é constante a luta por reconhecimento, inserção e respeito no campo científico, pois só é possível ter conhecimento desses fatos a partir de minuciosas buscas bibliográficas. A partir da pesquisa bibliográfica desenvolvida, foi possível perceber situações de desigualdade na ciência, dificultando a ascensão de mulheres em relação a homens.

A história pode ser o resultado ou processo, depende de quem conta. Os estudos em Astronomia, que compõem a Física moderna, têm uma enorme participação feminina em sua construção, porém, não há o devido valor de suas contribuições em registros bibliográficos, espaços educacionais, processos de escolarização ou qualquer outra fonte ou dispositivo da educação formal.

Segundo Butterfield (1931, p. 46) a “história não é o estudo das origens; em vez disso, é a análise de todas as mediações pelas quais o passado se transformou no nosso presente”. Os fatores adjacentes que orbitam o surgimento dos fenômenos integram sua história a tal ponto em que é difícil saber até que ponto a ocorrência de um interferiu na existência de outro. Estudar esses percalços, obstáculos e condições revela a importância do estudo da História da Ciência: trazer à luz os reais fatos que proporcionam e culminam no conhecimento.

Cecilia Payne realizou estudos muito importantes na área da astronomia, destacando-se pelo trabalho com estrelas variáveis e os estudos de evolução e composição estelar. Porém, mesmo realizando uma excelente pesquisa com a sua tese de doutorado, por ser mulher, não teve a notoriedade e o reconhecimento que merecia. Devido aos grandes percalços enfrentados durante sua vida acadêmica e profissional, constituiu-se em um grande destaque da luta das mulheres no meio científico.

REFERÊNCIAS

BARROS, Magali Conceição de. As mulheres do Harvard College Observatory: Henrietta Swan Leavitt - a mulher que descobriu como medir a distância das galáxias. **Revista História da Ciência e Ensino: construindo interfaces**, São Paulo, v. 18, n. esp., p. 12 - 21, 2018. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/hcensino/article/view/37138>. Acesso em: 30 nov. 2023.

BUTTERFIELD, Herbert. *The whig interpretation of history*. London: G. Bell, 1931.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

KOYRÉ, Alexandre. **Estudos de história do pensamento científico**. Tradução de Márcio Ramalho. Rio de Janeiro: Forense Editora Universitária, 1982.

KRAGH, Helge. História da Ciência anacrônica e diacrônica. *In.*: KRAGH, Helge. **Introdução à historiografia da Ciência**. Porto: Porto Editora, 2001.

LAZZARINI, Ana Beatriz. SAMPAIO, Camilia Pierroti; GONÇALVES, Vitória Séllos; NASCIMENTO, Érica Regina Filletti; PEREIRA, Fabíola Manhas Verbi; FRANÇA, Vivian Vanessa. Mulheres na ciência: papel da educação sem desigualdade de gênero. **Revista Ciência em Extensão**, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 188 - 194, 2018. Disponível em: https://ojs.unesp.br/index.php/revista_proex/article/view/1717/2019. Acesso em: 30 nov. 2023.

LIMA, Telma Cristiane Sasso de; MIOTO, Regina Célia Tamaso. Procedimentos metodológicos na construção do conhecimento científico: a pesquisa bibliográfica. **Revista Katálysis**, Florianópolis, v. 10, n. esp., p. 37 - 45, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1414-49802007000300004>. Acesso em: 30 nov. 2023.

LINO, Tayane Rogéria; MAYORGA, Cláudia. As mulheres como sujeitos da ciência: uma análise da participação das mulheres na Ciência Moderna. **Revista Saúde & Transformação Social**, Florianópolis, v. 7, n. 3, p. 96 - 107, 2016. Disponível em: <https://incubadora.periodicos.ufsc.br/index.php/saudeetransformacao/article/view/4239>. Acesso em: 30 nov. 2023.

MARCHI, Magali Conceição de Barros de. **A contribuição de Annie Jump Cannon para a classificação espectral de Harvard**. 2017. 91 f. Tese (Doutorado em História da Ciência). Pontifícia Universidade Católica de São Paulo: São Paulo, 2017.

MARTINS, Roberto de Andrade. Introdução. A história das ciências e seus usos na educação. *In.*: SILVA, Cibelle Celestino (ed.). **Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino**. São Paulo: Livraria da Física, 2006.

MOURA, Breno Arsioli. O que é natureza da Ciência e qual sua relação com a História e Filosofia da Ciência? **Revista Brasileira de História da Ciência**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 1, p. 32 - 46, jan./jun. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.53727/rbhc.v7i1.237>. Acesso em: 30 nov. 2023.

NASCIMENTO, Lucas Albuquerque do; CARVALHO, Hermano Ribeiro de; SILVA, Boniek Venceslau da Cruz. A astronomia, a historiografia da ciência e os livros didáticos: uma história mal contada? **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 7, n. 5, p. 40 - 52, out./dez. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.26843/rencima.v7i5.1158>. Acesso em: 30 nov. 2023.

PAYNE, Cecilia Helena. *Stellar Atmospheres: a contribution to the observational study of high temperature in the reversing layers of stars*. 1925. 225 f. Tese. *Harvard Observatory: Cambridge*, 1925. Disponível em: <https://articles.adsabs.harvard.edu/pdf/1925HarMo...1.....P>. Acesso em: 10 out. 2023.

ROSA, Carlos Augusto de Proença. **História da Ciência: a Ciência e o Triunfo do Pensamento Científico no Mundo Contemporâneo**, v. 3, 2. ed., Brasília: FUNAG, 2012.

SILVA, Fabiane Ferreira da. **Mulheres na ciência: vozes, tempos, lugares e trajetórias**. 2012. 149 f. Tese (Doutorado em Educação em Ciências). Universidade Federal do Rio Grande: Rio Grande, 2012.

SILVA, Fabiane Ferreira da; RIBEIRO, Paula Regina Costa. Trajetórias de mulheres na ciência: “ser cientista” e “ser mulher”. **Revista Ciência & Educação**, Bauru, v. 20, n. 2, p. 449 - 466, abr./jun. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1516-73132014000200012>. Acesso em: 30 nov. 2023.

SITKO, Camila Maria. Panorama das pesquisas sobre a participação das mulheres na construção da astronomia nos séculos XIX e XX. **Periódico Horizontes**, Itatiba, v. 40, n. 1, p. e022023, 2022. Disponível em: <https://revistahorizontes.usf.edu.br/horizontes/article/view/1298>. Acesso em: 1 dez. 2023.

STASIŃSKA, Grażyna. Por que as estrelas são importantes para nós? Traduzido por Natalia Vale Asari. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 27, n. esp., p. 672 - 684, dez. 2010. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2010v27nespp672>. Acesso em: 1 dez. 2023.

TOSI, Lucía. Mulher e ciência: a revolução científica, a caça às bruxas e a ciência moderna. **Cadernos Pagu**, Florianópolis, n. 10, p. 369 - 397, 1998. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/cadpagu/article/view/4786705>. Acesso em: 10 jan. 2023.

VIEIRA, Patrese Coelho. **Uma estrela eclipsada na ciência: um resgate histórico de Cecilia Payne e seu papel na determinação da composição estelar**. 2021. 172 f. Tese (Doutorado em Ensino de Física). Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Porto Alegre, 2021.

VIEIRA, Patrese Coelho; MASSONI, Neusa Teresinha; ALVES-BRITO, Alan. O papel de Cecilia Payne na determinação da composição estelar. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 43, p. 1 - 11, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2021-0028>. Acesso em: 30 nov. 2023.

Submetido em: 25/09/2023
Aprovado em: 12/10/2023
Publicado em: 21/12/2023



Todo o conteúdo deste periódico está sob uma licença [Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/), exceto onde está indicado o contrário.