

MULHERES CIENTISTAS SILENCIADAS E O RESGATE HISTÓRICO DE CONTRIBUIÇÕES DA FÍSICA TEÓRICA BRASILEIRA SONJA ASHAUER (1923-1948)¹

Vitória Souza BESSA²
Licencianda em Física
IFSP/Câmpus São Paulo

André Batista Noronha MOREIRA³
Doutor em Ensino de Ciências/USP
Docente do Departamento de Física
IFSP/Câmpus São Paulo

RESUMO

É reconhecida, na área de ensino de ciências, a importância didática de abordagens históricas filosóficas. Muitos estudos apontam para as contribuições positivas de tais abordagens, entre elas, elucidar o caráter construtivo e histórico da ciência. Dentro desta temática, tem-se destacado os estudos sobre gênero e ciência, por exemplo, resgatando os nomes muitas vezes esquecidos de cientistas mulheres e suas contribuições. Além disso, também se sublinha a importância de destacar contribuições nacionais para a ciência. Na intersecção destes pontos, destaca-se a física brasileira Sonja Ashauer (1923-1948). Investigamos neste trabalho possíveis episódios de efeito Matilda para com a Ashauer em contribuições sobre o problema do elétron autoacelerado.

Palavras-chave: Efeito Matilda; Sonja Ashauer; Mulheres na Ciência.

Introdução

A importância da difusão da história da ciência, particularmente no âmbito educacional e ao público leigo, foi amplamente discutida ao longo dos últimos anos e consolida-se, hoje, como um consenso (ver MARTINS 2006; FORATO 2009). Tal importância, entre outros pontos, também reflete a preocupação com a considerável

¹ Trabalho derivado do projeto PIBIFSP de título “Mulheres cientistas silenciadas e o resgate histórico de contribuições à Física teórica da brasileira Sonja Ashauer: subsídios para enfraquecer estereótipos sexistas na ciência”. Orientador Prof. Dr. André Batista Noronha Moreira.

² Endereço eletrônico: vitoria.bessa@aluno.ifsp.edu.br

³ Endereço eletrônico: noronha@ifsp.edu.br

presença de concepções inadequadas sobre a ciência e os cientistas nos ambientes escolares e na sociedade como um todo (GIL PEREZ *et al.*, 2001). Tais concepções compõem um fenômeno alarmante, pois não contribuem para a formação de cidadãos críticos, esclarecidos e atuantes na sociedade e em seus problemas (PRAIA *et al.*, 2007), considerados objetivos importantes para o ensino (AIKENHEAD, 2006). A história da ciência seria uma das abordagens educacionais em ensino de Física que poderiam contribuir para com este problema. As potenciais contribuições educacionais da História da Ciência, segundo Matthews (1994), incluem a de “*humanizar as ciências e conectá-las a questões pessoais, éticas, culturais e políticas*”. Lederman (2007, p. 834) aponta que pela história da ciência pode-se compreender a ciência como um empreendimento humano, “*praticada em um contexto cultural maior e que seus praticantes [...] são produtos desta cultura.*”, e, ainda, que “*que a ciência afeta e é afetada por vários elementos e esferas intelectuais da cultura na qual está inserida.*”.

É por meio também da história da ciência, com efeito, que nota-se que a presença desproporcionalmente baixa de mulheres na ciência tem raízes históricas. Até o início do século XX, a ciência era culturalmente definida como uma carreira imprópria para mulheres, ressoando ideologias patriarcais, nas quais os homens estavam acima de toda estrutura de poder e definiam que, entre as únicas obrigações das mulheres, estaria cuidar dos afazeres domésticos e, conseqüentemente, da maternidade. Não raro, com a profissionalização da ciência, a mulher só poderia participar se fosse assistente de seu pai ou marido, mas sem deixar de desempenhar seu papel como mãe e esposa (ver SAITOVICH *et al.*, 2015). As divisões de gênero, amparadas então por ideologias patriarcais, são determinadas por meio das funções sociais, que se relacionam com o papel que cada indivíduo irá desempenhar na sociedade de acordo com o gênero que a ele foi designado no nascimento. As funções sociais são determinadas a partir da definição dualista de gênero que limita e inibe o ser humano. Em contraposição, vozes feministas, como de Beauvoir (2019), apontam que não se nasce mulher, mas sim *se torna* mulher, muito antes de ideologias patriarcais as classificarem e determinarem suas funções sociais.

Tais papéis ou funções sociais sempre foram barreiras que impediam as mulheres de participarem da produção científica, pois sempre foram tidas como ‘inferiores’ ou incapazes. Atribui-se a Hegel, por exemplo, a tese de que a mulher pode

ser educada, mas sua mente não é adequada às ciências mais elevadas, à filosofia e algumas das artes (ver LINHARES, 2018). Esta espécie de determinismo social-biológico foi usada por muito tempo para disseminar pensamentos similares, reafirmando os estereótipos sexistas e reforçando hierarquizações entre os gêneros, em geral tendendo à inferiorização da mulher. Para combater estereótipos sexistas e a ideia de papéis sociais, torna-se cada vez mais importante trazer ao conhecimento geral a existência e a importância de mulheres cientistas e suas contribuições extremamente relevantes que são esquecidas, como é o caso da física brasileira Sonja Ashauer.

Ashauer está entre as primeiras mulheres a graduar-se em Física pela antiga Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências da Universidade de São Paulo. Trabalhou como assistente de Gleb Wataghin (1899-1986), responsável pela implantação da seção de Ciências Físicas nesta mesma faculdade, e, em 1945, foi para Cambridge, Reino Unido, para doutorar-se, sob orientação do físico britânico Paul Dirac (1902-1984), Nobel de Física em 1933. Foi a primeira mulher brasileira a conquistar um título de doutorado em Física no exterior, com sua tese intitulada *Problems on Eletrons and Eletromagnetic Radiation* (Problemas com elétrons e radiação eletromagnética), sobre Eletrodinâmica Quântica, defendida no ano de 1948. O caso de Ashauer lembra a de outras importantes mulheres da ciência, como Madame Châtelet (1706-1749) e Emmy Noether (1832-1935), as quais, embora tenham contribuições importantíssimas, tendem a ser esquecidas se não houver um esforço desproporcional de lembrá-las — desproporcional, pois, provavelmente, seria menor caso se tratasse de nomes masculinos.

Neste trabalho, visamos identificar possíveis casos daquilo que é conhecido como Efeito Matilda. Segundo Rossiter, Efeito Matilda é a “*subvalorização sistemática de contribuições de mulheres para a ciência e literatura*” (ROSSITER, 1993, p.334). Este termo é uma homenagem à sufragista Matilda Joslyn Gage, que escreveu, em 1893, um ensaio para protestar contra as ideias dominantes da época, que insinuavam que uma mulher não teria a genialidade necessária para invenções.

Em busca do Efeito Matilda

Como metodologia inicial de pesquisa, realizaram-se leituras dos principais artigos de Sonja Ashauer publicados no período de seu doutoramento: *On the Self Accelerating Electron* (1947), *On the Classical Equations of Radiating Electron* (1948) e *Generalization of the Method of Separating Longitudinal and Transversal Waves in Electrodynamics* (1949). Apesar da grande complexidade matemática, utilizando inclusive símbolos e grafias hoje não usuais, foi possível identificar as potenciais contribuições originais de Ashauer, principalmente no que se refere às soluções não físicas do problema da força de reação. Tal análise dos artigos também serviu para identificarmos possíveis contribuições originais que poderiam ser atribuídas a outros autores. Para os objetivos específicos deste trabalho, nós focamos, especificamente, na análise do *paper* de 1947. As razões para essa especificidade refletem o fato de que a análise completa de todos os artigos foge dos escopos deste trabalho e da natureza da pesquisa em si.

Após a leitura do artigo de 1947 de Ashauer, foi iniciado o mapeamento de citações deste. Para fins de organização, denominamos de ‘primeira camada’ o conjunto de citações diretas de cada um dos artigos de Ashauer. A ‘segunda camada’ foi tomada como o conjunto de citações dos trabalhos que citaram Ashauer na primeira camada. A definição de camadas superiores segue este mesmo procedimento. Foram utilizadas as plataformas *Google Scholar* e o banco de dados da *Mathematical Proceedings of the Cambridge Philosophical Society*.

A lista abaixo contém as referências de citação da primeira e segunda camadas do trabalho de Ashauer (1947). Como proposta de organização, o primeiro número de identificação dos trabalhos abaixo (à esquerda) representa a camada de citação (1 = primeira camada, 2 = segunda camada). A letra de identificação após o número, representa a ordem cronológica de publicação do trabalho para aquela respectiva camada. É de se esperar que a partir da terceira camada, o mapa ‘divirja’ no número de citações, pela própria natureza da rede de referências.

On the self-accelerating electron (1947)

1.a. Ashauer, S. 1949. On the classical equations of motion of radiating electrons. *Mathematical Proceedings of the Cambridge Philosophical Society*, Vol. 45, Issue. 3, p. 463.

- 2.a. Sul moto di un elettrone investito da un impulso elettromagnetico istantaneo. R Cirelli - Il Nuovo Cimento (1955-1965), 1955 - Springer
- 2.b. A new model of classical electron. P Caldirola - Il Nuovo Cimento (1955-1965), 1956 – Springer
- 2.c. The classical theories of radiation reaction. T Erber - Fortschritte der Physik, 1961.
- 2.d. A relativistic theory of the classical electron. P Caldirola - La Rivista del Nuovo Cimento (1978-1999), 1979 – Springer
- 2.e. Introduction of a Quantum of Time ("chronon"), and its Consequences for Quantum Mechanics. RAH Farias, E Recami. 1997
- 2.f. Introduction of a Quantum of Time ("chronon"), and its Consequences for the Electron in Quantum and Classical Physics. RHA Farias, E Recami - Advances in Imaging and Electron Physics, 2010
- 2.g. Fundamental times, lengths and physical constants: Some unknown contributions by Ettore Majorana S Esposito, G Salesi - Annalen der Physik, 2010.
- 1.b. Steinwedel, Helmut 1953. Strahlungsdämpfung und Selbstbeschleunigung in der klassischen Theorie des punktförmigen Elektrons. Fortschritte der Physik, Vol. 1, Issue. 1, p. 1.
- 2.h. Nonlinear Meson Theory of Nuclear Forces. F Cap - Physical Review, 1954 - APS
- 2.i. Zur Hauptachsentransformation der Dipol-Hamiltonfunktion des freien und gebundenen Elektrons im elektromagnetischen Strahlungsfeld. H Steinwedel - Annalen der Physik, 1955 - Wiley Online Library
- 2.j. New method for the solution of the deuteron problem, and its application to a regular potential. F Cap, W Gröbner - Il Nuovo Cimento (1955-1965), 1955
- 2.k. Zur Theorie der Elementarteilchen. III. G Heber - Zeitschrift für Physik, 1956 - Springer
- 2.l. Some remarks on self-acceleration and similar effects in quantum field theory. K Wildermuth, K. e Baumann, K. - Nuclear Physics, 1957 – Elsevier
- 2.m. Can the S-matrix be generated from its lowest-order term? NG Van Kampen - Physica, 1957 - Elsevier

2.n. Spectral decomposition of the operator p^2-q^2 . NG Van Kampen - Physica, 1958 – Elsevier

2.o. The classical theories of radiation reaction. T Erber - Fortschritte der Physik, 1961 - Wiley Online Library

2.p. Hermiticity of Hamiltonians and existence of eigenstates in soluble field theories. WC Henneberger - Nuclear Physics, 1963 - Elsevier

2.q. The special theory of relativity and the problem of the universal constants. TG Pavlopoulos - Il Nuovo Cimento B (1965-1970), 1969 – Springer

2.r. Remarks concerning nonrelativistic Lorentz-Dirac equation. GN Afanasiev, VP Schpakov - 1978 - inis.iaea.org

2.s. Radiative corrections for extended charged particles in classical electrodynamics. WT Grndy Jr, A Aghazadeh - Annals of Physics, 1982 – Elsevier

2.t. Radiation damping forces and radiation from charged particles. NP Klepikov - Soviet Physics Uspekhi, 1985 - iopscience.iop.org

2.u. Limits on the applicability of classical electromagnetic fields as inferred from the radiation reaction. KT McDonald - arXiv preprint physics/0003062, 2000 - arxiv.org

A tabela abaixo contém sumariamente a contagem de citações para cada camada no mapeamento feito:

Tabela 1 — Citações a Ashauter por camada

	Primeira camada	Segunda camada	Terceira camada
Artigo de 1947	2	21	>100
Artigo de 1948	8	>100	>100
Artigo de 1949	0	-	-

Fonte: Autores

Com o mapa de citações construído (até a segunda camada), passou-se então para a etapa de leitura e análise dos artigos que citam Ashauer (1947), a fim de encontrar evidências ou mesmo de identificar possíveis episódios de Efeito Matilda.

Conclusão

Com base nas atividades desenvolvidas, descritas na seção anterior, alcançaram-se os seguintes resultados:

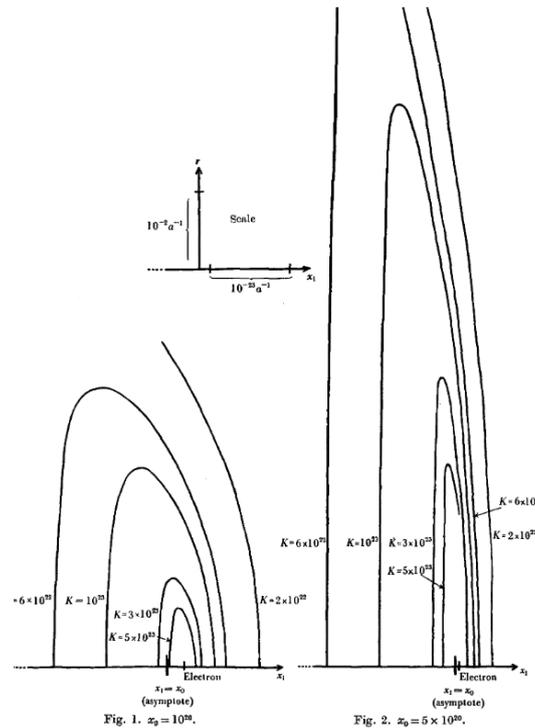
1. Evidenciamos o pioneirismo de Ashauer em resolver o problema da reação da radiação, usando o modelo de Dirac, para o caso de soluções ‘não físicas’.

Na análise deste *paper* de Ashauer, é possível identificar contribuições pioneiras, entre elas, a demonstração de características notáveis das chamadas “soluções não físicas” decorrentes do modelo de Dirac para força de reação e do problema do elétron auto acelerado. Com efeito, podemos listar sinteticamente algumas contribuições em *On the Self-Accelerating Electron*: 1) utilizar-se exclusivamente do formalismo quadridimensional relativístico, algo que nem todos os seus citadores (ou contemporâneos) faziam; 2) mostrar que uma escolha específica para as condições iniciais do problema do elétron auto acelerado pode levar a uma imagem ‘mais física’, pois o elétron tende à velocidade da luz (e não mais a uma velocidade infinita); 3) plotagem de um gráfico do módulo do potencial vetor para as condições descritas em problemas análogos (e também ainda não resolvidos) foram descobertos em outros campos, como na teoria da relatividade geral.

O próximo passo, com as principais contribuições de Ashauer destacadas, foi identificar possíveis ocorrências do efeito Matilda. Tomamos aqui a mesma definição estabelecida por Rossiter, de que efeito Matilda é a “subvalorização sistemática de contribuições de mulheres para a ciência e literatura” (ROSSITER, 1993, p.334).

2. A construção de um gráfico a princípio inédito do quadripotencial para um elétron muito rápido

Figura 1 — Gráficos do quadripotencial construídos e apresentados por Ashauer (1946)



Fonte: Ashauer (1946)

3. Com a análise das camadas de citações e dos trabalhos em si, encontramos pelo menos duas possíveis e sutis evidências de efeito Matilda para o caso de Ashauer. 1) Ainda na primeira camada, Steinwedel apresenta soluções exatas para o problema do elétron autoacelerado utilizando formalismo tridimensional. Contudo, ao discutir sobre as soluções ‘não físicas’ do problema, isto é, soluções em que a velocidade do elétron tende ao infinito (assim como a emissão de energia via radiação), Steinwedel comenta a possibilidade de “soluções fisicamente significativas” ao escolhermos condições iniciais específicas. Neste momento, porém, ele não cita Ashauer explicitamente, que contribuiu pioneiramente nesta questão específica. 2) Na segunda camada, Wildermuth e Balmann referenciam apenas Steinwedel (1953), sobre a ‘inevitabilidade’ da auto aceleração do elétron livre, já na introdução do artigo. No artigo de Ashauer (1947), porém, mostra-se que, mesmo para uma escolha ‘não usual’ de condições iniciais e também para uma aproximação assintótica das equações de movimento (algo que Steinwedel não explicita), o elétron livre também se autoacelera. Isto é, a contribuição de Ashauer é original — ‘complementar’

àquelas de Dirac, Steinwedel e outros —, porém, não é mencionada pelos autores.

Figura 2 — *Paper* do autor Steinwedel sobre Radiação de freamento e autoaceleração nas teorias clássicas de elétrons puntiformes (1953)⁴

**Strahlungsdämpfung und Selbstbeschleunigung
in der klassischen Theorie des punktförmigen Elektrons**

Von HELMUT STEINWEDEL

Einleitung

Sowohl die klassische Elektronentheorie als auch die Quantenelektrodynamik leiden unter den geläufigen Divergenzschwierigkeiten. Diese äußern sich nicht nur darin, daß die „Selbstenergie“ eines punktförmigen Elektrons divergiert, d. h. das Integral $\frac{1}{8\pi} \int \mathcal{E}^2 d\tau$ keinen endlichen Wert hat, wenn man für \mathcal{E} die elektrische Feldstärke eines Punktelektrons einsetzt, sondern sie geben weiterhin Anlaß zur sogenannten „Selbstbeschleunigung“ [DIRAC (1938), ELIEZER (1947)].

Die Selbstbeschleunigung hängt ihrerseits eng mit der „Strahlungsdämpfung“ und der „Eigenkraft“ zusammen. Ein beschleunigtes Elektron verliert ständig Energie durch elektromagnetische Strahlung; wenn der Energiesatz erfüllt sein soll, muß sich also ein Elektron der Masse m und Ladung e in einem

Fonte: Steinwedel (1953)

Figura 3 — *Paper* dos autores Wildermuth e Baumann sobre algumas considerações sobre a autoaceleração e efeitos similares na teoria quântica de campos (1957)⁵

**SOME REMARKS ON SELF-ACCELERATION AND SIMILAR
EFFECTS IN QUANTUM FIELD THEORY**

K. WILDERMUTH AND K. BAUMANN

CERN Theoretical Study Division at the Institute for Theoretical Physics,
University of Copenhagen

Received 1 February 1957

Abstract: Some examples of the appearance of self-acceleration effects in quantum field theory are examined. As opposed to the situation in classical theory, it turns out that whenever there are self-acceleration solutions, there are no solutions free from self-acceleration. In order to avoid self-acceleration, the structure of the theory has to be changed fundamentally. The principal change consists in the introduction of acausality.

1. Introduction

During the last few years, the physical reasons for the occurrence of electron self-acceleration in electrodynamics have been investigated in a number of papers¹⁻⁸). It turns out that in order to compensate for the infinitely large positive mass of the electromagnetic field for a point electron

Fonte: Wildermuth e Baumann (1957)

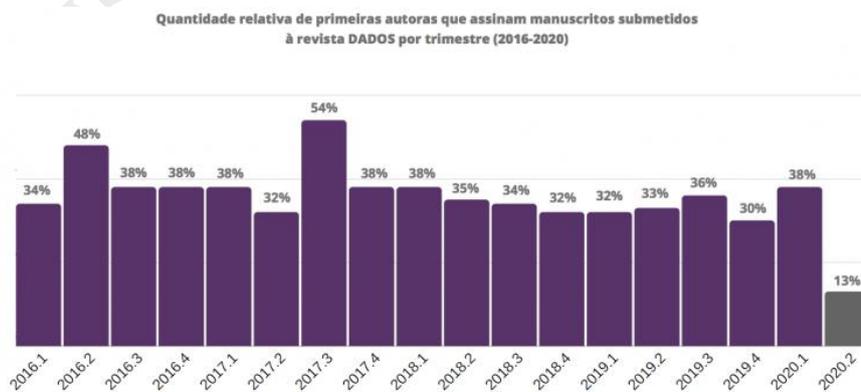
⁴ “Esta ‘autoaceleração’ obviamente torna inútil uma consideração exata da atenuação da radiação. Apenas nos casos em que os coeficientes dos termos exponenciais de interrupção desaparecem, ou seja, com condições iniciais adequadas, surgem soluções fisicamente significativas”.

⁵ Na teoria quântica de campos, nunca podemos desligar a interação entre as partículas e as flutuações de vácuo do campo. Portanto, podemos supor que cada estado de partícula resultará em um estado de autoaceleração (runaway). Isso significa, por exemplo, que mesmo os elétrons livres são sempre autoacelerados (isso já foi colocado por Steinwedel).

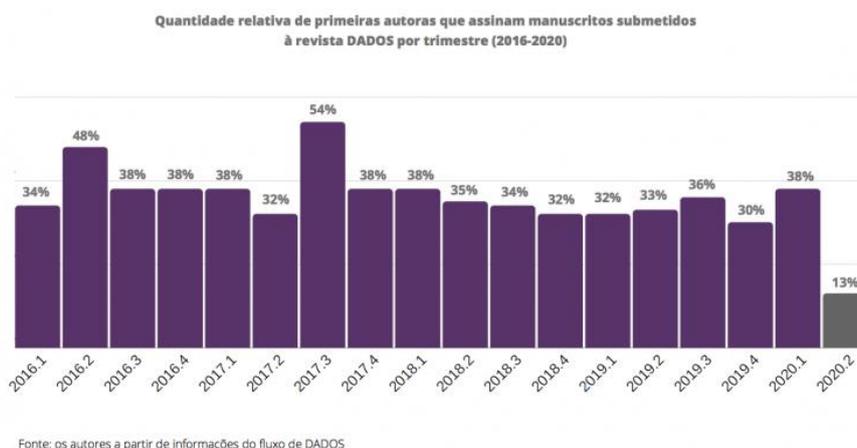
O efeito Matilda acontece, na maioria das vezes de forma sutil, como uma referência que não é feita ou uma contribuição científica que é atribuída a um homem. Esses casos passam despercebidos pela academia e contribuem no apagamento de mulheres cientistas. Existem diversos fatores que incentivam esse fenômeno, como a cultura patriarcal, notada já há séculos (por exemplo, com Trotula de Salerno). Devido a essa cultura, mulheres são apontadas como ‘menos produtivas’ que os homens e tendem a ser sub-representadas, ocupando um lugar de ‘assistentes’ (o que pode ser observado com casos históricos, como de Mary Horner Lyell, Emillie du Châtelet, entre várias outras).

O apagamento de mulheres cientistas e políticas baseadas em padrões de gênero não são casos isolados do século passado. Nos dias atuais, ainda existem empecilhos que dificultam a participação das mulheres no ramo científico. De acordo com a Organização dos Estados Ibero-Americanos (OEI) (TORKARNIA, 2019), as mulheres lideram com 72% a publicação de artigos, entretanto, os maiores cargos dentro da carreira continuam concentrados nas mãos dos homens. Outro exemplo que mostra explicitamente que os padrões de gênero são seguidos atualmente foi a mudança drástica nas publicações de mulheres, que diminuíram devido à crise do Sars-CoV-2, pois as atribuições domésticas aumentaram nesse período, fazendo com que as mulheres deixassem de se dedicar às pesquisas, em contrapartida, a publicação de homens aumentaram nesse mesmo período.

Figura 4 — Gráfico sobre a quantidade de publicações de mulheres nos períodos de 2016-2020



Fonte: os autores a partir de informações do fluxo de DADOS



Fonte: Cândido e Campos (2020)

Torna-se fundamental, pois, uma ampla discussão no meio educacional sobre os papéis de gênero, história da ciência e, principalmente, sobre a representação de cientista para mudar as concepções de gênero e, conseqüentemente, a cultura patriarcal, que limita a participação das mulheres em áreas que são classificadas como ‘masculinas’ e impróprias para elas.

Referências

AIKENHEAD, Glen S. *Science Education for Everyday Life*. New York and London: Teachers College Press, 2006.

ASHAUER, S. On the self-accelerating electron. *Mathematical Proceedings of the Cambridge Philosophical Society*, [s. l.], v. 43, n. 4, p. 506-510, 1947.

BEAUVOIR, S. *O segundo sexo*. Trad. Sérgio Milliet. 5ª ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2019.

CANDIDO, M. R.; CAMPOS, L. A. Pandemia reduz submissões de artigos acadêmicos assinados por mulheres. *Blog DADOS: Revista de Ciências Sociais*, [s. l.], 14 maio 2020.

FORATO, Thaís C. M. *A Natureza da Ciência como Saber Escolar: Um Estudo de Caso a Partir da História da Luz*. Tese de Doutorado, Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009.

GIL PEREZ, D.; MONTORO, I. F.; Alís, J. C.; CACHAPUZ, A. & Praia, J. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação*, 7(2), 125-153, 2001.

LEDERMAN, N. G. Nature of science: past, present and future. In: ABELL, S.K.; LEDERMAN, N.G. (ed.). *Handbook of Research on Science Education*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 2007. p. 831-880.

LINHARES, M. A textualização de suas (auto)representações e questões de gênero nas ciências. Tese de Mestrado, UFSC, Santa Catarina, 2018.

MARTINS, R. A. Introdução: a história das ciências e seus usos na educação. In: SILVA, C. C. (org.) *Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino*. São Paulo: Editora Livraria da Física. Pp. xvii-xxx, 2006.

MATTHEWS, Michael. *Science teaching: the role of history and philosophy of science*. Londres e Nova York: Routledge, 1994.

PRAIA, J., GIL PEREZ, D., & VILCHES, A. O papel da natureza da Ciência na educação para a cidadania. *Ciência & Educação*, 13(2), 141-156, 2007.

ROSSITER, M. The Matthew Matilda Effect in Science. *Social Studies of Science*, London, v. 23, p. 325-341, 1993.

SAITOVICH, E. *et al.* (org.). *Mulheres na Física: casos históricos, panorama e perspectivas*. São Paulo: Livraria da Física, 2015.

STEINWEDEL, H. Strahlungsdämpfung und Selbstbeschleunigung in der klassischen Theorie des punktförmigen Elektrons. *Fortschritte der Physik*, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 1-28, 1953.

TOKARNIA, M. Mulheres assinam 72% dos artigos científicos publicados pelo Brasil. **Agência Brasil**, Brasília, DF, 23 mar. 2019. Educação.

WILDERMUTH, K; BAUMANN, K. Some remarks on self-acceleration and similar effects in quantum field theory. *Nuclear Physics*, [s. l.], v. 3, n. 4, p. 612-623, 1957.

SILENCED SCIENTIST WOMEN AND THE HISTORICAL RESCUE OF CONTRIBUTIONS FROM THE BRAZILIAN THEORETICAL PHYSICIST SONJA ASHAUSER

ABSTRACT

The didactic importance of historical-philosophical approaches is recognized in the area of science education. Many studies point to positive contributions of this approach, like to elucidate the constructive and historical character of science. Within this topic, studies on gender and science have been highlighted, for example, rescuing the forgotten names of female scientists and their contributions. Besides, the importance of contrasting the national contributions to science is also significant. Between both themes, the Brazilian physicist Sonja Ashauer (1923-1948) is highlighted. In this research, we investigated cases of the Matilda effect that Ashauer possibly suffered in contributions to the self-accelerated electron problem

Keywords: *Matilda effect; Sonja Ashauer; Women in Science.*

Envio: janeiro/2021

Aceito para publicação: fevereiro/2021