

“Mulheres atômicas”

“Atomic women”

“Mujeres atômicas”

DOI: 10.54033/cadpedv21n12-265

Originals received: 10/29/2024

Acceptance for publication: 11/19/2024

Fabíola Guimarães Monteiro Lêdo

Doutoranda pelo Programa de Pós-graduação em Comunicação Social da Universidade Paulista

Instituição: Instituto de Estudos Avançados (IEAV)

Endereço: São José dos Campos, São Paulo, Brasil

E-mail: fabiolaledo72@gmail.com

Alexandre David Caldeira

Doutor em Tecnologia Nuclear pela Universidade de São Paulo

Instituição: Instituto de Estudos Avançados (IEAV)

Endereço: São José dos Campos, São Paulo, Brasil

E-mail: adcald31ra@gmail.com

Antonio Adami

Doutor em Semiótica e Linguística pela Universidade de São Paulo (USP)

Instituição: Universidade Paulista

Endereço: São Paulo, São Paulo, Brasil

E-mail: antonioadami@uol.com.br

RESUMO

Neste artigo aborda-se a participação das mulheres no desenvolvimento das bases da Energia Nuclear. É uma compilação dos aspectos relacionados à história de vida dessas mulheres com alguns aspectos da história da ciência, uma trajetória para a compreensão dos princípios básicos da ciência nuclear. Tratamos da historicização do campo com base teórica em Jonathan Tennenbaum, em relação ao histórico de consolidação da tecnologia nuclear. Trata-se de uma perspectiva da história nuclear. Tratamos da descoberta do Polônio por Marie Curie, de elementos científicos associados a componentes radiológicos, também discutimos um tempo brutal que levou ao desenvolvimento de armas destrutivas, protagonizadas em guerras que marcaram profundamente a história, inclusive nos dias atuais; também tratamos da revolução do átomo, momento em que ocorreu o maior avanço feminino nas ciências naturais, ou seja, a história das “mulheres atômicas” Marie Curie, Ida Noddack, Lise Meitner, Irène Curie, e o entendimento dos Números Mágicos do Prêmio Nobel, ao

mesmo tempo em que destacava-se o preconceito, onde o homem cultuava a superioridade do gênero masculino e não as capacidades tecno-científicas desenvolvidas para a sobrevivência humana e, por incrível que pareça, foram também empregadas para aniquilamento da mesma. Neste contexto ocorreram também importantes manifestações obtidas no campo das radiações que contribuíram de forma direta e indireta para a constituição de diversos conceitos de princípios atômicos que afligia o mundo, até chegar à característica básica da paixão dessas cientistas pelo desconhecido, pré-requisito da dedicação das pioneiras nucleares que cresceram, com todas as dificuldades que tiveram de vencer.

Palavras-chave: Mulheres Atômicas. Comunicação Científica. Marie Curie. Ida Noddack. Lise Meitner. Irène Curie.

ABSTRACT

This scientific article addresses the participation of women in the development of the foundations of Nuclear Energy. It is a compilation of aspects related to the life stories of these women with some aspects of the history of science, a trajectory towards understanding the basic principles of nuclear science. We address the historicization of the field based on Jonathan Tennenbaum's theory, in relation to the history of consolidation of nuclear technology. It is a perspective of nuclear history. We address the discovery of Polonium by Marie Curie, of scientific elements associated with radiological components, and we also discuss a brutal time that led to the development of destructive weapons, starring in wars that have profoundly marked history, including today; We also discuss the atom revolution, a time when the greatest female advance in the natural sciences occurred, that is, the history of the “atomic women” Marie Curie, Ida Noddack, Lise Meitner, Irène Curie, and the understanding of the Magic Numbers of the Nobel Prize, at the same time that prejudice stood out, where men worshipped the superiority of the male gender and not the techno-scientific capabilities developed for human survival and, oddly enough, were also used to annihilate it. In this context, there were also important manifestations obtained in the field of radiation that contributed directly and indirectly to the constitution of several concepts of atomic principles that afflicted the world, until reaching the basic characteristic of the passion of these scientists for the unknown, a prerequisite for the dedication of the nuclear pioneers who grew up, with all the difficulties they had to overcome.

Keywords: Atomic Women. Scientific Communication. Marie Curie. Ida Noddack. Lise Meitner. Irène Curie.

RESUMEN

Este artículo científico aborda la participación de las mujeres en el desarrollo de las bases de la Energía Nuclear. Es una recopilación de aspectos relacionados con las historias de vida de estas mujeres con algunos aspectos de la historia de la ciencia, una trayectoria hacia la comprensión de los principios básicos de la ciencia nuclear. Abordamos la historización del campo con base teórica en Jonathan Tennenbaum, en relación con la historia de consolidación de la

tecnología nuclear. Esta es una perspectiva de la historia nuclear. Abordamos el descubrimiento del Polonio por Marie Curie, elementos científicos asociados a componentes radiológicos, también analizamos una época brutal que propició el desarrollo de armas destructivas, llevada a cabo en guerras que han marcado profundamente la historia, incluso la actualidad; también nos ocupamos de la revolución del átomo, el momento en el que se produjo el mayor avance femenino en las ciencias naturales, es decir, la historia de las “mujeres atómicas” Marie Curie, Ida Noddack, Lise Meitner, Irène Curie y la comprensión de los Números Mágicos del Premio Nobel, al mismo tiempo que destacaba el prejuicio, donde los hombres adoraban la superioridad del género masculino y no las capacidades tecnocientíficas desarrolladas para la supervivencia humana y, por increíble que parezca, también eran utilizados para aniquilarlo. En este contexto, también se produjeron importantes manifestaciones obtenidas en el campo de las radiaciones que contribuyeron directa e indirectamente a la constitución de diversos conceptos de principios atómicos que aquejaron al mundo, hasta llegar a la característica básica de la pasión de estos científicos por lo desconocido, requisito previo por la dedicación de los pioneros nucleares que crecieron, con todas las dificultades que tuvieron que superar.

Palabras clave: Mujeres Atómicas. Comunicación Científica. Marie Curie. Ida Noddack. Lise Meitner. Irène Curie.

1 INTRODUÇÃO E DESENVOLVIMENTO

Nosso objetivo neste artigo é resenhar a obra Energia Nuclear – Uma Tecnologia Feminina, do escritor Jonathan Tennenbaum, doutor em matemática pela Universidade da Califórnia, que narra os resultados de diversas pesquisas na área de Energia Nuclear realizadas no início do século passado e, entre elas, a da Física e Química, da polonesa naturalizada francesa Marie Curie, que se alicerça sobre elementos científicos associados a componentes radiológicos, que aborda de forma analítica a descoberta dos elementos Rádio e Polônio em seus estudos, enfatizando as mais variadas e importantes manifestações obtidas no campo das radiações, e que contribuíram de forma direta e indireta para a constituição de diversos conceitos de princípios atômicos que afligiam e afligem o mundo. Portanto, este trabalho se justifica pela relevância social e científica e ainda como um resgate histórico, dada a importância dessas ‘mulheres atômicas’. É indiscutível a qualidade e a importância do trabalho de

Tennenbaum, na obra *Energia Nuclear – Uma Tecnologia Feminina*, que é resgatada neste artigo, em formato de resenha.

As descobertas de Marie Curie transcenderam fronteiras, tanto que em 1903 recebeu o Prêmio Nobel de Física em conjunto com seu marido Pierre Curie e com Henri Becquerel em virtude das descobertas obtidas no campo das radiações. Já em 1911 recebeu o Prêmio Nobel de Química por ter descoberto novos elementos químicos, o Rádium e o Polônio, o que a qualificou a falar ao público de qualquer país.

Jonathan Tennenbaum apresenta estudos que apontam a procura contínua da verdade, onde Richard Feynman, físico teórico americano conhecido pelo trabalho que fez na formulação integral da mecânica quântica, a teoria da eletrodinâmica quântica, a física da superfluidez do hélio líquido super-resfriado e na física de partículas, para a qual ele propôs o Modelo Parton, ele dizia que “se abruptamente, todo o conhecimento científico fosse destruído e apenas uma sentença pudesse ser passada para as gerações seguintes, diria que todas as coisas compõem-se de Átomos”. O átomo foi inicialmente concebido como uma ideia filosófica desenvolvida por Leucipo de Abdera e Demócrito de Abdera, em meados do Século V a.C., na Grécia Antiga (PORTO, 2013). Sua concepção se deu como uma oposição à escola dos Eleatas¹ (PORTO, 2013). Considerando que o prefixo “A” em grego da palavra Átomo é uma negativa, algo de um pedaço, entendido como a menor unidade de matéria para a visão da época. O átomo era tido como algo indivisível, não existia uma parte menor do que ele, assim ele era a menor parte de qualquer elemento, na visão da época. Hoje a tratativa mostra outro cenário, apesar de vir do grego, “indivisível”, sabe-se que o átomo é dividido em partículas menores, conhecidas como partículas subatômicas. Segundo Feynman, “essa sentença contém uma enorme quantidade de informações sobre o mundo”.

* A obra narra os resultados significativos de várias pesquisadoras, entre elas Marie Curie.

1 A **Escola Eleática** foi uma escola filosófica pré-Socrática que surgiu na cidade grega de Eleia (da antiga Magna Grécia), por volta do Século VI a.C. A Escola Eleática foi marcada por grandes filósofos: Parmênides de Eleia, Zenão de Eleia, Melisso de Samos, onde as questões filosóficas concentravam-se na comparação entre o valor do conhecimento sensível e o do conhecimento racional. Os Eleatas lidavam com os conceitos de “ser”, “não ser”, “movimento”, “tempo”, “espaço”, “continuidade”, e defendem a unicidade estática, um uno e eterno e imutável. De suas reflexões, resultou que o único conhecimento válido é aquele fornecido pela razão.

Numa incansável busca pelo entendimento, a história foca questões políticas, científicas e ideológicas, de nosso tempo. Tennenbaum nos leva ao ponto focal, numa viagem ao período trágico, aponta tempos brutais que levaram ao desenvolvimento de armas destrutivas, protagonizadas em guerras que marcaram e marcam profundamente a história ainda nos dias atuais. Cenários de guerra aos quais testemunhamos entre Ucrânia e Rússia, onde países como a Coreia do Norte amiúde anunciam o potencial de uso de armas nucleares em declarações políticas e estratégicas, não esquecendo do eterno perigo nuclear de países como o Iran, tudo aponta para o poder devastador das armas nucleares para destruição em massa e coerção geopolítica. Esse período, entretanto, mostrou-se um dos mais expressivos entre o gênero feminino, de acordo com pesquisas feitas pelo autor, onde muito mais do que uma simples descrição da participação das mulheres no desenvolvimento das bases da Energia Nuclear o autor destaca aspectos relacionados à história com efetivos aspectos da história da ciência. A revolução do átomo ocorreu ao mesmo tempo em que o maior avanço feminino nas ciências naturais e essa dupla revolução constitui o tema do livro de Tennenbaum.

A partir de então, este é um aspecto que ocupa a própria história da Energia Nuclear, e percebemos isso também em diversos documentários realizados a partir de trabalhos originais e recordações de mulheres, que participaram maciçamente do desenvolvimento da ciência. Por outro lado, a história “mulheres atômicas” nos leva ao ponto focal das questões ideológicas, políticas, sociais e ideológicas, ardoroso em várias sociedades ao redor do mundo contemporâneo.

Assim, as cientistas, ainda que de forma humana e contextualizada, mantinham-se associadas às características básicas do amor pelo desconhecido, quase como pré-requisito para a dedicação das bases da Energia Nuclear. Era clara também a influência das experiências familiares e de seus mestres, os quais exerceram forte notoriedade sobre elas. A história das “mulheres atômicas” Marie Curie, Ida Noddack e Lise Meitner, tornou-as em personalidades muito conhecidas da ciência, a partir da descoberta do Rádio e Polônio, do Mósório (Tecnécio) e Rênio, e do Protactínio, respectivamente.

Elementos que compõem a Tabela Periódica, referidos elementos descobertos por mulheres no período de tempo compreendido entre 1898 e 1939. Marie e Pierre Curie (1898), Rádio; Marie Curie (1898), Polônio; Lise Meitner e Otto Hahn (1918), Protactínio; Ida e Walter Noddack (1925), Rênio e Masório, hoje chamado de Tecnécio (Tc) por E. Segre e C. Perrier, que produziram artificialmente o elemento, após a comprovação de Noddack-Berg ter sido colocado em dúvida. Hoje, sabe-se que mais de nove elementos da Tabela Periódica foram descobertos por mulheres, que se decidiram por uma vida de pesquisas. As “mulheres atômicas”, foram mulheres resilientes de inúmeros preconceitos.

Segundo o autor, o famoso erro científico que levou a pesquisa atômica pelo caminho errado, numa fase decisiva, abriu caminho para a descoberta da fissão nuclear.

No entendimento dos Números Mágicos, no contexto do acalorado debate científico sobre a origem dos elementos, Maria Goeppet-Mayer e Edward Teller trabalhavam em uma nova estratégia, ou seja, deixar o “processo de bola de neve” em que os núcleos atômicos surgem passo a passo pela fusão de núcleos atômicos mais leves, e propõem, em 1946, que o processo inverso, a fissão nuclear, desempenha um papel essencial, “fluido nuclear” feito de matéria nuclear condensada, remetendo aos estudos de Ida Noddack e esposo. Assim, para melhor compreensão Maria e Edward Teller melhoram a versão do núcleo atômico, que se comprovou bom para esclarecer a fissão nuclear do urânio e outros fenômenos da Física Nuclear (LAMARSH, 1966). Descobertas surgem, Maria descobre uma regularidade, onde determinados números sempre aparecem ligados a núcleos estáveis, o qual durante seu discurso do Prêmio Nobel, ela os chama de “números mágicos”. Os números mágicos foram comprovados pelos novos conhecimentos e surgiram claramente e em todos os processos nucleares possíveis. Os números mágicos são iguais para prótons e nêutrons, são eles: 2, 8, 20, 28, 50, 82 e 126. Com os dados disponíveis, Maria se esforça e demonstra irrefutavelmente o fenômeno dos “números mágicos” e reúne os estudos numa publicação em 1948, *Physical Review*, revista especializada, onde seu artigo é lido por físicos nucleares do mundo todo.

A partir de então, os dados experimentais comprovaram o conceito dos “números mágicos”. Núcleos com números mágicos de nêutrons e/ou prótons pareciam corresponder aos gases nobres da química convencional, ou seja, o Hélio (2), Neônio (10), Argônio (18), Criptônio (36), Xenônio (54) e Radônio (86), sendo que eles não gostam de reagir com outras substâncias. O poder dos números atômicos ou de elétrons dos gases nobres – 2, 10, 18, 36, 54 e 86 são análogos aos “números mágicos” da Física Nuclear. Logo evidenciou que uma simples transposição da ideia de camadas eletrônicas completas para as condições do núcleo atômico não era viável.

Nos escritos sancionados, os “números mágicos” lembravam a estrutura de “casca de cebola” das órbitas eletrônicas no átomo, ideia que Maria se agarrou a ponto do famoso físico Wolfgang Pauli a apelidar de “a madona da cebola”. Fascinada pela Física Nuclear, Maria se dedicou tão intensiva e apaixonadamente à “estrutura de camada de cebola” do núcleo, que uma observação secundária de Fermi despertou a solução em sua cabeça. Reconhecendo na hora a relação forte das energias dos estados com a orientação do “spin” de que um próton ou nêutron no núcleo altera tanto os estados, que dá origem exatamente à série dos “números mágicos”.

Após a descoberta, em 1963, Maria Goeppert-Mayer recebeu o Prêmio Nobel sobre a estrutura de camadas do núcleo atômico. Um exemplo, Maria divide o prêmio com Hans Jensen, físico dinamarquês, que havia chegado independentemente ao significado do acoplamento entre “spin” e trajetória. Entrementes, escreveram um livro em conjunto – A Teoria Elementar da Estrutura Nuclear de Camadas, ao invés de brigarem um com o outro, o que logo se tornou um clássico da Física Nuclear.

Ao desenhar papéis cruciais no desenvolvimento da Energia Nuclear, Marie Curie, ganha voz ao revolucionar a Física Nuclear. Sua pesquisa abre caminho para o uso da radioatividade na medicina, com o tratamento do câncer, como também para a eventual aplicação da fissão nuclear na geração de energia elétrica.

Sobre o papel das mulheres na melhoria da sociedade, especificamente Irène Curie, Tennenbaum defende que talvez um dos trabalhos mais notáveis de

todos seja suas palavras ditas numa conferência radiofônica para alunos, em 1938, onde Irène declarou: “O que na verdade caracteriza a pesquisa em ciências naturais é o fato de que ela nos satisfaz uma curiosidade não egoísta. Esta é uma peculiaridade paradoxal, pois justamente esse tipo de trabalho leva no fim das contas às consequências práticas mais espetaculares”.

Ela ainda não suspeitava quão profundamente sua própria pesquisa transformaria o mundo. Sua mãe Marie Curie não viveu para ver como sua filha Irène foi distinguida em 1935 com o mesmo prêmio que ela recebera, a única por duas vezes por suas pesquisas. Em 4 de julho de 1934, Marie Curie morreu aos 66 anos. No ano seguinte, em 1935 Irène, sua filha, recebe o Prêmio Nobel juntamente com seu marido Frédéric Joliot, pela primeira produção artificial de elementos radiativos. Em seu discurso do Prêmio Nobel, Frédéric Joliot finaliza com especulações sobre as consequências possíveis da nova descoberta. Frédéric sugere primeiramente o uso futuro na medicina de substâncias radioativas produzidas artificialmente, uma esperança na época que depois se realizou plenamente. Em seguida aponta a perspectiva da transmutação dos elementos em larga escala e acena com a possibilidade de que em um dia poderia haver reações nucleares em cadeia. Ao final do discurso pede cautela aos pesquisadores atômicos ao considerar que se uma reação em cadeia atômica, uma vez desencadeada, se espalhasse para outras substâncias, arriscar-se-ia que toda a Terra fosse aniquilada numa única explosão cataclísmica, como retratada no filme *Oppenheimer* ao lidar com a **Física da fissão nuclear e reação em cadeia no Projeto Manhattan**. A pergunta que Oppenheimer faz no filme: **como intensificar esse processo capaz de gerar uma explosão? Obtendo a resposta:** Reação em cadeia. Onde o resultado final seria uma grande quantidade de energia liberada em sequência e de forma rápida. Em outras palavras, uma explosão imensurável. Nos cálculos, **haveria uma chance que a reação em cadeia não pararia, iniciando um processo na própria atmosfera que não teria fim**, queimando o planeta. O físico ao consultar Einstein para conferir seus cálculos, percebeu que havia um erro nos cálculos e a **chance da reação em cadeia continuar na atmosfera era próxima de zero**. Cenário catastrófico

felizmente infundado em pesquisas posteriores. As reações em cadeia de fissão nuclear autossustentadas, descobertas em seguida, limitam-se a algumas substâncias raras, isótopos do urânio do plutônio; elas só ocorrem sob condições extraordinárias e não se transmitem a outras substâncias (CALDEIRA, 2016). Diante de inúmeros entendimentos, Ida Noddack, no outubro de 1934, envia uma correspondência para Fermi. Ida tinha enviado um ensaio, que apareceu na revista *Angewandte Chemie*, (NODDACK, Ida, p.301-305, 1931) focada em questões da radioatividade, ali ela contesta as conclusões de Fermi, ao mesmo tempo em que coloca sua hipótese que fez história. Ida Noddack, famosa e atrevida química que ousou criticar o famoso Enrico Fermi. Hoje, o nome de Ida Noddack é lembrado em conexão com a história da fissão nuclear.

O autor, no decorrer de suas pesquisas, chegou à conclusão de que as façanhas científicas de Ida Noddack da fissão nuclear não foram nenhuma especulação maluca, mas sim embasadas em profundas e rigorosas reflexões. A pesquisa de Ida e Walter Noddack imbricam-se no sistema periódico dos elementos e assim na tradição de Mendeleiev. Ida defende sua visão no artigo sobre “O Sistema Periódico e suas Lacunas”, publicado na revista *Angewandte Chemie* (Ano 47, nº20, 1931), quatro anos antes do ensaio com a unidade crítica de Enrico Fermi e a hipótese sobre a fissão nuclear. A própria pesquisa de Ida é um excelente exemplo de que o sistema periódico foi e é fonte inesgotável de novas descobertas. Nessa linha Ida expressou a esperança e olhou para o futuro, ela acrescentou: “Pode-se prever que chegará o dia em que não se ficará mais contente com a descoberta de cada vez mais isótopos, mas se procurará interligar logicamente todos esses elementos dentro de um novo sistema natural. Essa nova sistemática vai ... nos deixar em posição – como no sistema de Mendeleiev de preencher as lacunas sobre a existência de indivíduos elementares ainda desconhecidos”. Nesse contexto, Tennembaum aborda em seu livro “A Economia dos Isótopos”, a existência de indivíduos elementares ainda desconhecidos. Num cenário de centenas de isótopos, na maioria gerada artificialmente, o uso comercial se faz presente em áreas que abrangem desde a medicina à preservação de alimentos. Sem o uso dos isótopos radioativos produzidos em reatores nucleares e aceleradores de partículas, a sociedade não

se beneficiaria dos incontáveis avanços no conhecimento dos processos que ocorrem no núcleo do átomo e nas tecnologias que a fissão e fusão nuclear prometem, com perspectivas de criação e utilização de novos isótopos em holísticas áreas com novas fontes de energia, abastecimento de água entre outros. Referida revolução científica, cultural, socioeconômica e tecnológica, com potencial de eliminar o equivocado conceito de “LIMITE” para o desenvolvimento da humanidade, Tennenbaum pautou “A Economia dos Isótopos”, fundamentado no livro.

“O domínio insipiente pelo homem do poder de transmutar elementos químicos e de criar novos estados da matéria que antes não existiam na Terra e, talvez nem mesmo no universo, demonstra uma vez mais que vivemos no universo de Platão e não no de Aristóteles. Trata-se de um universo em que os processos são primários, em que “nada é permanente, a não ser a transformação”, em que ao tratar de coisas tais como átomos e as assim chamadas partículas elementares, temos que falar, não sobre um “isto”, mas sobre um “assim” (como Platão escreveu no Timeu). Mais do que em qualquer “estado de fase” prévio da economia física da humanidade, o advento do que chamo “Economia dos Isótopos” significa uma situação em que a prática social terá que ser necessariamente orientada para “ideias verdadeiras”, para os princípios universais passíveis de descobertas que regem as mudanças e a evolução do universo, e não primordialmente para os objetos dos sentidos. Isto significa o fim do empirismo e do materialismo.- Jonathan Tennenbaum – no livro: A Economia dos Isótopos.

Por fim, foi a postura dura de Ida Noddack e sua compreensão profunda do sistema periódico como método de descoberta que permitiram ver os indícios de um processo nuclear na experiência de Enrico Fermi, que os físicos teóricos da época consideravam impossível.

Indo contra o desenvolvimento de alguns conhecimentos, uma nuvem de rumores maldosos persegue Ida, injúrias envenenam-se nos rumores ocasionalmente repetidos, de que Ida teria sido nazista, para isso não se encontrou a menor prova, nenhum indício nesta direção, mas sim na direção do preconceito, onde o homem cultua a superioridade do gênero masculino sobre o feminino, implicando em diversos segmentos, no sentido de “justificar” a soberania masculina. Pode-se supor que esses maus rumores foram ventilados para desacreditar Ida em suas brilhantes descobertas. Sobre o papel das mulheres na ciência, Tennenbaum defende que talvez o mais notável de todos

seja esse movimento covarde e machista iniciado contra a imagem de Ida Noddack. Ida Noddack, juntamente com Walter Noddack torna conhecida a descoberta do Rênio e do Masúrio.

Tennenbaum também relata a forma horrível como as capacidades tecnológicas, que foram desenvolvidas para a sobrevivência da vida humana, são empregadas para aniquilamento da mesma. Cita o macabro exemplo, que foi a guerra de gases, na qual Otto Hahn é envolvido. Pavoroso e chocante é saudado o início da guerra em parcelas da população. Esse começo fatal é vivido por Lise Meitner durante uma visita na Áustria. Numa carta Lise escreve: “A casa de minha mãe fica do lado da ferrovia, vejo diariamente milhares de homens se engajarem na guerra com um encantamento totalmente inacreditável. Os que ficam se esforçam para agradar os que partem com presentes voluntários. E a estação ferroviária mostra o dia todo um aspecto festivo e alegre. Oxalá traga o futuro o que o presente promete...”.

Em julho de 1915 Lise se alista voluntariamente no exército austríaco como enfermeira de raios X. No hospital do fronte em Lemburg ela escreve suas impressões da guerra em carta à botânica Elisabeth Schiemann. Agosto de 1915: “Ah!, Elisabeth, o que já tenho visto, não tinha imaginado que fosse tão horrível como é na realidade. E que dores terríveis padecem esses pobres homens, que no melhor dos casos vão sobreviver como aleijados. Não dá para não ouvir seus gritos e gemidos quando se vê os ferimentos horríveis, ..., vou me lembrar disso por muito tempo. Como estamos só a uns 40 km do fronte, naturalmente recebemos aqui os mais feridos. É o que digo a mim mesma para me consolar. Mas chega-se às próprias conclusões sobre a guerra quando se vê tudo isto.”

Já para Otto Hahn ela escreve: “A vida que levo o Sr. mal pode imaginar. Que a física exista, que eu mesma já tenha trabalhado como física ou que votarei a trabalhar, está tão longe de mim como se nunca tivesse existido e nunca mais pudesse voltar Já tirei mais de 200 radiografias, mas ainda sobra um tempo, que uso para ajudar na sala de cirurgia”. Licenciada do fronte, Lise retorna aos laboratórios e retoma as pesquisas que começara junto com Otto Hahn antes da guerra. Trata-se da continuação da pesquisa das séries de desintegração radioativa e em especial sobre a identidade da descoberta “substância máter” do

elemento Actínio, descoberto pelo colaborador de Curie, André Debierne. Com essa pesquisa, Lise e Otto aperfeiçoaram o método analítico que mais tarde seria importante para a demonstração da fissão nuclear. Com grande afinidade química, Otto Hahn foi mandado para frente ocidental e recrutado pelo famoso químico Haber para dispositivos defensivos e ofensivos de gases bélicos. Apesar da advertência de Hahn, em setembro de 1917, Otto retorna permanentemente para Dahlen, retoma às pesquisas e submete em março de 1918 ainda durante a guerra, com Lise Meitner, o artigo “A substância máter do actínio, um novo elemento radioativo de vida média longa” para a *Physikalische Zeitung*. O Actínio é obtido, na faixa de miligramas, pelo bombardeamento de núcleos de Rádio com nêutrons térmicos. Presente em amostras de urânio, obtido via bombardeamento de isótopos de Rádio com nêutrons térmicos. Suas aplicações ainda são restritas, mas se sabe que ele pode ser utilizado como fonte energética para espaçonaves e dispositivos que trabalham em regiões remotas, assim como o Actínio-225, ele é um potencial candidato para o tratamento de alguns tipos de câncer (CALDEIRA, 2015). Presente em amostras de urânio, obtido via bombardeamento de isótopos de Rádio com nêutrons térmicos. A referida substância remete aos misteriosos casos dos cidadãos russos suspeitos de espionagem em solo internacional, merece destaque a morte do ex-agente da FSB Alexander Litvinenko, morto em 2006 após suposto envenenamento com a substância radioativa, Polônio-210. Atualmente, acredita-se que o Po-210 seja o veneno mais letal da história real, usado pelos russos para eliminar desafetos, sendo administrado em chás. A dualidade da radiação surpreende na sua forma de apresentação negativa e positiva, como por exemplo, ao envolver a esterilização de insetos machos por radiação (EMMA, 2024), atributo e técnica que permite supressão dos mosquitos, grande promessa para prevenção futura da ameaça de doenças transmitidas por este inseto e controle de outras pragas em plantações.

Assim, no decorrer das descobertas, uma seção do livro é dedicada às cientistas que seguiram os passos de Curie. Marie Curie foi a primeira pessoa e a única mulher laureada duas vezes com o Prêmio Nobel, em dois campos científicos diferentes. Seus restos mortais estão depositados no Panteão de

Paris, sendo mais uma vez a primeira mulher a receber essa homenagem. Marie Curie, cientista de origem polonesa, revolucionou o estudo da radioatividade. Decidiu por uma vida de pesquisa, a despeito de todos os preconceitos e resistências, descobriu os elementos químicos Rádium e Polônio, nome dado em homenagem ao país onde nasceu. Marie Curie foi responsável pelo nascimento da Energia Nuclear, junto a Ida Noddack e Lise Meitner, “mulheres atômicas”.

2 CONCLUSÃO

Concluimos este artigo buscando demonstrar que o livro ora resenhado, de Tennembaum, é um documento precioso para a ciência, essencial para entendermos o papel dessas ‘mulheres atômicas’. O trabalho dessas cientistas apaixonadas pelas pesquisas atômicas e de seus colegas do sexo masculino, segundo o autor Tennembaum, permitiu expandir significativamente a possibilidade de continuar permanentemente a existência humana neste planeta e possivelmente em outros. Nesse contexto, vale citar que o Brasil é um dos 27 países signatários da parceria para implantação de uma base lunar e a preparação para futuras missões para Marte. A assinatura foi um registro simbólico do acordo firmado em setembro de 2023, com o objetivo de avançar no desenvolvimento de sistemas de produção e adaptação das espécies consideradas opções de base alimentar para humanos em condições fora da Terra. A base lunar permanente, segundo incentivo da NASA, tem o objetivo de usar os reatores para gerar energia nuclear, que alimentará a base lunar. O referido projeto da NASA de instalar reatores nucleares na Lua, cuja energia vai alimentar base de lançamento para Marte, estima ser construído em 2025 (ALVES, 2022).

Possibilidades reais, decisões humanas! O que o homem fará com essa possibilidade está agora em nossas mãos. O poder desse comportamento, apoiado cientificamente, permite ao ser humano, em igualdade de condições, com diferentes modelos, explicar distintas facetas do comportamento nuclear, conceitos que esperam por novos apaixonados desbravadores.

3 REFERENCIAL TEÓRICO E METODOLOGIA

A resenha compreende uma análise crítica e organizada da obra de Jonathan Tennenbaum, *Energia Nuclear – Uma Tecnologia Feminina*, fornecendo uma contextualização teórica e definindo os conceitos abordados pelo autor, numa abordagem descritiva ao oferecer um apanhado da obra, que é informativa na forma de expor algo relativo ao conteúdo. Dessa forma, por se tratar de uma pesquisa a respeito da história bibliográfica da área nuclear atômica, com base teórica social e cultural das mulheres pioneiras na área da Energia Nuclear, a pesquisa se desenvolve a partir de fonte documental biográfica do livro *Energia Nuclear – Uma Tecnologia Feminina*, de Jonathan Tennenbaum (2007), uma reflexão teórica baseada na história a respeito das contribuições das mulheres no desenvolvimento científico na área nuclear, ao apresentar suas principais ações e experiências, bem como seus legados. São mencionados, também, fatos atuais relacionados às contribuições das cientistas atômicas. As contribuições dessas mulheres guerreiras foi de tal forma grandiosa, dado o pioneirismo, que a Agência Internacional de Energia Atômica passou a desenvolver um programa de complementação para mulheres na área nuclear com o nome Marie Sklodowska Curie (KOUCHÉHBAGH, 2024).

REFERÊNCIAS

ALVES, Soraia. NASA quer instalar reatores nucleares na Lua; a energia vai alimentar base de lançamentos para Marte. Revista Época NEGÓCIOS. Julho 2022. <https://encurtador.com.br/yGeU5>.

CALDEIRA Alexandre David. O IEAv e o Prêmio Nobel da Paz de 2005, **Research Gate**, 2015.

CALDEIRA Alexandre David. **Sobre Dados Nucleares, Blindagem e Neutrônica**, Research Gate, 2016.

EMMA, Midgley. Escritório de Informação e Comunicação Pública da AIEA. **Técnica de inseto estéril usada para suprimir vetores de doenças de mosquitos na Flórida**. International Atomic Energy, junho de 2024. <https://encurtador.com.br/3OLQ3>

FEYNMAN, Richard P. **O que é uma Lei Física ?** Lisboa-Portugal: Gradiva, 2023.

KOUCHHEBAGH, Sara. **IAEA Department of Nuclear Energy**, Call For Applications: 2024 IAEA Marie Sklodowska-Curie Fellowship Programme, 12 Jul, 2024.

LAMARSH J. R. **Nuclear Reactor Theory**, Addison-Wesley Publishing Company, Inc. New York, USA (1966).

NODDACK, Ida Tacke. “Das periodische System der Elemente und seine Lucken”, **Angewandte Chemie**, ano 47, nº 20, 19 de maio de 1931, p.301-305.

PORTO, C.M. O atomismo grego e a formação do pensamento físico moderno. História da Física e Ciências Afins, Rev. Bras. Ensino Fis. 35 (4), 2013. <https://encurtador.com.br/Y0PQR>

TENNENBAUM, Jonathan. **A Economia dos Isótopos**. Rio de Janeiro: Capax Dei Editora Ltda, 2007.

TENNENBAUM, Jonathan. **Energia Nuclear – Uma Tecnologia Feminina**. Rio de Janeiro: Capax Dei Editora Ltda, 2007.