



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO, FILOSOFIA E
HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS**

LAURA SUED BRANDÃO SANTOS

**AS CONTRIBUIÇÕES DE ELISA FROTA-PESSÔA E
NEUSA AMATO PARA AS PESQUISAS EM RAIOS
CÓSMICOS NO BRASIL E SUAS IMPLICAÇÕES
PARA O ENSINO DE FÍSICA**

Salvador
2023

LAURA SUED BRANDÃO SANTOS

**AS CONTRIBUIÇÕES DE ELISA FROTA-PESSÔA E
NEUSA AMATO PARA AS PESQUISAS EM RAIOS
CÓSMICOS NO BRASIL E SUAS IMPLICAÇÕES PARA O
ENSINO DE FÍSICA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências da Universidade Federal da Bahia/Universidade Estadual de Feira de Santana como requisito para a obtenção do título de Doutora em Ensino, Filosofia e História das Ciências.

Área de concentração: História das Ciências

Orientadora: Profa. Dra. Indianara Silva

Salvador
2023

Santos, Laura Sued Brandão.

As contribuições de Elisa Frota-Pessôa e Neusa Amato para pesquisas em raios cósmicos no Brasil e suas implicações para o ensino de física [recurso eletrônico] / Laura Sued Brandão Santos. - Dados eletrônicos. - 2023.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Indianara Lima Silva.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal da Bahia. Faculdade de Educação. Programa de Pós- Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, Salvador, 2023.

Programa de Pós-Graduação em convênio com a Universidade Estadual de Feira de Santana.

Disponível em formato digital.

Modo de acesso: <https://repositorio.ufba.br/>

1. Mulheres na ciência. 2. Crítica feminista. 3. Mulheres na ciência - História. 4. Mulheres cientistas. 5. Ciência - Historiografia. 6. Ciência - Brasil. 7. Raios cósmicos. I. Silva, Indianara Lima. II. Universidade Federal da Bahia. Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências. III. Universidade Estadual de Feira de Santana. IV. Título.

CDD 500.82 - 23. ed.

FOLHA DE APROVAÇÃO

LAURA SUED BRANDÃO SANTOS

AS CONTRIBUIÇÕES DE ELISA FROTA-PESSÔA E NEUSA AMATO PARA AS PESQUISAS EM RAIOS CÓSMICOS NO BRASIL E SUAS IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO DE FÍSICA

Tese apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Doutora em Ensino, Filosofia e História da Ciência, Faculdade de Educação, da Universidade Federal da Bahia.

Salvador, 20 de outubro de 2023.


Banca Examinadora



PROF.^a DR.^a INDIANARA LIMA SILVA – ORIENTADORA
UEFS



PROF. DR. JOSÉ EDUARDO FERRAZ CLEMENTE – MEMBRO EXTERNO
UNIVASF



PROF. DR. SÉRGIO LUIZ BRAGATTO BOSS – MEMBRO EXTERNO
UFRB



PROF.^a DR.^a CLÁUDIA SEPÚLVEDA – MEMRBO INTERNO
UEFS



PROF.^a DR.^a LETÍCIA DOS SANTOS PEREIRA – MEMBRO INTERNO
UFBA

Dedico esta tese aos meus avós. Em especial, meu avô Belo (*in memoriam*) que sempre me incentivou a estudar e percorrer o caminho do bem.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus e a espiritualidade, pela força, ânimo e coragem durante toda esta longa caminhada.

À minha família, primeiramente a minha mãe pela dedicação de sua vida em prol da minha, sempre torcendo e vibrando pelas minhas conquistas. As minhas tias tão queridas e amadas, Martha e Sara que se fizeram presente ao longo de toda esta linda e árdua jornada. A minha prima, Maria de Jesus (Zui) que me abraçou como uma filha, assim como toda a sua família na reta final desse trabalho. Ao meu namorado Alexandre, que surgiu juntamente no início dessa caminhada, sempre se fazendo presente em sua compreensão e parceria.

Agradeço também com muita admiração e respeito a minha orientadora Dra. Indianara Silva, que tivera paciência e carinho comigo e com a minha escrita. Peço a espiritualidade que você continue conduzindo, ainda mais o seu trabalho, com muita maestria e elegância, despertando em muitas mulheres cientistas (e não cientistas) o desejo e amor pela pesquisa. Obrigada, Indi por tudo.

Quando olhamos para o nosso lado e vemos pessoas que estão sempre presentes, aquelas pessoas que nunca nos deixam desanimar, só podemos estar gratos. Amigas que nos dão palavras de coragem e que lutam para nos ver felizes são raros hoje em dia. E eu tive a sorte de encontrar vocês, Carolina, Fernanda e Tainã que são luzes para meu caminho e tesouro para os meus dias.

“E ainda que tivesse o dom de profecia, e conhecesse todos os mistérios e toda a ciência, e ainda que tivesse toda a fé, de maneira tal que transportasse os montes, e não tivesse amor, nada seria”. 1 Coríntios 13:2.

Agradeço também aos colegas e amigos que fiz no grupo de pesquisa LAHCIC, bem como, o mestre Olival Freire que tenho uma super admiração pelo seu trabalho e comprometimento com a História da Física. O meu muito obrigada, Olival.

Os meus sinceros agradecimentos as instituições de ensino e principalmente, aos colegas de profissão e gestores do IF BAIANO campus Itapetinga e ao Polivalente da cidade de Camacã, que desde sempre demonstraram respeito e paciência com o meu trabalho de pesquisa, me possibilitando estudar e finalizar a escrita.

É com profunda gratidão que expresso meus sinceros agradecimentos aos ilustres professores e respeitados pesquisadores doutores Sérgio Boss e José Eduardo Clemente, que generosamente aceitaram o convite para integrar a banca examinadora deste importante marco em minha jornada acadêmica. Em especial, desejo estender meu apreço ao professor Sérgio, cuja presença constante e apoio incansável moldaram meu percurso de maneira indelével. Seu comprometimento e dedicação à minha trajetória acadêmica foram fontes de inspiração inestimáveis. Da mesma forma, agradeço calorosamente à professora e pesquisadora doutora Letícia Pereira, não apenas por sua participação fundamental nesta banca, mas pela sua gentileza e atenção durante os últimos anos de convívio no LAHCIC. Ademais, gostaria também de agradecer à professora Doutora Cláudia Sepúlveda, por ter me motivado, inicialmente, a trabalhar com a história de mulheres nas ciências e de me conduzir à essa incrível jornada. Este momento sublime é, em grande parte, reflexo do apoio e orientação desses incríveis professores e pesquisadores. Muito obrigado por fazerem parte desta conquista significativa em minha vida acadêmica.

Gostaria de agradecer também a profa. Dra. Anna Maria Endler que abriu as portas de sua casa para me receber e contribuir com diversas informações para essa pesquisa, e ainda, incentivar, a partir da sua trajetória, o seu legado e contribuições significativas para as práticas experimentais em Raios Cósmicos, impulsionando o trabalho de meninas e mulheres nas ciências.

Ao professor Augusto Videira por me receber no CBPF e a equipe do MAST em especial, a Michelle, que organizou com muito esforço e dedicação o arquivo da Elisa Frota-Pêsoa. Ao professor Cássio Vieira pelo incentivo e pelo envio de fontes primárias e secundárias que contribuíram significativamente para o enriquecimento da escrita deste trabalho. Aos professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências.

À CAPES e ao CNPQ pelo incentivo financeiro à pesquisa.

"[...] espero que minha história sirva para mostrar que uma mulher pode ser o que ela quiser, mesmo que, por vezes, os caminhos sejam tortuosos ou tenham obstáculos. Meu conselho: não desista. Tenha perseverança. Adicione paixão à sua intuição e siga em frente."

Anna Maria Freire Endler (2021)

RESUMO

Este trabalho se dedica a apresentar contribuições de mulheres cientistas, especificamente duas mulheres brasileiras, a compor uma possível rede de especialistas na área de Raios Cósmicos. Além disso, discutimos sobre de que maneira o trabalho desempenhado por elas nos laboratórios do Brasil trouxe significativos avanços científicos para a Física Experimental no Brasil. Para isso, esta tese divide-se em três estudos paralelos e complementares. O primeiro estudo visa contribuir para uma nova história da institucionalização da física no Brasil a partir das contribuições e da biografia da física Neusa Amato para as pesquisas físicas experimentais realizadas nos laboratórios de emulsões nucleares no Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF). O segundo, seguindo o mesmo compromisso de visibilizar a História das mulheres na física brasileira, tem como objetivo apresentar a trajetória e as colaborações de Elisa Frota-Pessôa. O terceiro e último artigo, finalmente, explora uma perspectiva epistemológica feminista para, a partir das trajetórias de Neusa e Elisa, identificar e teorizar acerca do fenômeno do apagamento histórico de mulheres nos currículos escolares brasileiros de física, o qual passamos a nomear *Efeito Elisa*. Como uma possível forma de minimizar este efeito, foram propostos Princípios de Design para a criação de Sequências Didáticas de Raios Cósmicos no Ensino Médio, visando incorporar diversidade social e promover equidade de gênero aos currículos do Ensino Médio. Esperamos que esta pesquisa preencha lacunas nas temáticas de Gênero e História das Ciências no Brasil, destacando o papel das mulheres na construção científica e, especificamente, na física de Raios Cósmicos.

Palavras-chave: Crítica Feminista da Ciência. Epistemologias Feministas. História das Mulheres nas Ciências. Historiografia das Ciências no Brasil. Raios Cósmicos.

ABSTRACT

This work is dedicated to presenting contributions from women scientists, specifically two Brazilian women, to form a possible network of experts in the field of Cosmic Rays. Furthermore, we discussed how the work carried out by them in laboratories in Brazil brought significant scientific advances to Experimental Physics in Brazil. To this end, this thesis is divided into three parallel and complementary studies. The first study aims to contribute to a new history of the institutionalization of physics in Brazil based on the contributions and biography of physicist Neusa Amato to the experimental physics research carried out in the nuclear emulsion laboratories at the Brazilian Center for Physical Research (CBPF). The second, following the same commitment to making the History of women in Brazilian physics visible, aims to present the trajectory and collaborations of Elisa Frota-Pessôa. The third and final article, finally, explores a feminist epistemological perspective to, based on the trajectories of Neusa and Elisa, identify and theorize about the phenomenon of the historical erasure of women in Brazilian school physics curricula, which we now call the Elisa Effect. As a possible way to minimize this effect, Design Principles were proposed for the creation of Cosmic Ray Didactic Sequences in High School, aiming to incorporate social diversity and promote gender equity in High School curricula. We hope that this research fills gaps in the themes of Gender and History of Science in Brazil, highlighting the role of women in scientific construction and, specifically, in Cosmic Ray physics.

Keywords: Feminist Critic of Science. Feminist Epistemologies. History of Women in Science. Historiography of Sciences in Brazil. Cosmic Rays.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC - Base Nacional Comum Curricular
CBJ - Colaboração Brasil – Japão
CBPF - Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas
CERN - European Organization for Nuclear Research
CGR - Cosmologia, Gravitação e Relatividade
CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
DBR - *Design Based Research*
FEX - Física Experimental de Altas Energias
FFCL - Departamento de Física da Faculdade de Filosofia Ciências e Letras
FNFi - Faculdade Nacional de Filosofia
FPE - Fenomenologia das Partículas Elementares
GEMAA - Grupo de Estudos Multidisciplinares da Ação Afirmativa
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LPM - Laboratório de Produção Mineral
MAST - Museu de Astronomia e Ciências Afins
MIT - Instituto de Tecnologia de Massachusetts
NASA - National Aeronautics and Space Administration
NdC - Natureza da Ciência
PNLD - Programa Nacional do Livro e do Material Didático
PUC - Pontifícia Universidade Católica
QCD - Cromodinâmica Quântica
RC - Raios Cósmicos
SD - Sequência Didática
TD - Transposição Didática
TQC - Teoria Quântica de Campos
UDF - Universidade do Distrito Federal
UFBA - Universidade Federal da Bahia
UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro
UnB - Universidade Nacional de Brasília
UNESCO - Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura
USP - Universidade de São Paulo

LISTA DE IMAGENS

Imagem 1 - Frequentadores do CBPF.....	22
Imagem 2 - Prof. Fujimoto, um dos líderes japoneses da Colaboração Brasil-Japão. Foto tirada na revelação da Bola de Fogo em Campinas 1969.....	36
Imagem 3 - A microscopista Teresinha, Professor Arata e Professora Neusa - CBPF março de 1997.....	42
Imagem 4 - Invoice de pedido para o laboratório de emulsões nucleares feito por Elisa no ano de 1990.....	80
Imagem 5 - Orçamento para pagamento das microscopistas do CBPF elaborado por Elisa Frota-Pessôa para o ano de 1965.....	81
Imagem 6 - Plano de carreira de microscopista elaborado por Elisa Frota-Pessôa. Ano desconhecido.....	82
Imagem 7 - Carta de convite de 1963 feita por alunas mulheres, convidando Elisa Frota-Pessôa para ser a patrona da turma de ciências do nível ginásial.....	90
Imagem 8 - A Carta de Resistência e Inovação de Elisa Frota-Pessôa: Unindo o CBPF e a FNFi em Tempos Difíceis.....	93

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	5
RESUMO	8
ABSTRACT	9
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	10
LISTA DE IMAGENS	11
INTRODUÇÃO	14
AS MULHERES NA HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS: UMA BREVE CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICO-EPISTEMOLÓGICA DO PANO DE FUNDO DESTA PESQUISA	14
JUSTIFICATIVA DA TESE	17
DUAS MULHERES PIONEIRAS: ELISA E NEUSA PARA UMA NOVA CONTRIBUIÇÃO NA FÍSICA DE RAIOS CÓSMICOS NO BRASIL	20
OBJETIVO GERAL DA TESE	23
APRESENTAÇÃO DOS CAPÍTULOS	26
ARTIGO I: NEUSA AMATO E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA AS PESQUISAS EM RAIOS CÓSMICOS NO BRASIL	28
1.1 INTRODUÇÃO	29
1.2 HISTÓRIA, GÊNERO E CIÊNCIAS: A PARTICIPAÇÃO DE NEUSA AMATO NA HISTÓRIA DA FÍSICA NO BRASIL	31
1.3 NEUSA AMATO: NOTAS BIOGRÁFICAS	37
1.4 NEUSA E O CENTRO BRASILEIRO DE PESQUISAS FÍSICAS (CBPF)	42
1.5 AS CONTRIBUIÇÕES DE NEUSA AMATO PARA A FÍSICA EXPERIMENTAL NO BRASIL	48
1.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	56
1.7 REFERÊNCIAS	61
ARTIGO II: ELISA FROTA-PESSÔA E AS EMULSÕES NUCLEARES NO BRASIL	65
2.1 INTRODUÇÃO	65
2.2 ELISA FROTA-PESSÔA: TRAJETÓRIA E CONTRIBUIÇÕES PARA A CIÊNCIA NACIONAL	67

2.3 ELISA E O CENTRO BRASILEIRO DE PESQUISAS FÍSICAS	71
2.4 ELISA E OS RAIOS CÓSMICOS: A REPERCUSSÃO DOS ESTUDOS NA COMUNIDADE INTERNACIONAL	82
2.5 ELISA E O ENSINO DE FÍSICA NO BRASIL	89
2.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	95
2.7 REFERÊNCIAS	96
ARTIGO III: O EFEITO ELISA E O ENSINO DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO: INSPIRAÇÕES FEMINISTAS E PRINCÍPIOS DE DESIGN PARA A INSERÇÃO DAS CONTRIBUIÇÕES DE FÍSICAS BRASILEIRAS PIONEIRAS EM RAIOS CÓSMICOS NOS CURRÍCULOS ESCOLARES	101
3.1 INTRODUÇÃO	102
3.2 CURRÍCULO E GÊNERO: A IDENTIFICAÇÃO DE UM NÃO-LUGAR DAS CONTRIBUIÇÕES DE MULHERES NAS CIÊNCIAS	108
3.3 AS CONTRIBUIÇÕES DE NEUSA AMATO E ELISA FROTA-PESSÔA PARA A FÍSICA EXPERIMENTAL NO BRASIL	122
3.4 EFEITO ELISA: UMA ANÁLISE HISTÓRICA E EPISTEMOLÓGICA SOBRE O FENÔMENO DA INVISIBILIZAÇÃO ESTRUTURAL DE MULHERES CIENTISTAS NOS CURRÍCULOS DE FÍSICA	124
3.5 PRINCÍPIOS DE DESIGN E A PERSPECTIVA DE GÊNERO NA CONSTRUÇÃO DE SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS EM FÍSICA DE RAIOS CÓSMICOS	130
3.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	146
3.7 REFERÊNCIAS	1141
CONSIDERAÇÕES FINAIS	141
REFERÊNCIAS	152
ANEXO I - CADERNO DE IMAGENS	154

INTRODUÇÃO

As mulheres na História das Ciências: uma breve contextualização histórico-epistemológica do pano de fundo desta pesquisa

Ao longo do desenvolvimento da humanidade, distinções de gênero foram geradas a fim de enaltecer a supremacia masculina em inúmeros campos do conhecimento. A Ciência, como um instrumento de poder, também não se configurou diferente - ainda hoje, mesmo com todas as lutas dos movimentos feministas pela igualdade entre gênero, as mulheres passam por inúmeras dificuldades para ter reconhecimento no ambiente científico (KELLER, 2006; SCHIEBIENGER, 2001).

Cumprir ressaltar que essa história é recente, construída em meio a relações de poder promulgadas e perpetuadas pelo caráter hegemônico da produção do conhecimento científico como sendo, com algumas poucas exceções, atribuído aos homens brancos e ocidentais (SCHIEBINGER, 2001; PERROT, 2007; SOIHET, 1998).

Desse modo, torna-se imprescindível discutir e lançar luz às contribuições das mulheres na Ciência e suas trajetórias ao longo da História do desenvolvimento científico, compreendendo essa tarefa como parte de uma agenda de luta maior: a histórica luta feminista. A participação das mulheres nas atividades científicas é um tema extremamente urgente e instigante aos estudos de Gênero e História da Ciência. Tal temática apresenta-se de fôlego e relevância a partir das discussões acerca da Ciência ter se estruturado historicamente em bases masculinas, que tanto excluiu as mulheres, como também negou suas participações e produções científicas a partir de discursos e práticas patriarcais.

Nesse sentido, concordamos com a filósofa feminista bell hooks, no sentido de que “a futura luta feminista precisa ser solidamente alicerçada no reconhecimento da necessidade de erradicar os fundamentos e as causas culturais do sexismo e de outras formas de opressão social” (HOOKS, 2019, p. 66). Para a autora, enquanto não desafiarmos e erradicarmos essas estruturas filosóficas patriarcais, “nenhuma reforma feminista terá impacto duradouro” (*op. cit.*).

Nesse mesmo sentido proposto por bell hooks, podemos afirmar, portanto, que nenhuma reforma feminista na Ciência será duradoura enquanto não erradicarmos as estruturas sexistas que sustentam a própria concepção moderna de Ciência. Um bom ponto de partida para avançarmos nesta agenda vem a ser a identificação e a construção de uma História das Mulheres na Ciência. A visibilização da História das Mulheres é indispensável para a emancipação das mulheres, uma vez que foi negado a nós ter um passado, como se não tivéssemos histórias, memórias nem precedentes. De acordo com Aronovich (p. 25, 2019), a “negação das mulheres à própria história reforça sua aceitação à ideologia do patriarcado e destrói a autoestima individual da mulher”. O patriarcado desvaloriza as experiências das mulheres. O conhecimento produzido por nós torna-se “intuição” e, as conversas, meras “fofocas”. Observa-se que tais aspectos podem ser relacionados à forma como homens e mulheres são socializados a partir das características designadas a cada gênero e, conseqüentemente, às formas de inserção das mulheres no trabalho e na Academia, impondo a elas, compulsoriamente, profissões que seriam “ideais”, de acordo com esses estereótipos sexistas (SCHIEBINGER, 2001).

De forma geral, a Ciência, durante muitos anos, se revelou como sendo um território hegemonicamente masculino e tal situação não se deve apenas ao fato da percepção de que as mulheres são seres menos capazes do que os homens, mas, também, da terrível condenação ao silêncio que nos confinou a estar somente nos espaços privados, à mercê da esfera doméstica. De acordo com tal cenário, as mulheres enfrentaram e enfrentam dificuldades e desafios provenientes da marginalização do mundo científico no que diz respeito à produção de conhecimento. Essa situação agravante é resultado da própria construção da Ciência, balizada pelos parâmetros masculinos da sociedade ocidental como um todo (PERROT, 2007; SAFFIOTI, 1991).

Desse modo, torna-se impossível falar sobre a presença das mulheres na Ciência sem falar sobre a História das Mulheres que, assim como os homens, sempre foram sujeitos agentes da História. As mulheres, que são a metade e, às vezes, até mais da metade da humanidade, sempre compartilharam o mundo do trabalho tal qual os homens, revelando-se peças centrais nos processos de criação e construção social, histórica e científica. Apesar disso, uma recente pesquisa de autoria do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE denominada “Estatísticas de Gênero: indicadores sociais das mulheres no Brasil” divulgada em 2021 que aponta que, embora as mulheres sejam atualmente mais instruídas que os homens e sejam maioria no ensino superior, elas ainda correspondem a uma significativa minoria em áreas como

ciências exatas, engenharia e tecnologia, e representam expressiva minoria também em cargos de pesquisa e docência no ensino superior.¹

O ato de fazer História nos remonta a época da invenção da escrita na Antiga Mesopotâmia que, em linhas gerais, tinha como protagonistas os sacerdotes, servos reais, escribas, clérigos e/ou alguma minoria da classe de intelectuais com instrução superior e que passaram a selecionar os eventos a serem registrados, interpretando-os para que tivessem significado e significância. Logo, em consonância com Jone E. Hahner (1981), o ato de escrever história estaria ligado ao poder e à manutenção do poder dos homens, pois, segundo a autora:

[...] uma razão importante para essa desatenção diz respeito à natureza da história tradicional assim como àquela que a escrevem. Os homens enquanto transmissores tradicionais da cultura na sociedade, incluindo o registro histórico, veicularam aquilo que consideravam e julgavam importante. Na medida em que as atividades das mulheres se diferenciam consideravelmente das suas, elas foram consideradas sem significação e até indignas de menção. Por isso as mulheres permanecem à margem das principais relações do desenvolvimento histórico. (HAHNER 1981, p. 14).

Essa História passou a ser reconhecida como única, oficial e universal. Com isso, o que as mulheres fizeram e vivenciaram ficou sem registro, tendo sido negligenciadas; assim como suas interpretações, ignoradas. Vale destacar que o conhecimento histórico, ainda recentemente, considerava as mulheres irrelevantes para a criação da civilização e sem papel específico para atividades definidas como importantes em termos históricos (LERNER, 2019).

Fato é que nós, mulheres, fomos impedidas de contribuir com o fazer História, isto é, de sermos agentes ativos e participantes na organização e interpretação do passado da humanidade. O processo histórico de criação e promulgação dos conhecimentos a serem transmitidos para as sociedades em geral é marcado pela opressão sexista. Sem o protagonismo efetivo das mulheres, essa dinâmica misógina nos colocou como marginais, segregadas e invisibilizadas. Como dito anteriormente, nós mulheres somos a maioria; no entanto, fomos estruturadas em instituições sociais minoritárias (LERNER, 2019).

¹ IBGE: Mulheres têm mais acesso ao ensino superior, mas ainda são minoria em áreas como engenharia e TI. Disponível em: <<https://www.abrafi.org.br/index.php/site/noticiasnovo/ver/4373/educacao-superior>>. Acesso em: 12 jun. 2023.

Ademais, representamos menor número de cargos de poder e recebemos salários muito inferiores aos dos nossos colegas homens². No entanto, apesar disso, nunca tivemos tantas vozes ativas e dispostas a inscrever as mulheres na História e, mais especificamente, na História das Ciências. Tal fato se revela através dos números crescentes e expressivos de pesquisas que se debruçam na investigação da História das Mulheres nas Ciências e também a cada mulher pioneira que passa a ocupar lugares de poder historicamente reservados a homens, como é o caso da cientista Helena Nader, eleita em 2022 a primeira mulher a presidir a Academia Brasileira de Ciências, em 105 anos de instituição³.

Desafiar a opressão sexista, para bell hooks (2019), é primordial para o enfrentamento de outras formas de opressão, a exemplo da opressão colonial já destacada por nós:

A opressão sexista é de importância primordial não apenas porque é a base de todas as outras opressões, mas porque é a prática de dominação que a maior parte das pessoas experimenta, quer no papel de quem discrimina ou é discriminado, de quem explora ou é explorado. É a prática de dominação que a maioria das pessoas aprende a aceitar antes mesmo de saber que existem outras formas ou grupos de opressão. Isso não significa que erradicar a opressão sexista eliminaria outras formas de opressão. Uma vez que todas as formas de opressão estão ligadas em nossa sociedade, um sistema não pode ser erradicado enquanto os outros permanecem intactos. *Desafiar a opressão sexista é um passo crucial na luta pela eliminação de todas as formas de opressão* (HOOKS, 2019, p. 70, grifo nosso).

Diante do que foi apresentado, é de nosso interesse científico e, porque não dizer, pessoal, contribuir no fomento de estudos que visem as práticas experimentais de mulheres cientistas latino-americanas na tentativa de oportunizar o entendimento e a credibilidade acerca do papel da mulher na Ciência, como forma de desafiar e eliminar a opressão sexista historicamente estabelecida no campo do conhecimento científico, majoritariamente masculino.

Justificativa da tese

Sendo uma mulher cientista, professora, física, latino-americana, brasileira e, com muito orgulho, nordestina, possuo eu mesma em minha trajetória marcas indelévels da discriminação

² De acordo com o IBGE, em 2021. Disponível em: <<https://www.abrafi.org.br/index.php/site/noticiasnovo/ver/4373/educacao-superior>>. Acesso em: 12 jun. 2023.

³ “Academia Brasileira de Ciências tem primeira mulher na presidência em 105 anos”. Disponível em: <<https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/academia-brasileira-de-ciencias-tem-primeira-mulher-na-presidencia-em-105-anos/>>. Acesso em: 12 jun. 2023.

de gênero no âmbito acadêmico e científico. Vivencio na pele, no dia a dia da minha trajetória de formação e na minha profissão, os reflexos do que a autora Londa Schiebinger (2001, p. 37) chamou de “centenas de anos de exclusão das mulheres na Ciência”. Para além do cotidiano permeado de situações envolvendo machismo e desigualdade de gênero cujas experiências são comuns a todos nós mulheres, cientistas ou não, eu, enquanto mulher cientista, partilho sinceramente do desejo de somar esforços no sentido da construção de uma “crítica feminista da ciência”, nos termos de Evelyn Keller (2006, p. 13). Mas, esta tese não é sobre mim. Ela é sobre todas nós, mulheres cientistas latino-americanas e periféricas. Por isso, abrirei um breve parêntese para narrar, no parágrafo a seguir, a minha trajetória acadêmica, na medida em que ela por si só revela as motivações e as justificativas mais sinceras que justificam os meus esforços no sentido da realização e da materialização desta tese.

Sou professora de Física no Ensino Médio há oito anos. Em minha experiência docente, percebo que existe uma carência bem grande nos assuntos de física moderna nas salas de aulas, não tanto por causa do currículo, porque esses assuntos aparecem como obrigatórios. Nesta conjuntura atual, esses assuntos têm aparecido bem mais com as competências e habilidades propostas pela BNCC. No entanto, quando abordados, as mulheres cientistas e seus respectivos trabalhos são invisibilizados, e muito disso ocorre por um problema estrutural, que é a falta de conhecimento acerca das contribuições delas.

Então, acredito que a omissão das trajetórias de mulheres cientistas nos currículos escolares e também das universidades se dê sobretudo por falta de conhecimento dos professores, que não têm acesso à informação durante suas formações e também pela sobrecarga de assuntos. O lugar-comum é falar de Einstein e dos físicos homens do seu tempo. A invisibilidade dos trabalhos de mulheres nas ciências e, principalmente, em física, ocorre já desde a formação de professores nas universidades e aí temos a perpetuação do ciclo vicioso, devido essa grande corrente histórica de descrédito às mulheres.

Durante os meus quatro anos na universidade, especificamente no curso de Física, só tive uma professora física mulher. Minha formação foi majoritariamente feita por homens físicos. Em nenhum momento do curso eu estudei o trabalho de nenhuma mulher física. Em nenhuma área. No mestrado, de forma análoga. Tampouco, tive conhecimento, ao longo de toda a minha trajetória desde a faculdade até o fim do mestrado, da existência de mulheres de destaque na Física universal, tampouco físicas brasileiras.

Tanto assim, que o tema do projeto com o qual entrei no doutorado era totalmente diferente: o trabalho de um homem físico inglês do século XVIII! Ter chegado à Universidade Federal da Bahia - UFBA para fazer o doutorado e conhecer a minha futura orientadora fez com que eu virasse a chave e me apaixonasse pelo tema das Mulheres Brasileiras na Ciência. Compartilho tudo isso para evidenciar, a partir da minha própria trajetória - que foi a mesma trajetória das minhas duas colegas de classe na universidade e, muito provavelmente, seja a trajetória da maioria das alunas de física que ingressam hoje no ensino superior -, o quanto somos condicionadas a estudar, nos especializar e moldar a nossa forma de pensar a partir dos parâmetros impostos por essa cultura ocidental branca e patriarcal.

Encontro respaldo teórico e histórico para esta reflexão no argumento de Schiebinger, quando esta autora afirma que “a ciência moderna é um produto de centenas de anos de exclusão das mulheres. O processo de trazer mulheres para a ciência exigiu, e vai continuar a exigir, profundas mudanças estruturais na cultura, métodos e conteúdo da ciência” (SCHIEBINGER, 2001 p. 37).

O exercício historiográfico consiste, via de regra, na sistematização crítica e na seleção criteriosa do que vale - e, sobretudo, do que não vale - a pena ser lembrado, contado, eternizado. Apesar disso, o historiador político e pensador pós-colonial Sanjay Seth é categórico ao afirmar que:

O passado não está para sempre disponível ao presente como uma entidade emudecida, esperando que o (a) historiador (a) lhe dê uma voz. A escrita da história não é simplesmente um “ofício” que se aplica a um objeto pré-existente, natural; ao contrário, e como qualquer disciplina, a escrita da história concebe e constrói o seu objeto (SETH, 2013, p. 180).

Macedo (2020), estudioso da obra de Seth e também seu orientando, analisa que, aqui, o autor nos “oferece uma visão cultural mais ampla da escrita da História”. O que Seth defende, em última análise, é a libertação da razão unívoca constituída pelo universalismo europeu. Esse propósito se coaduna com o principal argumento defendido em nosso presente estudo, qual seja, a importância de combater o Eurocentrismo Historiográfico Patriarcal nas ciências, atuando na reescrita da História pela perspectiva da diversidade de gênero. Segundo avalia Macedo, Seth acredita ser necessário “pensar uma mediação cultural diversa, horizontal e transversal no que diz respeito às diferentes formas com que concebemos o passado” (SETH, 2013 apud MACEDO, 2020, p. 27). Nesse contexto, o conceito de pluralidade da razão proposto pelo autor vem ao encontro do exercício de desobediência epistêmica:

Pluralizar a razão não significa abandonar o raciocínio; negar que existe um ponto arquimédico, a partir do qual é possível exercer a crítica, não é defender o fim da crítica. Mas é, sim, defender uma reconsideração daquilo que pensamos estar fazendo quando re-descrevemos o(s) passado(s) dos povos em termos que lhes são alheios. Se o que existe é não a Razão, e sim tradições de raciocínio; não a História e suas representações na escrita da história, e sim muitos passados representados de muitas formas, então não podemos escrever com qualquer presunção de privilégio epistêmico. (SETH, 2013, p. 187).

O que Seth defende, em última análise, é a pluralização da razão científica como meio para ampliar os horizontes epistêmicos e romper com o universalismo europeu. Tal saída epistemológica se apresenta, enfim, como uma via possível no sentido da desconstrução disto que estamos chamando de caráter sexista da historiografia das ciências. Contribuir para pluralizar a razão científica pela via da equidade de gênero, por meio da inclusão das trajetórias de mulheres nas ciências é, em suma, a principal justificativa para a realização deste trabalho.

Duas mulheres pioneiras: Elisa e Neusa para uma nova contribuição na Física de Raios Cósmicos no Brasil

A escrita dessa pesquisa nasceu dessa inquietação sobre o processo histórico de desenvolvimento de habilidades experimentais de mulheres que trabalharam em diversas pesquisas físicas pioneiras no Brasil, cujas trajetórias permaneceram, durante muito tempo, invisibilizadas diante desse paradigma sexista da historiografia das ciências. Nos concentramos nas personagens Elisa Frota-Pessôa e Neusa Amato, que possuem em comum a dedicação à técnica de emulsões nucleares em pesquisas sobre Raios Cósmicos. Tais pesquisas se iniciaram na década de 1940, com o físico brasileiro César Lattes, que alçou prestígio a partir de resultados ao empregar esse método na produção natural do méson π (ou pión) em 1947, em Bristol (Inglaterra), e na produção artificial dessa partícula no ano seguinte, em Berkeley (Estados Unidos), com o uso do então mais potente acelerador de partículas do mundo (TAVARES; GURGEL; VIDEIRA, 2020).

As duas físicas, além de serem grandes amigas, têm em comum o fato de terem sido “[...] alunas do famoso professor de física Plínio Sussekind da Rocha, cuja relevância é mencionada por vários cientistas brilhantes, como, por exemplo, José Leite Lopes. Ambas relatam o enorme incentivo que tiveram desse professor. (MELO; RODRIGUES, 2013, p. 6)

Os trabalhos científicos desenvolvidos inicialmente no Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas - CBPF iniciam quando Lattes volta ao Brasil e assume o cargo de diretor científico no

início de 1949. O projeto era levar ao Monte Chacaltaya (Bolívia) uma câmera de nuvens, presente de seu colega Marcel Schein da Universidade de Chicago (EUA) e que contava com o apoio financeiro da Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura (UNESCO). Com esse auxílio, trouxe para o Brasil alguns especialistas na área, como Giuseppe Occhialini e Ugo Camerini, físico brasileiro que trabalhou com Lattes em Bristol em 1946 (VIEIRA; VIDEIRA, 2011).

O CBPF era uma instituição privada liderada por Lattes, fundada em 1949 motivada pela chamada Era Nuclear e liderada e que, por razões políticas, nasceu fora da universidade. Dois anos mais tarde foi criado o Conselho Nacional de Pesquisas, hoje Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), um marco extremamente importante para a História da ciência brasileira. Um dos primeiros projetos a serem desenvolvidos por Lattes ao retornar ao Brasil foi fazer de Chacaltaya um departamento do CBPF. A iniciativa se justifica no fato de que, na década de 1950, havia um grande interesse por locais elevados onde se pudesse estudar física de partículas com ajuda de radiação cósmica. A probabilidade de se capturar uma partícula cósmica é bem maior nas grandes altitudes do que em relação ao nível do mar (VIEIRA, 2009).

Nesse cenário, cabe destacar a criação da Divisão de Emulsões Nucleares, cujas principais integrantes eram as físicas Elisa Frota-Pessôa e Neusa Amato (então, Margem). As duas físicas iniciaram os estudos sobre as formas de decaimento do pión a partir de análises experimentais que permitiram a determinação com precisão, do modo preferencial de decaimento do pión positivo. O contexto de tal descoberta, evidencia a importância desse resultado para o esboço inicial da teoria sobre a universalidade da força fraca (VIEIRA; VIDEIRA, 2011).

Contrariando todas as probabilidades, nas palavras de Bezerra e Barbosa (2016), é curioso o fato de a primeira publicação científica do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF) em 1950, ser de autoria de duas mulheres: Elisa Frota-Pessôa e Neusa Amato (então, Margem), em uma área estritamente masculina, sobretudo naquela época. Para além, as cientistas deram encaminhamento para as pesquisas na área de Raios Cósmicos no Brasil, principalmente no que se refere aos estudos das partículas a partir da técnica de emulsões nucleares.

A foto abaixo é ilustrativa do nosso argumento de que, tanto Elisa quanto Neusa foram importantíssimas para a institucionalização da Física experimental no Brasil no século XX. A

foto retrata o seletivo grupo de colaboradores e pesquisadores do CBPF reunido, sendo Elisa e Neusa as únicas mulheres retratadas.



Imagem 1 - Frequentadores do CBPF. Fonte: Endler, 2015 p. 160.

No entanto, vale salientar que a técnica adotada era extremamente árdua e necessitava de grandes equipes de microscopistas que, em sua maioria, eram mulheres, para investigar o conteúdo das emulsões reveladas. As microscopistas eram contratadas na Europa e Estados Unidos, primeiramente, sem exigências profissionais ou treinamento técnico específico.

A partir do uso de aceleradores nesses países, as pesquisas passaram a exigir profissionalização adequada, no qual, o trabalho desempenhado por essas mulheres passou a ser realizado por profissionais com um maior nível de formação técnica. O Brasil, à margem do *Big Science*, não apresentava ambiente e nem conhecimento técnico para a implementação de detectores, pois a técnica utilizada requeria o domínio da manipulação do mesmo e, em consequência, os dois laboratórios do CBPF que usavam as emulsões optaram pelo uso de um detector mais barato e simples. Tal cenário oportunizou a contratação das equipes de microscopistas mulheres. Aqui, mais uma vez, destaca-se o pioneirismo e a liderança competente de Elisa e Neusa.

As duas físicas lideraram, durante décadas, o trabalho realizado nos laboratórios de emulsões nucleares, juntamente com grupos de microscopistas mulheres. Elas influenciaram e disseminaram seu conhecimento por gerações de físicos e físicas, além de terem sido fundadoras do Laboratório de Espectroscopia Nuclear do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. Elisa Frota-Pessôa é considerada a primeira física teórica do Brasil. Neusa, por sua vez, foi a primeira pesquisadora mulher contratada pelo CBPF. As descobertas originais no campo dos estudos de raios cósmicos, por estas pesquisadoras, foram responsáveis por inaugurar esse novo campo de pesquisa no país.

Objetivo geral da tese

A partir desse feito histórico protagonizado por estas duas mulheres em uma atmosfera científica predominantemente dominada por homens é que nos propomos analisar, na presente tese, as trajetórias de Neusa Amato e Elisa Frota-Pessôa e as suas contribuições para a institucionalização da física no Brasil, reconhecendo-as personagens pioneiras e notáveis que merecem lugar de destaque na História das Ciências no Brasil.

Para o alcance do objetivo proposto, delineamos os seguintes objetivos específicos:

- a) Mapear as contribuições de Neusa Amato e Elisa Frota-Pessôa na bibliografia secundária;
- b) trazer à luz fontes primárias e inéditas - com a realização de pesquisa documental nos arquivos do CBPF e MAST, além de uma entrevista com a física pioneira Anna Maria Endler, acerca das trajetórias de Neusa e Elisa, a fim de contribuir para o enriquecimento e a pluralização da historiografia da ciência brasileira, em uma perspectiva de gênero;
- c) Refletir criticamente acerca da invisibilização compulsória da trajetória de mulheres cientistas, como Neusa e Elisa, tendo como arcabouço teórico a literatura sobre história, gênero e ciências, para então identificar e teorizar acerca da existência do que passamos a chamar nesta tese de Efeito Elisa, fenômeno que aponta para a invisibilização das contribuições de mulheres nos currículos de Física;

d) Propor Princípios de Design para a criação de Sequências Didáticas (SDs) para o ensino de Física no Ensino Médio, inspiradas nas trajetórias de Elisa e Neusa e suas contribuições para a Física de Raios Cósmicos, a fim de minimizar o Efeito Elisa e contribuir para o alcance da equidade de gênero, pela vida da educação.

A partir desse ponto, cumpre destacar a segunda lacuna de pesquisa que este trabalho busca discutir, qual seja justamente esta invisibilização das trajetórias de mulheres nos currículos escolares. Pensando em nomear ostensivamente o fenômeno histórico e político da ausência das contribuições e das histórias de mulheres físicas nos currículos escolares brasileiros, o terceiro e último artigo que compõe esta tese propõe e inaugura o *Efeito Elisa*, conceito através do qual será possível identificar tais ausências e reivindicar a nossa presença na História retratada nos materiais didáticos dos currículos do Novo Ensino Médio (EM). A partir da revisão de fenômenos sociais de caráter misógino e patriarcal já amplamente reconhecidos, como o Efeito Matilda, o Efeito Teto de Vidro, o efeito Camille Claudel e o fenômeno Labirintos de Cristal, desenvolvemos uma reflexão teórico-epistemológica sobre a importância da inserção do ensino da história de mulheres cientistas nos currículos escolares.

O sentido primordial da investigação proposta tem a ver com nomear e caracterizar esta forma específica de exclusão a fim de identificá-la em nosso cotidiano acadêmico e de trabalho, ou seja, na sala de aula e, finalmente, atuarmos no sentido de lutar pela inclusão de mulheres cientistas nos currículos escolares de ciências, com vistas à redução da disparidade de gênero, pela via da educação.

Pensando em uma possível solução prática para o que acabamos de expor é que esta tese traz, em seu último artigo, uma proposta de intervenção que poderá facilmente ser implementada pelos docentes nos currículos de Física do Novo Ensino Médio: a construção de Sequências Didáticas que visem oportunizar aos estudantes o contato com a trajetória de importantes físicas latino-americanas e suas contribuições para o avanço de áreas da física ainda pouco ou quase nunca abordadas nos currículos, como é o caso da Física de Raios Cósmicos.

Tal proposta objetiva contribuir para superar a defasagem dos currículos de física do Novo Ensino Médio e a necessidade da sua atualização na prática. Temos uma evidente lacuna no Ensino de Física no que se refere a expressiva falta de temas ligados à Física moderna em sala de aula.

As teorias mais contemporâneas como, por exemplo, Mecânica Quântica, Relatividade, Física de Partículas e Raios Cósmicos ainda permanecem em sua maioria fora das discussões de sala de aula, embora as diretrizes propostas na Base Nacional Comum Curricular - BNCC nos deem evidentes brechas para inserir temáticas de física atualizadas, assim como o debate de gênero na ciência - este último tema, pela sua extensão e complexidade por compreender um debate que perpassa não só discussões de currículo em si mas também adentram na seara das discussões político e ideológicas por ter sido, nos últimos anos, alvo das frentes ultraconservadoras no país, não será desenvolvido nesta seção introdutória; ele recebe a nossa plena atenção no último capítulo/artigo desta tese.

Acreditamos que, a partir da nossa intervenção no sentido de propor caminhos a partir de inspirações feministas e princípios de *design* para a construção de Sequências Didáticas para o ensino de Física de Raios Cósmicos teríamos como consequência, a um só tempo, um duplo efeito: em primeiro lugar, teremos uma maior valorização e visibilidade da atuação de mulheres no fazer científico e nas ações que incentivam a participação e o envolvimento delas na produção e disseminação do conhecimento. E, em segundo lugar, teremos a inserção do ensino de Física de Partículas (FP) e RC nos currículos escolares, propondo o início da formação de uma possível rede de especialistas em Raios Cósmicos, protagonizada pelas nossas cientistas Elisa Frota-Pessôa e Neusa Amato.

Em outras palavras, intentamos visibilizar, desde o Ensino Médio, as trajetórias e contribuições das mulheres que vivem e viveram em espaços demarcados pela subalternização do incentivo à Ciência e que fizeram e fazem parte da história da ciência como sendo uma prática genuína e social.

Ao nos reportarmos para os processos históricos acerca da Institucionalização das Ciências que ocorreu no Brasil, nasce uma preocupação em escrever sobre História de Mulheres na Ciência e suas contribuições para o desenvolvimento da Física no século XX. Assim sendo, esta tese visa somar-se ao crescente arsenal de publicações acerca das contribuições de mulheres na História da Física no Brasil (ENDLER, 2015; 2021; MELO e RODRIGUES, 2013; SAITOVITCH et al., 2015; BEZERRA e BARBOSA, 2016).

Apresentação dos capítulos

A presente tese divide-se em três estudos paralelos, estruturados na forma de três artigos independentes e, no entanto, complementares, cada um correspondendo a um capítulo do trabalho. O primeiro artigo, intitulado “*Neusa Amato e as contribuições para as pesquisas em Raios Cósmicos no Brasil*”, tem como objetivo apresentar a trajetória e as colaborações de Neusa Amato para as pesquisas físicas e experimentais realizadas nos laboratórios de emulsões nucleares. Ela é reconhecida por atuar significativamente no final da década de 1960 com as pesquisas subsidiadas entre Brasil-Japão, iniciativa de César Lattes e de Hideki Yukawa para estudar as interações produzidas pelos raios cósmicos usando emulsões nucleares expostas no Monte Chacaltaya, na Bolívia, dedicando-se a essas pesquisas durante toda a sua carreira.

O segundo artigo é intitulado como “*As contribuições de Elisa Frota-Pêssoa e as Emulsões Nucleares no Brasil*” e visa contribuir para uma nova história da institucionalização da Física no Brasil. Além disso, oportuniza um melhor entendimento histórico e metodológico das práticas experimentais nos ambientes institucionais, particularmente em laboratórios, nos quais mulheres desempenharam seu trabalho experimental com o uso da técnica de emulsões nucleares. Decerto, Elisa é considerada uma das mais destacadas pesquisadoras na área de Raios Cósmicos no Brasil, sobretudo no que se refere aos estudos das partículas a partir de emulsões nucleares, sendo considerada a primeira física experimental do Brasil.

Finalmente, no terceiro e último capítulo, apresentamos o artigo final intitulado “O Efeito Elisa e o ensino de Física no Ensino Médio: inspirações feministas e princípios de *design* para a inserção das contribuições de físicas brasileiras pioneiras em Raios Cósmicos nos currículos escolares” que inaugura um novo fenômeno histórico e social, para o qual atribuímos o nome *Efeito Elisa*, em homenagem à física Elisa Frota-Pessôa.

Em consonância com o que apresentamos nesta seção introdutória, esperamos que as nossas discussões colaborem na futura produção de trabalhos sobre a História das Mulheres latino-americanas nas Ciências, na visibilização das práticas experimentais de mulheres cientistas em países periféricos e, mais especificamente, no desenvolvimento de Sequências Didáticas voltadas ao ensino da História de Mulheres na Física, com vistas à redução da disparidade de gênero pela via da educação.

ARTIGO I: NEUSA AMATO E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA AS PESQUISAS EM RAIOS CÓSMICOS NO BRASIL

Laura Sued Brandão Santos

Indianara Silva

RESUMO: Este trabalho tem como objetivo investigar a trajetória e as contribuições de Neusa Amato para as pesquisas em emulsões nucleares. Ela é reconhecida por ser uma física brasileira pioneira e atuar significativamente no final da década de 1960 em pesquisas com emulsões nucleares, técnica extremamente trabalhosa que colocou o Brasil no seleto grupo de países com tecnologias, como os aceleradores e recursos financeiros e humanos. O método utilizado no estudo foi o levantamento bibliográfico e a análise da gravação de uma entrevista concedida por Neusa em 2009 ao Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF). Além da importância das suas publicações, podemos afirmar que a maior contribuição de Neusa para a física brasileira foi ter sido, durante muitos anos, a responsável pela manutenção do Laboratório de Emulsões Nucleares do CBPF e pela colaboração Brasil-Japão (CBJ), iniciativa de César Lattes e Hideki Yukawa, para estudar as interações produzidas pelos raios cósmicos usando emulsões nucleares expostas no Monte Chaclataya, na Bolívia. Neusa se dedicou a essas pesquisas durante toda a sua carreira como pesquisadora no CBPF entre 1950 e 1996, tendo publicado 116 trabalhos.

Palavras-chaves: História da Ciência no Brasil. Mulheres na Ciência. (In)visibilidade de mulheres na Ciência. História da Física. Neusa Amato.

ABSTRACT: This work aims to investigate the trajectory and contributions of Neusa Amato to research on nuclear emulsions. She is recognized for being a pioneering Brazilian physicist and acting significantly in the late 1960s in research with nuclear emulsions, an extremely laborious technique that placed Brazil in the select group of countries with technologies, such as accelerators and financial and human resources. The method used in the study was the bibliographic survey and analysis of the recording of an interview given by Neusa in 2009 to the Brazilian Center for Physical Research (CBPF). In addition to the importance of her publications, we can say that Neusa's greatest contribution to Brazilian physics was having been, for many years, responsible for maintaining the Laboratory of Nuclear Emulsions at the CBPF and for the Brazil-Japan Collaboration (CBJ), an initiative of César Lattes and Hideki Yukawa, to study the interactions produced by cosmic rays using nuclear emulsions exposed on Mount Chaclataya, Bolivia. Neusa dedicated herself to these researches throughout her career as a researcher at CBPF between 1950 and 1996, having published 116 works.

Keywords: History of Science in Brazil. Women in Science. (In)visibility of women in Science. History of Physics. Neusa Amato.

1.1 INTRODUÇÃO

Ao nos inclinarmos sobre a Historiografia das Ciências no Brasil e, mais especificamente, sobre o período de Institucionalização da Física, observamos uma lacuna significativa acerca da inexistência de contribuições de mulheres ao longo da História. A invisibilização de mulheres nas Ciências também se constitui como uma construção historiográfica que precisa ser discutida e debatida em pesquisas acerca das Histórias das Ciências, uma vez que as mulheres foram mantidas invisibilizadas nos campos dos saberes científicos desde a sua gênese.

Durante muito tempo a pesquisa científica foi percebida como um campo exclusivamente masculino e que dificulta significativamente a permanência e a ascensão de mulheres nas ciências e reforça a segregação horizontal e vertical (SCHIEBINGER, 2001). Dessa forma, torna-se necessário considerar o papel das mulheres na História das Ciências de forma a colocá-las como sujeitos sociais, ativas e situadas em contextos históricos específicos.

As dificuldades e barreiras impostas às mulheres em suas trajetórias na consolidação de uma carreira promissora na ciência e tecnologia se revelam na medida em que compreendemos o seu ambiente de trabalho, que se caracteriza como sendo dotado de valores e padrões masculinos. Nesse sentido, constituem-se como espaços restritos que dificultam e limitam a participação das mulheres nas ciências. O conjunto de dificuldades e barreiras se manifestam nesses espaços na dupla jornada de trabalho; na maternidade; na exigência de uma produtividade exacerbada nas pesquisas, na competição, no preconceito e na discriminação de gênero (SILVA; RIBEIRO, 2014). De acordo com Knobel et al. (2020, p. 1008) “[...] as mulheres tiveram uma atuação importante, entretanto, muitas vezes invisível na construção da física no Brasil”.

Mesmo figurando em um contexto histórico marcado por uma implacável discriminação e exclusão de gênero, a física Neusa Amato⁴ destacou-se por sua brilhante carreira científica, contribuindo para a institucionalização da física no Brasil. Seus feitos se destacaram a ponto de serem impossíveis de serem ignorados pela comunidade científica hegemonicamente masculina da época. Marques (2007, p. 3) chega a afirmar: “não é exagero dizer que o trabalho de Elisa Frota-Pessôa e Neusa Margem sintetizou e anunciou para a comunidade científica e sociedade em geral, a que veio o CBPF”.

A realização deste estudo justifica-se, portanto, pela relevância e alcance das contribuições de Neusa Amato e pelo ensejo de contribuir para a visibilização e o reconhecimento desta importante física brasileira a partir de uma perspectiva crítica acerca do trabalho desempenhado por ela na ciência brasileira, somando-se aos esforços já existentes para inscrever o seu nome na História das Ciências no Brasil (ENDLER, 2015; MARQUES, 2007; VIEIRA e VIDEIRA, 2011b).

Diante disto, este trabalho tem como objetivo apresentar a trajetória e as contribuições da brasileira Neusa Amato para a Física, contribuindo, assim, para a constituição de uma história mais plural da Física no Brasil. Ela foi a quarta mulher a se formar em Física no país, integrou a equipe de Costa Ribeiro no Departamento de Física da Faculdade Nacional de Filosofia (FNFfi) e se destacou pelo desempenho excepcional nas pesquisas experimentais em Emulsões Nucleares no Brasil, tendo publicado 116 trabalhos. Além disso, Neusa Amato coordenou, durante anos, a colaboração Brasil-Japão (CBJ), tendo sido uma das autoras do primeiro trabalho do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, ao lado de Elisa Frota-Pessôa, publicado nos Anais da Academia Brasileira de Ciências XXII nº 4 de 1950.

Para alcançarmos nosso objetivo, utilizamos a seguinte estratégia metodológica: inicialmente, a título de contextualização, realizamos uma seleção de textos que nos oferecem uma perspectiva global do desenvolvimento da Física no Brasil (COSTA RIBEIRO 1955;

⁴ Neusa Margem (1926-2015) é o nome de nascimento da física, que consta em suas primeiras publicações, incluindo seu trabalho mais conhecido - a primeira publicação do CBPF. A partir de 1958, Neusa passou a usar o sobrenome de casada, “Amato”, até a sua morte em 2015. Portanto, neste estudo optamos por nos referir a ela pelo seu nome de casada, para fins de homogeneização do texto, exceto quando da utilização de citações de publicações suas anteriores ao ano de 1958.

MOTOYAMA, 1979; VIDEIRA, 2007; BASSALO, 1990) para, em seguida, tecermos uma crítica que diz respeito a falta de representatividade de contribuições de mulheres cientistas.

Partindo de tal arcabouço histórico e teórico, passamos a tecer a análise de uma seleção de fontes secundárias, que compreendem publicações da própria Neusa e publicações de colegas seus que narram sua trajetória e seus feitos (ENDLER, 2015; MARQUES, 2007; MELO e RODRIGUES, 2013; VIEIRA e VIDEIRA, 2011b), além de um memorando do CBPF - um convite para uma cerimônia de homenagem à física por ocasião dos seus 80 anos, em 2006; e, finalmente, lançamos mão de uma fonte primária e inédita, uma entrevista com duração de cerca de uma hora gravada em vídeo concedida por Neusa Amato em 28 de janeiro de 2009 ao professor Cássio Vieira. O material integra o acervo pessoal do professor, tendo sido cedido por ele para a realização deste estudo.

O presente artigo está estruturado da seguinte forma: na primeira seção, partimos dos estudos de gênero e ciências e de uma contextualização do período histórico, bem como o clima institucional do campo da Física brasileira, onde está situada a trajetória de Neusa Amato e outras mulheres pioneiras, para então apresentarmos o nosso objeto de investigação. A seção seguinte é dedicada a uma biografia de Neusa a partir de fontes primárias e secundárias, destacando passagens que se relacionam às questões de gênero e ciência, temática que constitui o pano de fundo do estudo.

Finalmente, nas duas seções subsequentes, passamos a nos dedicar à investigação e à apresentação dos fatos que nos permitem afirmar que Neusa Amato pode ser considerada uma das físicas pioneiras mais importantes para a história da institucionalização da física no Brasil, especialmente no campo dos estudos de Raios Cósmicos e da Física de Partículas. Seu trabalho contribuiu para o avanço da compreensão dos raios cósmicos e das partículas elementares no Brasil.

1.2 HISTÓRIA, GÊNERO E CIÊNCIAS: A PARTICIPAÇÃO DE *NEUSA AMATO* NA HISTÓRIA DA FÍSICA NO BRASIL

As discussões sobre a ausência ou invisibilidade das mulheres na ciência permeiam grande parte do século XX. Tais discussões se esgotam em correntes que afirmam a total

ausência de mulheres na ciência, enquanto outras discutem a existência de relatos e estudos que se debruçam sobre os instrumentos de invisibilização destas na historiografia (WILKINSON, 1986; OSTERKAMP, 2009). Contudo, há um ponto em comum a todas estas discussões: o de que a ciência é um campo de poder e que as mulheres estiveram, ao longo da História, em desvantagem.

A ausência ou invisibilidade das mulheres nas Ciências ao longo da História é uma construção historiográfica que, para a análise e o estudo da História, não significa integrar simplesmente as questões de gênero como questão especial à parte. É preciso ver a mulher na História integrada ao processo histórico. Sendo assim, precisa-se de reflexões que contribuam para uma reinterpretação histórica da ciência a partir dos lugares e das experiências de mulheres, principalmente no que se refere à presença destas nas ciências.

Nesta direção, tanto no cenário internacional, quanto no Brasil, vários estudos que se dedicam sobre a Historiografia das Ciências têm contribuído para a vulgarização do mito de que a ciência é um espaço quase inteiramente masculino (LINO; MAYORGA, 2016). Nesse sentido, a partir de tal afirmativa, apoiamo-nos em pesquisas que questionam a ausência de mulheres nas ciências ao mesmo tempo em que afirmam que elas sempre estiveram nestes espaços; tais pesquisas apontam para um fator unânime destas proposições sexistas: o não reconhecimento da participação e da atuação das mulheres (ROSSITER, 1982; 1993; KELLER, 2006; SCHIEBINGER, 2001).

A hierarquia social entre os sexos que foi e é produzida nos espaços científicos resulta na construção de imagens estereotipadas de profissionais cientistas e na escassez de exemplos de mulheres cientistas na história da Ciência, como destacado por Schiebinger (2001). A história hegemônica, inúmeras vezes, falhou em evidenciar a História das Mulheres pelo simples motivo de serem mulheres. Sendo assim, tomamos nessa escrita a categoria “mulher” como construção em um movimento histórico e dialético que coloca a mulher enquanto “o outro” na sociedade (BEAUVOIR, 2019).

A inclusão de mulheres na História foi alvo de grandes debates e equívocos. A inserção de elementos da História das mulheres na historiografia tradicional e ocidental pressupôs questionamentos acerca do modo estabelecido de se escrever histórias. Sendo assim, escrever a História das Mulheres é confrontar a tradicionalidade, refletindo sobre pontos de vista

diferentes e, sobretudo, epistemologias diferentes. Novos conceitos e categorias tiveram de ser introduzidos a partir das perguntas levantadas pelos deslocamentos teóricos e práticos provocados pelos movimentos feministas ao longo da história (SCOTT, 1995).

A historiografia tradicional negligencia e invisibiliza as contribuições de mulheres ao longo da história. A essa historiografia observamos um discurso historiográfico estruturado para o pensar do sujeito universal, das ações individuais e das práticas coletivas estritamente masculinas. A história narrada nos conta, em sua maioria, uma narrativa apenas de homens e suas façanhas; e, às margens, uma narrativa que sugere a presença de mulheres ou a existência de um universo feminino. A imagem que temos dessa história é de apenas homens brancos ou negros e jamais de mulheres capazes de merecer qualquer atenção (RAGO, 2011).

Assim, contrariando todas as probabilidades, nas palavras de Bezerra e Barbosa (2016), é curioso o fato de a primeira publicação científica do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, em 1950, ser de autoria de duas mulheres: Elisa Frota-Pessôa⁵ e Neusa Amato (então Margem), em uma área estritamente masculina, sobretudo naquela época. Diante deste fato inusitado, nos parágrafos seguintes nos dedicamos a reconstruir a narrativa dos principais episódios que marcaram a história da institucionalização da física no país durante o período pós guerra. Como haveremos de constatar, Neusa Amato figura como uma das principais protagonistas desta história, cujos fatos passamos a narrar, em ordem cronológica.

Em 1937, os físicos norte-americanos Carl Anderson e Seth Neddermeyer e, concomitantemente, Jabez Street e Edward Steverson, descobriram uma nova partícula, cuja massa era cerca de 200 vezes maior do que a do elétron. Essa nova partícula foi batizada como mesótron e hoje denominada múon⁶. Com tais descobertas, estabeleceu-se debates acalorados que durariam exatamente uma década sobre as características dessas novas partículas,

⁵ Elisa Frota-Pessoa (1921-2018) é considerada a primeira física experimental brasileira, uma das fundadoras do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), tendo recebido o título de Pesquisadora Emérita da instituição. Ela foi a segunda mulher a se formar em física no Brasil, em 1942, e uma das principais pesquisadoras da área no país. Dedicou sua carreira ao estudo de radioatividade com emulsões nucleares, reações e desintegrações de mésons K e π em emulsões nucleares, e reações de prótons e dêuterons com núcleos de massas médias. Ela publicou mais de 100 artigos científicos, muitos deles em revistas de grande prestígio internacional.

⁶ Interessante destacar que o múon foi capturado entre os fragmentos de matéria gerados pelos raios cósmicos, núcleos atômicos, de energia extraterrestre que bombardeiam a Terra a todo instante. Tudo acontece a partir dos choques dessas partículas com núcleos da atmosfera, dando início a uma “chuveirada” de novas partículas, que alcançam à superfície terrestre (VIEIRA, 2019).

culminando assim, no que ficou conhecido como Clube do Méson, constituído por um grupo de físicos ao qual Yukawa pertencia (VIEIRA, 2009).

A descoberta de uma nova partícula, o méson, se deu a partir dos esforços de César Lattes⁷, Hugh Muirhead, Giuseppe Occhialini e Cecil Frank Powell, no laboratório H. H. Wills, na Universidade de Bristol, Inglaterra. As propriedades da nova partícula foram previstas ainda em 1935 pelo físico japonês Hideki Yukawa e havia grande expectativa pela sua detecção. Ele se propôs a responder à seguinte pergunta: “por que o núcleo atômico é coeso?” Para responder tal questionamento, já se sabia que a força eletromagnética tem alcance infinito e que é transmitida por partículas de luz (fótons) cuja massa é nula. Sendo assim, uma força de alcance limitado deveria ser transmitida por uma partícula com massa muito grande (VIEIRA, 2009).

Sendo assim, o físico Yukawa se referia à chamada força nuclear forte, responsável por manter os prótons e nêutrons unidos, assegurando a existência do núcleo. Os cálculos realizados por ele indicavam que a força forte transmitida pela partícula deveria ter uma massa correspondente entre a do elétron e a do próton⁸. A suposta partícula foi nomeada inicialmente como méson, do grego ‘médio’, ou, méson π , conhecida atualmente como simplesmente pión. O trabalho desenvolvido por Yukawa foi publicado em inglês, mas em uma revista de pouco impacto internacional; assim sendo, foi quase zero a sua repercussão na comunidade científica (VIEIRA, 2009).

Em 1947, o físico brasileiro César Lattes desempenhou um papel fundamental em uma das descobertas científicas mais notáveis do século passado: a identificação do méson π , posteriormente chamado de pión. Essa partícula desempenha um papel geral na manutenção da coesão entre prótons e nêutrons no núcleo dos átomos. Graças a esse feito notável, Lattes foi nomeado sete vezes como indicado para o Prêmio Nobel de Física. Duas dessas indicações

⁷ César Lattes (1924-2005) foi um físico brasileiro renomado, conhecido por suas contribuições significativas para a física de partículas e a detecção de partículas subatômicas. Lattes é amplamente reconhecido por sua participação fundamental na descoberta do méson (também conhecido como pión) em 1947, enquanto trabalhava na Universidade de Bristol, na Inglaterra. Ele utilizou emulsões nucleares para registrar os rastros das partículas criadas em colisões de partículas cósmicas com a atmosfera terrestre. Essa descoberta foi um passo importante na compreensão das interações de partículas subatômicas e teve um impacto significativo na física de partículas. Além disso, Lattes também desempenhou um papel crucial na criação e desenvolvimento do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), bem como na promoção da pesquisa científica no Brasil. Ele foi um dos primeiros cientistas brasileiros a trabalhar com aceleradores de partículas.

⁸ Este deveria ser cerca de 2 mil vezes mais ‘pesado’ que o elétron. Aproximadamente 200 vezes a massa do elétron.

reconhecem sua contribuição para a descoberta do méson π (píon), enquanto outra reconhece seu papel na geração artificial dessa mesma partícula em 1948 (Vieira; Videira, 2007).

Cabe destacar que o Ocidente só pudera conhecer as ideias formuladas pelo Clube do Méson apenas com o fim da Segunda Guerra Mundial, em decorrência do isolamento do Japão ao longo do conflito. É esse cenário que permitiria os feitos de Lattes na Europa e nos Estados Unidos, colaborando consequentemente para o prestígio e para as contribuições importantíssimas de físicos brasileiros, incluindo o papel desempenhado por Neusa Margem no CBPF (MARQUES, 2007).

A introdução e o uso da técnica de emulsões nucleares no Brasil iniciaram-se a partir das pesquisas na área de raios cósmicos que se deram na década de 1940, quando Lattes chegou ao Brasil com as primeiras emulsões. Os físicos encetaram o emprego da técnica depois dos trabalhos desempenhados por César Lattes em Bristol (Inglaterra) e Berkeley (EUA).

É em meio a essa atmosfera fervilhante que a nossa brilhante cientista é convidada por Lattes, em 1949, aos 23 anos, junto com Elisa Frota-Pessôa, para integrar o seletivo grupo de pesquisadores do recém criado departamento de Emulsões Nucleares do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF). Mesmo que a introdução da técnica tenha se dado posteriormente à origem dela (datado do final da década de 1900), os cientistas brasileiros, incluindo Neusa Amato, logo se ambientaram com o método e o empregaram não somente nas pesquisas com raios cósmicos, mas também em física de partículas, elementares e física nuclear (VIDEIRA; VIEIRA, 2011a). Um ano após sua entrada no CBPF, Neusa publica junto com Elisa Frota-Pessôa o primeiro estudo do CBPF, pelo qual a instituição passou a receber renome internacional dada a sua grande relevância. O estudo, assim como demais contribuições de Neusa serão apresentados e discutidos mais adiante.

Para além da descoberta do méson π , o ano de 1947 também foi palco das descobertas das partículas estranhas⁹ pelos físicos ingleses George Dixon Rochester (1908-2001) e Clifford Charles Butler (1922-1999). Os grupos de pesquisa de várias partes do mundo lançaram-se ao programa de investigações sobre partículas estranhas, expondo emulsões nucleares à radiação

⁹ Rochester e Butler analisaram fotografias que foram expostas a raios cósmicos em grandes altitudes. Eles descobriram trajetórias em forma de V provenientes de uma origem comum e interpretaram-nas como rastros deixados por partículas carregadas provenientes da desintegração de uma desconhecida de uma partícula neutra a que deram o nome de partícula V devido a forma de trajetória por eles observada (ROCHESTER; BUTLER, 1947)

cósmica em voos de balão. Um desses grupos foi o da Universidade de Turim, liderado pelo físico italiano experimental Gleb Wataghin, criador do Departamento de Física da USP.

Em 1958, Neusa foi convidada pelo professor Gleb Wataghin que, na época, era o diretor do Instituto de Física da Universidade de Turim, para dar continuidade às suas pesquisas com o grupo de emulsões nucleares daquele Instituto. A física participou de um estágio junto ao grupo de pesquisa italiano, estando presente em importantes trabalhos pioneiros sobre partículas estranhas, inclusive mésons – K (MARQUES, 2007; TAVARES; BAGDONAS; VIDEIRA, 2020). À esta altura, Neusa já havia se consolidado no estudo de emulsões nucleares no CBPF, onde orientava estudantes e coordenava grupos de microscopistas.

Em 1962, teve início a Colaboração Brasil-Japão (CBJ), uma parceria entre o CBPF e o Instituto de Pesquisa de Raios Cósmicos (ICRR) do Japão. O objetivo da CBJ era realizar pesquisas em física de partículas elementares, com foco nos raios cósmicos.

A parceria surgiu a partir da visita de um grupo de físicos japoneses ao CBPF, que ficaram impressionados com a infraestrutura da instituição e com a qualidade da pesquisa que estava sendo realizada. Eles então propuseram uma parceria para realizar pesquisas conjuntas em raios cósmicos.



Imagem 2 - Prof. Fujimoto, um dos líderes japoneses da Colaboração Brasil-Japão. Foto tirada na revelação da Bola de Fogo em Campinas 1969. Fonte: Arquivo do MAST. Registro do arquivo feito pela autora em 2023.

A CBJ, cuja coordenação da equipe brasileira ficou, nos primeiros anos, sob responsabilidade da física brasileira também pioneira Anna Maria Endler, foi um sucesso imediato. Os pesquisadores brasileiros e japoneses trabalharam juntos para desenvolver novos detectores de raios cósmicos e para realizar experimentos inovadores. (VIEIRA, 2009).

A partir de 1969 Neusa Amato assume a coordenação do CBJ, posição que ocuparia pelos 27 anos seguintes, até a sua aposentadoria. A CBJ durou até 1996, quando foi encerrada por razões financeiras. Coincidência ou não, esse foi exatamente o ano em que Neusa foi aposentada compulsoriamente. No entanto, o legado de Neusa e do CBJ permanece. Entre os resultados mais importantes da Colaboração estão a descoberta de novos tipos de partículas elementares e a compreensão da natureza dos raios cósmicos.

1.3 NEUSA AMATO: NOTAS BIOGRÁFICAS

Neusa nasceu em 29 de agosto de 1926 na cidade de Campos, Estado do Rio de Janeiro. Filha de pais imigrantes libaneses, tiveram aqui no Brasil cinco filhos: três meninas e dois meninos. Seu pai, Salim Margem, era negociante de artigos de couro e trabalhava no comércio de representação da marca Groenlândia. Neusa frequentou a escola municipal Colégio Rivadávia Corrêa, onde, assim como Elisa Frota-Pessoa, também foi aluna do ilustre professor de Física Plínio Sússekind da Rocha. Neusa completou o curso secundário no ano de 1942, aos 16 anos de idade (ENDLER, 2015).

Durante seu percurso inicial nos estudos e, principalmente, na escolha da profissão, Neusa não teve apoio ou qualquer estímulo da família para seguir na carreira científica. Devido à baixa condição financeira que assolava sua família, ela se preparava, ao final do curso secundário, para o mercado de trabalho, a fim de contribuir com as despesas em casa. Devido a necessidade de ter um emprego, Neusa não pretendia continuar os estudos, porém o professor Plínio a incentivou e convenceu a fazer vestibular para o curso de Física na Faculdade Nacional de Filosofia (FNFil) da Universidade do Brasil (MELO; RODRIGUES, 2006).

A futura física teve um importante auxílio do professor Sússekind no que diz respeito a aulas extras e gratuitas durante todas as férias. Em entrevista para o CBPF, Neusa relembra

como a influência do professor Sússekind foi decisiva para que ela seguisse a carreira de cientista:

[...] eu, na verdade, pretendia ser professora, porque minha mãe tinha aquela coisa que "não, filha mulher tem que ser professora"... [...] mas aí eu tive um professor - e naquela época a gente já tinha física, química, no ginásio, então eu tive a sorte de ter um professor fora de série, que era o Plínio Sussekind, entendeu? E eu dizia que não ia mais estudar, que eu ia ser professora [...] aí ele: mas é um absurdo você fazer uma coisa dessas! Aí ele me incentivou a fazer o vestibular de Física (AMATO, 2009)¹⁰.

Ela foi aprovada no vestibular e bacharelou-se em Física em 1945, com apenas 19 anos. No ano seguinte, concluiu a licenciatura. Após a conclusão do curso, trabalhou inicialmente como professora de Física no Colégio Assunção e no Colégio de Aplicação da Universidade do Brasil. Contudo, Neusa Amato sempre apresentou interesse para a pesquisa. O trecho a seguir é ilustrativo da insatisfação dela com a carreira de professora na escola de freiras onde trabalhou:

[Dei aula] no colégio de Santa Tereza e dei também aula no colégio Aplicação, da UFRJ, quando estava começando. Mas o colégio Assunção fazia o contrário de incentivar, sabe. A gente perguntava as coisas, os alunos não sabiam. Aí tinha essa moral naquela época, as moças que estavam lá não queriam saber de nada. Não tinham incentivo nenhum. Elas queriam ter o título e passar. Aí não adiantava nada. Tinha o exame oral, eu dava uma nota baixa, a freira dava uma nota para compensar, elas passavam. Aí eu disse: "ah, não vou ficar nisso não" (AMATO, 2009)¹¹

Tendo sido destaque como aluna de Física, foi convidada pelo professor César Lattes para trabalhar com a professora Elisa Frota-Pessôa no recém fundado Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF) (ENDLER, 2015). Em entrevista concedida ao professor Cássio Vieira, a própria Neusa é quem relata como se deu esse episódio decisivo que definiu os anos seguintes da sua carreira:

Professor Cássio: E como foi esse encontro com Lattes que mudou, digamos assim, que foi quando a senhora decidiu ser pesquisadora?

Neusa: Ah, peraí, vou lembrar. Você conhece a Elisa Frota-Pessôa?

Professor: Sim, claro.

Neusa: Pois é, nós éramos muito amigas. A gente fez trabalhos juntas. E ela disse que ia me apresentar ao César Lattes. Aí eu conversei com ele, e tudo, e, de algum modo, ele fez eu ir [para a pesquisa]. (AMATO, 2009)¹²

¹⁰ Trecho de entrevista concedida ao CBPF em 28 de janeiro de 2009. Fonte: Arquivo pessoal do prof. Cássio Vieira.

¹¹ *idem*.

¹² *ibidem*.

Quando Neusa começa a trabalhar com Lattes, a percepção da sua família acerca da sua carreira científica muda radicalmente para melhor, mas isso se deve graças à reconhecida reputação de Lattes pela sociedade em geral. Neusa relata, com entusiasmo, o orgulho que seu pai passou a sentir, chegando a contar que a filha era “o braço direito do César Lattes”:

Professor Cássio: E sobre os feitos do Lattes em 1947, o descobrimento do méson pi lá em Berkeley, os professores comentavam na universidade?

Neusa: Ah, o povo falava. Eu tinha uns sobrinhos, que achavam uma coisa trabalhar pro César Lattes. Aí eles falavam pros colegas deles: "a minha tia trabalha com César Lattes", eles pensavam que era brincadeira, nem acreditava: "ah, e o meu primo é neto de Santos Dumont!" inventava algo assim, porque ele era conhecido do público.

Professor Cássio: Então ele era famoso já?

Neusa: era, era. Aí eles não acreditavam que eu trabalhava com ele. Meu pai, então, enchia a boca.

Professor Cássio: é engraçado porque antes ele não incentivava né, mas quando ele soube que a senhora trabalhava com Cesar Lattes, aí ele gostou.

Neusa: Ih, é! Ele dizia "a minha filha trabalha com o César Lattes!! É o braço direito..." aí, né? Aí aumentava mais. (AMATO, 2009)¹³

Em agosto de 1958, durante uma viagem a trabalho à Sicília, conheceu seu futuro marido, Gaetano Amato. Neusa não aceitou deixar seu trabalho no CBPF no Brasil para passar a morar na Itália, então Gaetano decidiu mudar para o Brasil, chegando ao Rio de Janeiro em 1962. Casaram-se nesse mesmo ano e passaram a morar por três anos na casa dos pais de Neusa. Da união de Neusa e Gaetano nasceram dois filhos, Sandra (1963), atual professora de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro, e Sérgio (1965).

Após a maternidade, a vida cotidiana de Neusa encontrou alguns entraves no que diz respeito à conciliação entre o trabalho desempenhado no CBPF e os afazeres domésticos. Na época, ainda não era comum o trabalho de mulheres fora de casa; mas, segundo a própria Neusa relata, ela pôde contar com o apoio de empregadas domésticas e com o companheirismo de seu marido para conciliar seus papéis de mãe e cientista. (MELO; RODRIGUES, 2013). Ele a ajudou muito na criação dos filhos e nos cuidados domésticos. Em um tom de ternura, a física relembra que Gaetano Amato “gostava de ajudar na casa”¹⁴.

¹³ idem.

¹⁴ ibidem.

As mulheres, ao desempenharem atividades tanto dentro, quanto fora de casa, precisaram/precisam se desdobrar para cumprir inúmeras e múltiplas tarefas. “Como diz sua filha, Sandra – hoje, competente professora associada de Física da UFRJ –, sua mãe nunca relaxou na educação dos filhos e não levava para casa problemas do desenvolvimento de suas pesquisas no CBPF, dedicando-se exclusivamente à família quando voltava para casa depois do trabalho no instituto (ENDLER, 2015 p. 165).

Esse trecho da vida da física nos convida a refletir sobre os questionamentos e barreiras que aparecem na dualidade entre as atividades destinadas ao âmbito privado, que se referem aos cuidados dos/as filhos/as e os afazeres domésticos de modo geral; e, as atividades voltadas à esfera pública, como o trabalho profissional e a atuação política, por exemplo. Neusa certamente foi uma rara exceção, por poder contar com uma rede de apoio, inclusive com a participação do marido. Além disso, na condição de contratada do CBPF, Neusa relata que pôde gozar do direito à licença-maternidade, o que, para a época, era um enorme privilégio.

Esta rede de apoio certamente foi fundamental para a consolidação da carreira profissional da física, com a conciliação entre maternidade e seu intenso trabalho que consistia em uma árdua jornada de pesquisa, viagens, e a produção de nada menos do que 116 publicações científicas ao longo dos seus mais de quarenta anos de carreira.

Ao voltarmos nossos olhares para a trajetória da física, vemos relatos de que esta desempenhou de forma genuína e competente as atividades desenvolvidas no CBPF e na educação de seus filhos. Infelizmente, em 1978, a dupla jornada se intensifica quando Gaetano Amato falece aos 52 anos de idade, vítima de um ataque cardíaco. Apesar dos percalços enfrentados, Neusa pôde criar os filhos com o máximo de sua atenção e compromisso e cumpriu de forma primorosa a sua carreira profissional, se desdobrando entre as pesquisas e o seu lar (MARQUES, 2007; ENDLER, 2015).

Em maio de 2015, Neusa Amato foi considerada pioneira da Física no Brasil, sendo a quarta mulher a bacharelar-se em Física, no ano de 1945. Em entrevista ao professor Cássio Vieira em 2009, quando o professor questiona se ela tinha consciência, à época, de que estava “fazendo escola” enquanto uma pioneira em sua área no Brasil, com muita humildade a física responde que não tinha noção da dimensão do que fazia:

Professor Cássio: E a senhora e a Elisa publicaram, em 1950, o primeiro trabalho do CBPF, um trabalho importante [...]. Na época, a senhora e a Elisa tinham consciência de que as senhoras eram pioneiras nessas áreas?

Neusa: Não!.. acho que não.

Professor Cássio: A senhora não pensava: "poxa, eu sou a primeira geração de mulheres físicas do Brasil"

Neusa: Não, sabe porquê? Porque a Elisa, ela já era assistente do Costa Ribeiro, ela já tinha, assim, uma história de professora e eu assim, eu estava começando.

Professor Cássio: E a senhora não parava pra pensar assim "puxa, sou física, sou da primeira geração de mulheres físicas..."

Neusa: Não! [risos] é que como eu te falei, a minha mãe não dava esse incentivo né, então eu gostava de falar quando chegava em casa, mas meus pais não ligavam não. Eles achavam que mulher não era pra isso.

Sandra: mas então isso não fazia a senhora pensar? por que que a senhora, como mulher, tinha optado por uma carreira de pesquisadora?

Neusa: Eu acho que foi tudo influência. Começou com a influência do Plínio. E depois, quando a Elisa me apresentou ao Cesar Lattes, aí ele também incentivou e tudo. Foi mais incentivo deles, não em casa. (AMATO, 2009)

Neusa trabalhou por quarenta e seis anos no CBPF e, como mencionado anteriormente, se aposentou compulsoriamente em 1996, quando ainda estava à frente da CBJ. Vale ressaltar que a colaboração já durava mais de trinta anos, em uma fase em que sofria com dificuldades para reunir recursos para a ampliação da área efetiva das câmaras de emulsões (MARQUES, 2007). Ela faleceu em 02 de maio de 2015, aos 88 anos de idade.



Figura 3 - A microscopista Teresinha, Professor Arata e Professora Neusa - CBPF março de 1997.

Fonte: Arquivo do MAST. Reproduzido pela autora em 2023.

1.4 NEUSA E O CENTRO BRASILEIRO DE PESQUISAS FÍSICAS (CBPF)

O Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), criado como sociedade civil sem fins lucrativos com a perspectiva de inserir o Brasil na era atômica, teve grande repercussão na comunidade científica e acadêmica nacional e internacional. Na Física, em particular, mostrou grande poder de incentivo entre aqueles que tinham interesse em seguir carreira científica. O grande acontecimento que propiciou o incentivo à criação do Centro se refere à descoberta do méson π em 1947 e seus desdobramentos, como vimos anteriormente.

Nesse contexto, Neusa Amato começou como pesquisadora voluntária, sem receber salário e continuou, por isso, a lecionar nas escolas secundárias. O CBPF passava por um momento de efervescência na pesquisa científica. Esse clima da época contagiou a física e em março de 1951 ela abandonou os colégios para ser admitida em tempo integral no quadro permanente do CBPF, onde atuou até sua aposentadoria compulsória, em 1996 (MARQUES, 2007).

A esse aspecto inicial da sua carreira nós observamos algumas barreiras concernentes aos processos de segregação institucional (SCHIEBINGER, 2001). Nesse sentido, mesmo sendo qualificada para ser pesquisadora, ela necessitou de destaque na área para ser contratada. De modo geral, as mulheres, apesar das suas qualificações e contribuições às áreas de interesse, raramente são convidadas a fazer parte do corpo docente de universidades e instituições e, conseqüentemente, tais condições refletem em seus salários.

Neusa Amato e Elisa Frota-Pessôa, ambas integrantes da equipe de Costa Ribeiro no Departamento de Física da FNFi, foram destaques e desempenharam um papel significativo naquele momento como autoras do primeiro trabalho científico desenvolvido na instituição. O trabalho consistia em um estudo sobre o modo eletromagnético de desintegração do méson π^+ , realizado com emulsões nucleares irradiadas em Berkeley. Tal trabalho evidenciava um tema de maior atualidade científica que atraía a atenção de físicos em todo o mundo. A realização deste trabalho dependeu, além da posse das emulsões, do empenho, da vontade e criatividade

das duas mulheres pesquisadoras. Esta pesquisa teve bons frutos e foi publicada nos Anais da Academia Brasileira de Ciências (MARQUES, 2007).

Nessa época, o laboratório do CBPF ainda funcionava de forma precária e improvisado nas quatro salas da Rua Álvaro Alvim. O trabalho experimental desempenhado pelas físicas contou com o auxílio dos microscópios emprestados pelo Instituto de Química Agrícola e da Polícia, e as emulsões foram expostas ao feixe do acelerador de Berkeley e trazidas em 1949 ao Brasil por Lattes (ENDLER, 2015). O trabalho teve grande repercussão internacional, por se tratar de um tema altamente presente na atualidade científica da época, o que fez com que o nome do CBPF se tornasse reconhecido e respeitado internacionalmente.

Em 1951, já no novo pavilhão Mário de Almeida, as físicas Neusa e Elisa montaram a Divisão de Emulsões Nucleares do CBPF. Inicialmente, o trabalho consistia no treinamento de dezenas de microscopistas com o intuito de analisar interações de partículas que deixavam rastros em emulsões nucleares. Todo o processo consistia em um aprendizado complexo, exigindo, assim, muita dedicação e paciência. De acordo com Anna Maria Freire Endler,

Neusa conseguiu criar e manter a Divisão de Emulsões Nucleares por muito tempo com grande dedicação, controlando o trabalho diário das microscopistas, para que as medidas fossem confiáveis e de alta qualidade. Suas qualidades de perseverança e competência transformaram a Divisão de Emulsões Nucleares do CBPF num marco característico da instituição nas primeiras décadas de sua existência. Muitos estudantes na época (hoje, físicos renomados) foram seus estagiários (ENDLER, 2015, p. 161).

A técnica empregada era extremamente trabalhosa e necessitava de grandes equipes de microscopistas para a investigação do conteúdo de emulsões reveladas. O Brasil pode ter sido o único país em que a técnica das emulsões nucleares prosperou, devido a sua longevidade atingida pelas atividades de pesquisa e principalmente pela manutenção das equipes de microscopistas (VIEIRA, 2009). Na Europa e nos Estados Unidos, tais atividades exigiam técnicos profissionais com mais altos graus de profissionalização e alguma capacidade de liderança do pesquisador, uma vez que os aceleradores se localizavam nos EUA e, o European Organization for Nuclear Research (CERN), na Europa.

No Brasil, contudo, à margem do “Big Science” e dos grandes aceleradores, inicialmente demarcado por práticas experimentais feitas, por vezes, em bancadas, com grupos isolados, só havia espaço para a contratação de microscopistas a baixos salários. As equipes eram formadas em geral por mulheres, não havendo necessariamente a exigência de especialização técnica no

Brasil à época. A técnica era barata, portanto, era apropriada para um país em que a pesquisa em Física começava a se institucionalizar, não havendo financiamento sistemático para a ciência (VIEIRA; VIDEIRA, 2011b).

Portanto, salientamos o significativo trabalho desenvolvido pelas mulheres para o aperfeiçoamento da técnica de emulsões nucleares e para o deslanchar das atividades desenvolvidas nos laboratórios do CBPF. Nesse cenário, Neusa Amato desempenhou de forma extraordinária o papel de formar muitos estudantes brasileiros e bolivianos para variadas funções, principalmente para as técnicas de microscopia no período das pesquisas em emulsões nucleares. Para além disso, sua contribuição para a ciência foi de caráter exponencial, pois ela fez crescer parcerias com significativo valor formativo entre a Universidade Federal Fluminense e a Universidade Federal do Rio de Janeiro (MARQUES, 2007).

De acordo com Marques (2007), o grupo liderado por Neusa deu contribuições importantes. A nossa física acolheu de forma honrosa e gentil todos os pesquisadores que tiveram sua passagem pelo CBPF (ENDLER, 2015), como no caso do professor Francisco Mendes de Oliveira Castro¹⁵ e de numerosos professores visitantes japoneses, dentre esses o físico Mituo Taketani¹⁶ membro do grupo de Hideki Yukawa, líder da Física Teórica do Japão.

A CBJ tinha inicialmente como integrante a física Anna Maria Endler, que havia retornado da Alemanha após o término de seu doutorado na Universidade de Bonn. Ela aceitou o convite de César Lattes para implantar, na Divisão de Emulsões do CBPF, nova técnica de análise de interações da radiação cósmica através da observação dos chuveiros eletromagnéticos desenvolvidos em câmaras de emulsões¹⁷, enquanto Neusa e Elisa continuavam as pesquisas com emulsões.

Apesar de Neusa e Anna Maria trabalharem inicialmente em projetos distintos, ambas começaram uma grande parceria e amizade pois tinham contato diário e utilizavam a mesma

¹⁵ O professor Francisco Mendes de Oliveira Castro participou ativamente da colaboração Brasil-Japão de Raios Cósmicos publicando vários trabalhos desse assunto. Nos anos em que se debruçou em estudar Raios Cósmicos publicou ainda vários trabalhos sobre Sistema Lineares, Teoria das Distribuições e sobre dielétricos (MARQUES; MEDEIROS, 1997).

¹⁶ O físico e pensador Mituo Taketani fez parte do grupo de H. Yukawa com o qual desempenhou papel proeminente nos desenvolvimentos pioneiros da teoria dos mésons. Em vida, escreveu uma bibliografia científica volumosa e versátil, contribuindo para importantes assuntos sociais, a saber: Cinzas Nucleares, Responsabilidade Social de Cientistas e outros (MARQUES, 2010).

¹⁷ Esta técnica já estava sendo desenvolvida na USP, sob a direção do Professor Lattes. Foram necessárias várias viagens a São Paulo para transferir a técnica da USP para o CBPF (ENDLER, 2015).

sala dos microscópios no CBPF. Anna Maria Endler foi quem iniciou, em 1963, o trabalho do CBJ, juntamente com duas microscopistas, Terezinha Villar e Ermelinda Gonçalves, e com a ajuda de estudantes. (ENDLER, 2015). As atividades desenvolvidas nos trabalhos da CBJ possuíam forte componente artesanal, principalmente no que se refere à participação de mulheres microscopistas treinadas e de estudantes que buscavam material para as suas pesquisas (ENDLER, 2015).

Contudo, em 1969 Anna Maria deixava a CBJ para participar de colaborações ainda na área das interações a altas energias, mas em aceleradores na Alemanha; e, Neusa assumiu integralmente a coordenação do grupo do CBPF na Colaboração Brasil - Japão.

Anna Maria, em seu livro autobiográfico “Perseverança” (2021), relembra da ocasião em que procurou Neusa Amato para confiar-lhe a coordenação do CBJ:

Fiquei preocupada em largar toda a pesquisa que eu tinha implantado na colaboração e que estava funcionando bem no CBPF. Então, procurei alguém que se interessasse em manter aqueles trabalhos. Perguntei a Neusa Amato – outra pioneira da física no Brasil – se ela ficaria à frente da colaboração. Ela aceitou, o que me deixou contente, pois, agora, sabia que haveria continuidade do que eu tinha iniciado. (ENDLER, 2021 p. 61-62)

E, de fato, a Colaboração seguiu sendo um sucesso. Segundo a própria Endler relata que o empreendimento se tornou uma linha de pesquisa da instituição e cresceu no departamento a ponto de ser a sua atividade principal durante décadas. O grupo foi crescendo com “[...] a adesão de alunos de iniciação científica, que participavam de seminários sobre os estudos fundamentais da matéria e das partículas” (ENDLER, 2021 p. 59).

Nessa época, Neusa cumpriu um papel fundamental de orientar e auxiliar os alunos e visitantes em suas pesquisas.

A partir daí, estreita-se a relação de parceria e trabalho que se firmou entre Neusa Amato e César Lattes; este último, demandava esforço adicional de adaptação à sua metodologia de trabalho (MARQUES, 2007). A própria Neusa relata, com humor: “[...] olha, eu posso dizer assim, parece até que eu quero me esnoabar, mas eu posso dizer que eu acho que eu fui a única pessoa com quem ele não brigou. Volta e meia tinha alguém que se desentendia com ele.” (AMATO, 2009)¹⁸

¹⁸ Transcrição de trecho de entrevista concedida por Neusa Amato para o CBPF em 28 de janeiro de 2009.

Vale mencionar um episódio divertido relatado em entrevista para o professor Cássio Vieira, provocado pela seguinte indagação do professor:

Professor Cássio: A professora Endler disse que todo mundo tinha medo do Lattes. Ela disse que só a senhora enfrentava o Lattes. Uma vez, tocou o telefone, era o Lattes ligando pra senhora, dizendo que era pra pôr o nome de alguém no trabalho e a senhora disse assim "não boto, porque ele não trabalhou!". A senhora se lembra disso?

Neusa: Lembro sim [...] eu lembro que eu mandei um resumo [...] eu botei o meu nome e quem? Eu sei que eu não botei o nome dele [de um terceiro pesquisador cujo nome não é revelado]. - "Oh Neusa, eu recebi um trabalho e tem um erro muito importante. Eu pensei - "meu deus, chato né, mandei pro Lattes um trabalho errado; aí que vergonha." Aí perguntei, "erro? qual foi o erro?" - "Ah, no trabalho você esqueceu o nome de um dos autores. o [...]. Aí eu falei pra ele: "não esqueci não. Eu não botei o nome dele porque ele não fez nada no trabalho. Só entra com o nome as pessoas que trabalharam". Aí, alguém tava perto de mim e disse - "meu deus, como vc fala com ele!" eu disse "ah, comigo é assim, não trabalhou não?" Aí eu disse que não entrava, e não entrou mesmo. E ele não falou nada não. (AMATO, 2009)¹⁹

Em episódio análogo, Neusa nos conta que

[...] Ele [Lattes] tinha mania de chegar tarde e ir ficar até tarde né, ele nunca tinha o horário igual ao da gente, aí um dia depois que nós saímos ele ficou, e aí no dia seguinte a Ana Maria estava lá na mesa dela, e ele chegou logo depois, aí eu entrei na minha mesa, quando puxei a cadeira, tudo arrumadinho, tudo arrumadinho, tudo arrumadinho. Aí ela disse [a Ana Maria Endler] que eu botei a mão na cintura e falei "não gostei, a minha mesa tá uma coisa que eu não tô achando nada do que eu quero" aí ele todo com medo, não sei porque ele tinha medo de mim "não, Neusa, é que eu arrumei, estava tudo fora do lugar, eu dei uma arrumadinha pra você achar. "- arrumadinha nada, agora que eu não acho nada! Arrumada do meu modo, eu abria cada lugar e já sabia onde estava, agora não" - Ah, desculpa." Não sei porque ele pedia desculpa, devo ter cara de brava né? Mas ele me respeitava, sabe? (AMATO, 2009)²⁰

Como fica claro nesses episódios, Neusa sabia como ninguém lidar com o Professor César Lattes, que era uma pessoa difícil, exigindo muita adaptação à sua metodologia de trabalho. Mas Neusa não se abalava e impunha, sem medo algum, suas opiniões e modo de agir.

A respeito desses episódios, sua colega Anna Maria Endler relatou:

Sendo o Professor Lattes temperamental e, muitas vezes, descontrolado, eu sempre tinha receio de que as divergências de opiniões de Lattes e Neusa acarretassem, na sala onde nós três trabalhávamos, alguma explosão do Lattes, como era costume se observar em outras ocasiões com outras pessoas. Mas, para meu espanto, isto nunca aconteceu na nossa sala. O Professor Lattes retirava sua opinião e concordava com a da Neusa, pedindo até desculpas. "[...] eu assistia a tudo isso pasma de surpresa. *Era Neusa quem determinava todo o desenvolvimento do trabalho; inclusive, quem deveria assinar os trabalhos, discordando, com toda sabedoria, da indicação proposta pelo Professor Lattes* (ENDLER, 2015, p. 167, grifo nosso).

¹⁹ idem.

²⁰ ibidem.

A física era determinada e possuía um grande carisma que rodeava todos à sua volta (ENDLER, 2015). Lattes, por sua vez, tinha forte personalidade e metodologias específicas de trabalho, principalmente sendo na maioria das vezes avesso à adoção da modernização de técnicas, posição enraizada devida às carências em que a ciência precisou se adaptar após o fim da guerra. Um exemplo disso é que, a princípio, Lattes foi resistente às ideias de modernização dos laboratórios do CBPF quando se tornou possível a digitalização das imagens dos microscópios mediante dispositivos de alta resolução e baixo custo.

Contudo, tempos depois, a partir do intermédio e obstinação de Neusa Margem o CBPF adotou o sistema digital assistido por computadores, facilitando a rapidez e a precisão das análises. Vejamos a seguir, um relato do físico experimental Alfredo Marques de Oliveira, que teceu importantíssimas considerações a respeito de sua convivência com Neusa durante os anos de trabalho no CBPF:

[...] sugeri a Lattes substituir nossos sistemas analógicos para densitometria por um sistema digital assistido por computador em nome da rapidez das análises. Recordo de Lattes me ter advertido de que aquela prática tinha o inconveniente de afastar o observador do objeto sob observação e que isso poderia gerar incontáveis equívocos. Argumento incontestável; aceitei-o e desisti da ideia. Qual não foi minha surpresa quando encontrei no laboratório de Neusa no CBPF, anos depois, um reluzente sistema para densitometria ótica, constituído por um microscópio digitalizado acoplado a um PC. É verdade que Lattes dera, nos últimos anos, numerosos exemplos de que tornara mais flexível sua posição com respeito às práticas modernizadoras, mas de qualquer forma reputo à firmeza de Neusa Amato a conquista daquele instrumento (MARQUES, 2007, p.8-9).

Diante de tais relatos, podemos observar a firmeza e a coragem da física em seu ambiente de trabalho, principalmente para com os seus colegas e chefe de laboratório em se fazer voz ativa diante de suas necessidades e ideais. Já não é novidade que as mulheres demoraram a adentrar nas carreiras científicas e que as poucas que conseguiram tiveram inúmeras dificuldades para publicar seus trabalhos, obter parcerias e, principalmente, liderar grandes laboratórios e grupos de pesquisas. Essa realidade vem se modificando ao longo dos últimos anos. A atuação da mulher em ambientes demarcados pela presença do homem é notadamente predominante, por exemplo, nas ciências exatas e da terra. Dessa forma, tem surgido espaços para discussões e para a emergência de estudos que abordem as relações de gênero.

Enquanto observamos esses últimos relatos, notamos que, apesar de Neusa estar em um ambiente em que se tinha um maior quantitativo de homens pesquisadores em relação ao de

mulheres, e de vivenciar uma época em que existia uma hegemonia masculina nos campos de atuação das ciências, a física conseguiu alcançar notoriedade, respeito e prestígio em sua carreira.

A sua seriedade profissional, competência e entusiasmo para com a pesquisa científica, o trato para com os colegas contribuíram fortemente para a cooperação entre os pares no engajamento da CBJ e demais projetos que se seguiram de forma primorosa, Neusa Amato desenvolveu seu trabalho de pesquisa, realizou intercâmbio e orientou estudantes na quietude dos laboratórios (MARQUES, 2007).

O CBPF contou com a sua firmeza e qualidade durante inúmeras crises com as quais se defrontou ao longo do século XX. Apesar de muito jovem, aos seus 24 anos ela foi protagonista do primeiro trabalho científico que marcou os primeiros anos da instituição, dando-lhe visibilidade e credibilidade. Na seção a seguir, discutiremos em detalhes o referido trabalho, entre outras principais contribuições de Neusa, fruto da sua pesquisa com Emulsões Nucleares nos laboratórios do CBPF.

1.5 AS CONTRIBUIÇÕES DE NEUSA AMATO PARA A FÍSICA EXPERIMENTAL NO BRASIL

O ano era de 1949 quando Lattes trouxe consigo emulsões expostas no acelerador de Berkeley. Essas chapas que deram origem, no CBPF, à Divisão de Emulsões Nucleares. Nesse contexto, podemos citar duas personagens importantíssimas que iniciaram estudos sobre as formas de decaimento do pión, Elisa Frota-Pessôa e Neusa Amato. Quem narra o processo de implantação desta Divisão é outra renomada física pioneira brasileira, colega de Neusa e Elisa, Anna Maria Endler:

Em 1o de março de 1951, já no pavilhão Mário de Almeida, Neusa e Elisa montaram a Divisão de Emulsões Nucleares do CBPF, treinando dezenas de microscopistas para o trabalho de analisar interações de partículas que deixavam rastros em emulsões nucleares. Tratava-se de um aprendizado difícil e cauteloso, exigindo muita dedicação e paciência. Neusa conseguiu criar e manter a Divisão de Emulsões Nucleares por muito tempo com grande dedicação, controlando o trabalho diário das microscopistas, para que as medidas fossem confiáveis e de alta qualidade. Suas qualidades de perseverança e competência transformaram a Divisão de Emulsões Nucleares do CBPF num marco característico da instituição nas primeiras décadas de sua

existência. Muitos estudantes na época (hoje, físicos renomados) foram seus estagiários. (ENDLER, 2015 p. 161)

Um dos principais resultados das primeiras análises das emulsões trazidas por Lattes foi a determinação com precisão de maior probabilidade de decaimento do píon positivo. Desse modo, a pesquisa intitulada “Sobre a desintegração do méson pesado positivo” discorre a partir dos resultados encontrados anteriormente pelo grupo de Berkeley que utilizou como método chapas fotográficas nucleares do tipo C3 expostas a π^+ produzidas no ciclotron de 184 polegadas. Tais chapas, detectaram π^+ em boas condições geométricas, de modo que a massa dos mésons foi determinada com bastante precisão. De maneira geral, os mésons que foram obtidos pelas autoras, deram-se a partir do bombardeio de um alvo de grafite por prótons de energia igual a 350 milhões de elétrons-volts, acelerados no ciclotron de 184 polegadas de Berkeley (FROTA-PESSOA; MARGEM, 1950).

A relevância desses resultados potencializou a formulação de uma teoria universal da força fraca. Contudo, esse trabalho, na época, não recebeu a devida atenção da comunidade internacional devido ao fato de ter sido publicado nos Anais da Academia Brasileira de Ciências. A justificativa para a publicação se baseou no fortalecimento da comunidade científica brasileira, visto que essa viria a ser a primeira publicação científica do CBPF, que as desencorajaram a divulgarem seus resultados em uma merecida publicação internacional. O relato abaixo explicita a ocasião da publicação do artigo; nas palavras de Elisa:

E foi assim: Lattes trouxe umas chapas expostas dos Estados Unidos e tinha que fazer um determinado estudo nelas. Eu me encarreguei disso, e ele dizia: “Suspende esse trabalho, vem discutir outros assuntos, porque esse trabalho os americanos não conseguiram fazer.” Eu teimei: Não faz mal, eu vou tentar. [...] Fiz um estudo com uma estatística muito grande e mostrei o que eles estavam querendo saber. [...] Ia mandá-lo para publicação em uma revista americana. Cheguei a mandá-lo e foi aceito, mas pediram uma pequena alteração no texto. Como era o primeiro trabalho do Centro, Lattes entusiasmou-se e pediu-me para fazer a comunicação logo e publicá-lo na Academia Brasileira de Ciências. [...] O trabalho saiu, mas não foi conhecido no exterior. Só mais tarde ficou conhecido, mas já não tinha a importância que poderia ter no momento em que saiu. Achei chato, porque era um trabalho importante e que não figurou como tal (FROTA-PÊSSOA, 2012, p.10-11).

Esse trecho foi extraído de uma entrevista da física Elisa Frota-Pêssoa, coautora do trabalho juntamente com a sua amiga Neusa. A entrevista foi concedida à revista de divulgação científica *Cosmos e Contexto*, no ano de 2012. Tal relato pode nos apontar os sentidos ligados às relações de poder que permeiam a ciência e as instituições, em que nessa situação apresentada, pode ser representada pelas disputas entre homens e mulheres cientistas.

De acordo com a narrativa, evidenciamos barreiras expressivas de desencorajamento e competitividade que marcaram a trajetória das duas físicas. Essas barreiras, impostas por um homem de grande estigma e poder, representado por Lattes, demonstram uma possível dificuldade de aceitação de prestigiar um trabalho feito por mulheres, que foi desacreditado inicialmente e que, de forma consciente ou inconsciente, resultou em uma não valorização internacional.

Tomando como exemplo a situação que destacamos acima, observamos que, ao nos reportarmos para a trajetória das físicas e autoras do primeiro trabalho do CBPF, encontramos dificuldades tanto no início de suas carreiras, quanto durante, tendo sido reveladas a partir das poucas expectativas por parte dos seus pais, dos seus superiores hierárquicos e dos entraves da conciliação entre trabalho e cuidado doméstico.

Esse episódio nos possibilita refletir sobre a inclusão subalterna das mulheres nas ciências. Dentre as discussões de gênero, temos que a cultura também faz parte dos fatores de exclusão das mulheres brasileiras na pesquisa científica e, conseqüentemente, a sub-representação nas posições de prestígio no campo científico. Todas essas são conseqüências condicionadas por múltiplos fatores impostos pela sociedade. Desse modo, impedidas de publicarem com alcance internacional um trabalho genuíno, feito alcançado na área em ascensão ao qual ambas se dedicaram durante vários anos, por conta da imposição feita por Lattes, os nomes de Elisa Frota-Pessôa e Neusa Amato permaneceram desconhecidos, invisíveis à comunidade internacional.

Tal incidente demonstra, na prática, o processo de invisibilização a qual cientistas mulheres foram submetidas ao longo das suas trajetórias profissionais durante o período de institucionalização da física no Brasil; neste caso específico, tendo sido impedidas de ampliar o acesso de seus resultados por meio de divulgação que poderia ter se dado em nível internacional. Com isso, ressaltamos a necessidade de estudos de Gênero, Ciência e Tecnologia centrados na valorização de experiências femininas, a fim de desconstruir o machismo existente nessas áreas (MOREIRA; VELHO, 2010; MELO, 2006).

Nessa perspectiva, seguindo com as discussões sobre as contribuições científicas de Neusa Amato para a ciência brasileira, também temos o emprego da técnica de emulsões nucleares por ela para um estudo inédito e de alta relevância, encomendado pelo Instituto

Oswaldo Cruz sobre a distância média do voo do mosquito e a transmissão de doenças. No trecho a seguir, a própria Neusa é quem narra como se deu a realização do trabalho:

[...] eu trabalhava junto com a Elisa. O primeiro trabalho do CBPF eu fiz com ela, foi sobre emulsões. Porque quem trabalhou em emulsões foi o César Lattes. Aí quando ele estava em Berkeley, trouxe umas emulsões de lá. Mas, antes disso, teve um trabalho que a gente fez sobre mosquito, do instituto Oswaldo Cruz, sobre o alcance do voo do mosquito. Então eles criavam a larva do mosquito em um lugar e depois iam catando os mosquitos pra ver até quanto de distância chegava o mosquito. Criavam a larva num líquido que tinha radioatividade, um líquido radioativo. Aí depois pegavam aquelas larvas - porque eu trabalhava com emulsões, e tem emulsão que a gente já compra pronta, já feita no vidro, e tem emulsão que a gente chama de emulsão líquida, então a emulsão líquida a gente espalha, espera secar, depois revela e tudo. Então, esses mosquitos eram criados num produto radioativo. Aí a gente espalhava aquelas larvas na solução emulsiva e revelava. Aí nos lugares onde tinha as larvas - aquele produto, é... urânio, eles emitiam aquelas alfas e a gente detectava a quantidade que tinha na distância tal, e via até onde a gente conseguia detectar pra ter uma ideia do alcance do voo. Então nosso primeiro trabalho foi esse, do alcance do voo do mosquito. [...] a gente espalhava a emulsão por cima daquelas larvas, e aí era o trabalho na câmara escura [...] aí espalhava, depois revelava, igual como se fazia fotografia (AMATO, 2009)²¹

O ano era 1955 quando Mário B. Aragão, Elisa Frota-Pessôa e Neusa Margem apresentaram em plenário na “*1st. International Conference for Peaceful Applications of Atomic Energy*”, em Genebra, o trabalho desenvolvido por eles intitulado como “*A new Radioactive Method for Marking Mosquitoes and its Application*” (ARAGÃO; FROTA-PESSÔA; MARGEM, 1956).

Esse estudo foi o único trabalho brasileiro selecionado e publicado na conferência sobre energia atômica e especificamente na sessão “*Radioactive isotopes and nuclear radiations in medicine: diagnoses and studies of disease*”. Metodologicamente, os autores utilizaram larvas mantidas em água tratada com nitrato de tório que foram examinadas durante dois meses por técnicas de autorradiografia²². A exposição da emulsão fotográfica à radioatividade das amostras foi realizada durante alguns dias a baixa temperatura. Tal trabalho obteve um impacto positivo no que se refere às suas contribuições para as pesquisas envolvendo técnicas nucleares na identificação e detecção de vetores causadores de doenças, a exemplo, a malária (ARAGÃO; FROTA-PESSÔA; MARGEM, 1956).

²¹ Transcrição de trecho de entrevista concedida por Neusa Amato para o CBPF em 28 de janeiro de 2009.

²² A autorradiografia é uma técnica de imagem de detecção no qual é utilizado o raio X ou o filme fotográfico que utiliza fontes radioativas contidas na amostra exposta para produzir uma imagem no filme. Isto é, Autorradiografia é o processo de tirar um tipo de foto, chamado autorradiografia, que mostra a concentração relativa de material radioativo presente no objeto em questão.

Segundo relata a profa. Neusa, o trabalho sobre o alcance do voo do mosquito foi o primeiro trabalho em que ela e Elisa utilizaram emulsões. De acordo com a física (AMATO, 2009)²³ esse trabalho foi realizado a pedido da Fundação Oswaldo Cruz, antes do trabalho com as emulsões do Lattes [trazidas de Berkeley, que resultou na publicação pioneira do CBPF. Parece ser um consenso entre os historiadores que o início do trabalho de Elisa e Neusa com emulsões se deu a partir da volta de Lattes ao Brasil trazendo emulsões de Berkeley. Entretanto, a verdade é que ambas já haviam protagonizado, anteriormente ao primeiro estudo do CBPF em 1950, o trabalho sobre o alcance do voo do mosquito, que só seria reconhecido publicamente, como vimos, a partir de 1955.

O trabalho experimental desempenhado por Mario Aragão, Elisa Frota-Pessôa e Neusa Amato abriu espaço para o uso de diferentes técnicas de marcação de mosquitos. A partir desse trabalho, conseguiram determinar o tamanho da população, distribuição e distância de voo nos estudos voltados ao comportamento dos insetos vetores da malária, bem como sua sobrevivência, que passou a ser investigada com maior precisão pelas ciências médicas e biomédicas. Para além, temos a contribuição de tal estudo para outras áreas, como é apresentado no trabalho intitulado “*Radioisotopes for research on and control of mosquitoes*” de autoria Leonard Bruce - Chwatt (1956), que discutiu as aplicações práticas de isótopos radioativos na medicina.

O autor reuniu os trabalhos já conhecidos na área, apresentando as potencialidades de cada contribuição científica para o conhecimento da época, no que concerne ao uso de materiais radioativos na pesquisa sobre o controle de malária e na fabricação e utilização de inseticidas. Ademais, concluiu-se que as pesquisas biológicas tiveram grande propulsão a partir do progresso técnico na fabricação de equipamentos eletrônicos confiáveis, juntamente com a produção em larga escala de conhecimento em isótopos radioativos em mosquitos.

Nesse sentido, dentre os trabalhos desempenhados por Neusa Amato com a utilização das práticas experimentais com emulsões nucleares, podemos citar três publicações relevantes no “XIV Encontro Nacional de Física de Partículas e Campos” sediado no município de Caxambu, Minas Gerais em 1993. Nesse Encontro, participaram cento e cinquenta e cinco físicos brasileiros e seis estrangeiros, com o suporte financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do

²³ Fonte: entrevista concedida por Neusa Amato para o CBPF em 28 de janeiro de 2009.

Estado de São Paulo (FAPESP), do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) e da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP). Contou ainda, com o suporte e publicação dos anais da Sociedade Brasileira de Física (SBF) e da infraestrutura do Instituto de Física da Universidade de São Paulo (IFUSP).

Esse encontro se constitui como sendo hoje no Brasil o principal fórum de interação dos pesquisadores e estudantes brasileiros que se ocupam nas mais diversas áreas fundamentais do conhecimento: Cosmologia, Gravitação e Relatividade (CGR), Fenomenologia das Partículas Elementares (FPE), Física Experimental de Altas Energias (FEX) e Teoria Quântica de Campos (TQC). Nesse cenário, temos a contribuição significativa de Neusa Amato e colaboradores (1993) no trabalho intitulado como “Evidência do Fenômeno de Alinhamento em Famílias de Υ -Hádrons Detetadas em Câmaras de Emulsão Nuclear” que discorrem sobre a tendência de alinhamento das cores mais energéticas nas superfamílias das partículas gamas e hádrons²⁴.

Neste trabalho, os autores explicam matematicamente os fenômenos de alinhamento das partículas mais energéticas com base nos modelos existentes; no entanto, os resultados que embasaram a pesquisa não conseguiram provar a flutuação das cores energéticas das superfamílias estatisticamente detectadas em Chacaltaya, na Bolívia (MUKHAMEDSHIN, 1994). Para a execução da atividade, consideraram as partículas mais energéticas (gamas e hádrons) para o cálculo de alinhamento, que foi realizado sob a luz dos eventos do Tipo Centauro²⁵, encontradas nos estudos realizados pela CBJ de Raios Cósmicos.

Os resultados obtidos pela física Neusa Amato e colaboradores para o evento Centauro foram comparados com aqueles já calculados na época e tomaram como referência a produção de jatos, que estava de acordo com as ideias teóricas de Gribov, Levin e Ryskin (1983) com base na Cromodinâmica Quântica (QCD), a teoria das interações fortes (AMATO *et al.*, 1993). Dessa forma, os resultados obtidos pela física e demais, apontaram para um alinhamento das

²⁴ Na física de partículas, é uma partícula composta, formada por um estado ligado de quarks. Os hádrons, que incluem os bárions e os mésons, mantêm sua coesão interna devido à interação forte (TRIPLER, 1978).

²⁵ Dentre os resultados obtidos na CBJ para as pesquisas nas áreas da Física de Raios Cósmicos, Altas Energias e de Partículas, temos a observação das famílias atmosféricas conhecidas como eventos do Tipo Centauro. Sua característica principal é a predominância da componente hadrônica e essa permite a sua identificação, que utiliza certos critérios baseados em características observáveis. Os critérios, apesar de toda fundamentação teórica, são considerados subjetivos, que coloca em dúvida a existência das famílias do Tipo Centauro (BARROSO, 2001).

cores mais energéticas no evento Centauro, verificando, assim, que este está de acordo com o modelo que prevê a produção de jatos com base na QCD.

Ainda na seara dos trabalhos publicados por Neusa Amato, temos que ela e seus colaboradores tiveram um segundo trabalho apresentado no “XIV Encontro Nacional de Física de Partículas e Campos”, intitulado como “As Razões *Lepton-Antilepton* Calculadas ao Nível do Mar” (PORTELLA, *et al.*, 1993). Neste trabalho, os autores se dedicaram em calcular analiticamente as razões entre as funções de energia e ângulo zenital do lepton; para tal, consideram-se os neutrinos e antineutrinos muônicos como decaimentos dos mésons e dos múons. Os fluxos dessas partículas são obtidos a partir dos decaimentos dos mésons e dos múons, nos quais essas razões dependem fortemente das razões do excesso de prótons existentes no topo da atmosfera.

Ainda no “XIV Encontro Nacional de Física de Partículas e Campos”, os autores apresentaram também, o terceiro trabalho intitulado como “*The μ^+ / μ^- - Ratio at Sea Level and the n/p e $n / (p + \pi^\pm)$ Ratios*” (PORTELLA, *et al.*, 1993). Neste trabalho, resolveram analiticamente as equações do comportamento das componentes hadrônicas da radiação cósmica na atmosfera; para tal, derivaram os fluxos de hádrons no espectro vertical de múons. As relações n/p e $n / (p + \pi^\pm)$ foram estimadas em diferentes profundidades atmosféricas e a razão μ^+ / μ^- foi calculada em relação ao nível do mar e comparada com os resultados de diferentes dados experimentais. De maneira geral, os autores debruçaram-se sobre o comportamento da propagação da radiação cósmica pela atmosfera como ponto de partida de análise dos dados experimentais. Diante disso, os aspectos matemáticos deste trabalho resumem-se na aquisição da solução da equação de difusão, levando em consideração as perdas de energia das partículas que constituem a radiação cósmica em consequência das interações com os núcleos de ar em diferentes profundidades atmosféricas (BRUNETTO, 1990).

Nesse sentido, Neusa Amato e colaboradores obtiveram os fluxos de nêutrons e prótons considerando a relação n/p que aumenta com a profundidade atmosférica e com a energia, caracterizando assim, como função do excesso relativo de prótons no topo da atmosfera. A dependência energética de interação de hádrons na atmosfera é consequência do crescimento da seção de choque inelástico com a energia, o que foi observado em experimentos de radiação cósmica e de aceleradores (PORTELLA, *et al.*, 1993). Tal temática despertou interesse da física em outros trabalhos publicados no final do século XX, conforme veremos a seguir.

A teoria dos Semigrupos é aplicada com sucesso na integração de importantes e fundamentais equações da Física, como problemas da mecânica quântica e eletrodinâmica quântica. Dentre os trabalhos que se debruçaram em utilizar esse método, temos a produção intitulada como “Teoria dos Semigrupos e a Difusão das componentes hadrônicas e eletromagnética na atmosfera” (AMATO *et al.*, 1997), apresentado no XVIII Encontro Nacional de Partículas e Campos, em Caxambu, Minas Gerais. Nesta pesquisa, Neusa e os demais colaboradores mostraram que a difusão dos componentes hadrônica e eletromagnética na atmosfera são exemplos considerados que podem ser solucionados por esse método. Sendo assim, resolveram as equações de difusão unidimensionais dos núcleos dos mésons e da cascata eletromagnética na atmosfera com o método acima mencionado.

Neste trabalho, a física e os demais autores demonstraram que as soluções gerais se constituíram como sendo expressões simplificadas quando estimaram uma dependência da energia do tipo lei de potência para o caminho livre médio de interação e do espectro de energia primário (AMATO, *et al.*, 1997). De acordo com a literatura específica, a dinâmica para o cálculo das equações difusas da componente hadrônica leva em consideração as partículas primárias que atingem o topo da atmosfera e do espectro dessas partículas que causam dependência energética a partir da interação dos hádrons com a atmosfera.

Com isso, utilizaram os resultados das componentes hadrônicas e eletromagnéticas obtidos analiticamente com aqueles encontrados em Chacaltaya (540 g/cm²) e em Fuji (650 g/cm²)²⁶. Observaram que desta comparação encontraram um coeficiente de valor em desacordo com a seção de choque obtido das outras experimentações $a = 0,10$ e não o esperado que seria $a = 0,06$. Concluíram, então, que as possíveis discrepâncias encontradas seriam da quebra do “scaling”²⁷ na região de fragmentação e/ou um crescimento mais rápido da seção de choque do tipo $\ln^2 E$ (AMATO, *et al.*, 1997).

²⁶ São analisados eventos de múltiplas partículas de alta energia pela indução de radiação cósmica na atmosfera. As partículas que chegam ao detetores possuem a consistência com os dados experimentais obtidos pela CBJ expostos a radiação cósmica no Observatório do Monte Chacaltaya, na Bolívia, a 5200 m acima do nível do mar. O primeiro alvo para a radiação cósmica na Terra será a atmosfera (540 g/cm de espessura até Chacaltaya) em seguida, os alvos são os componentes dos próprios detetores (CHINELATTO, 1981).

²⁷ Os estudos sobre Interações Hadrônicas de Altas Energias, que foram desenvolvidas pioneiramente pela CBJ de Raios Cósmicos, iniciaram em 1962 e com isso, diversos estudos da área foram realizados. A correlação entre o momento transversal médio $\langle Pt \rangle$ e a densidade de rapidez das partículas obtidas resultaram da interpretação dada pela CBJ e dessa correlação indicaram o aumento do momento transversal com multiplicidade, os resultados foram interpretados como confirmadores do chamado *scaling* de Feynman. A quebra do *scaling* é o resultado dessa correlação preconizada pioneiramente pela CBJ (CBJ, SHIBUYA, s/d).

Segundo afirmam Melo e Rodrigues (2013), além da importância de vários de seus trabalhos, a grande contribuição de Neusa para a física brasileira foi ter se dedicado a liderar, durante muitíssimos anos, a manutenção do Laboratório de Emulsões Nucleares do CBPF e a colaboração Brasil-Japão (CBJ), conforme já discutimos anteriormente.

A CBJ ajudou a consolidar o CBPF como um centro de excelência em física de partículas elementares e contribuiu para o desenvolvimento da ciência no Brasil. Alguns dos resultados mais importantes da CBJ incluem a descoberta de novos tipos de partículas elementares, como os mésons K e os híperons; a compreensão da natureza dos raios cósmicos; e o desenvolvimento de novos detectores de raios cósmicos. A CBJ também ajudou a formar uma geração de físicos brasileiros de alto nível, que continuariam a trabalhar na área de física de partículas elementares (VIEIRA, 2009).

1.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, apresentamos a trajetória e as contribuições de Neusa Amato para a Física, bem como para as pesquisas físicas e experimentais realizadas nos laboratórios de emulsões nucleares durante mais de quarenta anos do CBPF, com o objetivo de contribuir para uma historiografia mais plural da Física no Brasil. A trajetória da vida da física foi permeada por barreiras visíveis e invisíveis encontradas ao longo de sua carreira, uma vez que a ciência era vista principalmente como uma área majoritariamente masculina e moldada sob a primazia do patriarcado.

As atividades e as pesquisas científicas, durante muitos anos, foram tidas como campos exclusivamente masculinos; contudo, essa realidade torna-se complexa ao modo em que nos dedicamos à literatura da História das Mulheres nas Ciências e constatamos que as mulheres participaram ativamente do desenvolvimento científico (LÖWY, 2020). Apesar disso, as mulheres tiveram suas contribuições ocultadas e minimizadas. Mulheres que, a exemplo de Neusa Amato, Elisa Frota-Pessôa e Anna Maria Endler eram fiéis colaboradoras, técnicas, esposas, irmãs, mães e, além de tudo isso, pesquisadoras em tempo integral. As imagens

promulgadas no espaço público dos pesquisadores eram de indivíduos do sexo masculino representando o “sábio” e nunca uma sábia (MELO; RODRIGUES, 2018).

Tal cenário sofre significativas mudanças com o movimento das mulheres e a entrada delas em números cada vez maiores em disciplinas científicas. É nesta perspectiva que apresentamos, neste trabalho, a trajetória e os feitos da física Neusa Amato, que atuou durante vários anos em um país que, como vimos, estava passando por inúmeros processos de transformações sociais, políticas, científicas e tecnológicas no pós Segunda Guerra, período propício para o desenvolvimento da Física Nuclear, área em que o Brasil se destacou e contribuiu durante muitos anos no cenário internacional graças a pesquisas como as de Neusa Amato, envolvendo emulsões nucleares.

Desse modo e, não muito diferente de outras mulheres cientistas, Neusa Amato contrariou a vontade de seus pais ao optar pelo curso de Física e, mesmo após conseguir se consolidar na área, enfrentou e venceu inúmeros obstáculos. Por exemplo, teve que conciliar, sobretudo após a morte prematura do marido - que, constituindo uma rara exceção à época, participava dos cuidados da casa e dos dois filhos do casal - a maternidade com uma árdua carreira científica, em uma época em que as mulheres tinham que encarar o preconceito e os estereótipos para trabalharem fora de casa, em que a maternidade era vista como uma experiência puramente biológica e como um destino irrecusável a toda mulher. Contudo, tal realidade há muito tempo foi contrariada pelas lutas feministas, que evidenciaram a maternidade como um construto social, cultural e histórico, que destinava o papel da mulher na família e na sociedade (SCAVONE, 2001).

Dessa forma, revela-se de grande importância e necessidade estudar sobre a trajetória de mulheres na ciência, bem como seu contexto histórico, produções e contribuições para a ciência e sociedade em geral. São tantos casos de mulheres cientistas que desenvolveram pesquisas e fizeram grandes descobertas nos últimos séculos e, apesar da grande relevância em situar esses acontecimentos, ainda nos dias de hoje, muitas dessas contribuições permanecem invisíveis e silenciadas perante a História. De acordo com Löwy (2020, p. 24) “não se deve esquecer que a Ciência é um empreendimento de caráter cumulativo e que, portanto, seu passado, do qual as mulheres foram excluídas, continua pesando sobre o presente”. Isto é, para a autora, apesar dos ganhos da inserção feminina observados atualmente, os principais nomes com “propriedade”

para fazer Ciência ainda são em sua maioria do sexo masculino, com prêmios Nobel e representantes das academias de ciências.

Assim, ressaltamos e defendemos a introdução da perspectiva das discussões de gênero e ciência na História das Ciências, a fim de colaborar com a formação da consciência crítica de gênero na formação de jovens e adultos cientistas, como bem ressaltado por Schiebinger (2001). Sendo assim, partimos da importância de problematizar os aspectos sociais da ciência, a fim de desconstruir os valores e características sexistas atribuídos às mulheres no passado, e promover o seu devido reconhecimento na produção de conhecimento.

Como vimos ao longo deste estudo, é notório que Neusa Amato deixou um importantíssimo legado para a ciência brasileira. Suas pesquisas com emulsões nucleares, técnica extremamente trabalhosa, colocou o Brasil no seleto grupo de países com tecnologias, como os aceleradores e recursos financeiros e humanos.

Neusa dedicou-se ao desenvolvimento e avanço da ciência com a tentativa de levar o nome do Brasil, a partir de seus trabalhos, para o cenário mundial. A cientista, que se destacou pelas suas conquistas, com muita humildade fazia questão de afirmar terem elas sido frutos do trabalho coletivo. Esse é um dos motivos pelos quais não é possível mensurar com precisão o alcance das contribuições de Neusa Amato, uma vez que ela só publicava de forma coletiva, jamais assinava um trabalho sozinha. A esta altura vale destacar, como bem colocado por Vieira (2009, p. 237), que esse conceito de diluição de autoria

[...] pode certamente ser aplicado, até certo ponto, aos primeiros anos da Colaboração Brasil-Japão. Ali, cerca de uma dezena de autores costumava assinar os artigos, nos quais é difícil apontar qual o papel exato de cada pesquisador no experimento – essa diluição ocorreu, mais tarde, quando o Brasil estabeleceu convênios internacionais na área de física de partículas, como o do Fermilab. (VIEIRA, 2009 p. 237)

Neusa trabalhou, até o final de sua carreira, com a detecção de raios cósmicos de altas energias ao longo de toda sua carreira, totalmente desenvolvida no CBPF. Somente no ano de 1981 ela se tornaria professora Titular desta instituição. Neusa tornou-se uma especialista de renome internacional na técnica de emulsões nucleares (chapas fotográficas especiais então empregadas no estudo da física nuclear), tendo como foco de suas pesquisas os raios cósmicos (partículas cósmicas ultra-energéticas de origem ainda hoje desconhecida que bombardeiam a atmosfera terrestre a todo instante). Sua carreira profissional se estendeu de 1950 a 1996,

quando foi aposentada compulsoriamente. Neste mesmo ano, recebeu do CNPq a medalha de honra ao mérito (CBPF, 2006).

A história de Neusa Amato é representativa de como as mulheres dependem de redes sólidas de apoio para produzir ciência em um meio construído de acordo com parâmetros masculinos da sociedade ocidental. Daí a importância da defesa à igualdade de direitos parentais em todos os âmbitos, sobretudo na Academia, no sentido de ampliar esses espaços para que mães cientistas não se vejam prejudicadas por um sistema que, por ser hegemonicamente masculino, não leva em conta as demandas e necessidades inerentes às cientistas mães. Nesse contexto, é notório que a história de Neusa tenha tido um final feliz: ao contrário de muitas mulheres que, ainda hoje, precisam abdicar da carreira científica para maternar, pois o sistema acadêmico e científico em geral não lhes permite esta conciliação, Neusa seguiu sua vocação até o fim da sua vida, inspirando gerações e gerações seguintes de mulheres cientistas.

A própria filha de Neusa, Sandra, seguiu os passos da sua mãe: atualmente, ela é professora de Física na UFRJ. Queremos finalizar este texto com um trecho de uma fala de Neusa sobre sua percepção da própria carreira, a fim de que a sua trajetória possa continuar inspirando novas gerações de cientistas e, também, para que sirva de incentivo à luta das mulheres, sobretudo mães, por direitos de igualdade de gênero e de apoio à maternidade de mulheres cientistas. A maternidade não deveria, em hipótese alguma, ser um impeditivo para a realização profissional de cientistas mulheres.

O CBPF pra mim foi praticamente a minha vida. Eu trabalhava não pelo dinheiro, eu trabalhava pelo prazer de trabalhar. Tanto que, quando eu completei a idade da aposentadoria compulsória, eu continuei lá um pouco [...] mas deu problema [...] eu frequentava o laboratório como se ainda não tivesse tido a aposentadoria, entendeu, porque eu fazia aquilo lá não era pra... era porque eu gostava dali. mas depois não sei porque deu esses problemas que não podia estar. Acho que tinham problemas burocráticos... aí foi que eu deixei. (AMATO, 2009)²⁸

²⁸ Transcrição de trecho de entrevista concedida por Neusa Amato para o CBPF em 28 de janeiro de 2009.

1.5 REFERÊNCIAS

AMATO, Neusa, CASTRO, F.M.O; MALDONADO, Regina Helena César, PORTELLA, Hélio Manoel; GOMES, Alcides da Silva. *Investigação sobre Correlação Angular de Partículas em Famílias Gamma - Hadron Detectadas por Câmara de Emulsão Nuclear*. IN: 23ª CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DO RAIÓ CÓSMICO.1993. V.4 p. 152.

AMATO, Neusa; LIMA, Carlos Eduardo Campos; PORTELLA, Hélio Manoel; MALDONADO, Regina Helena Cesar; GOMES, Alcides da Silva. *A Teoria dos Semigrupos e a difusão das Componentes II Hadrônica e Eletromagnética na atmosfera*. XVIII ENCONTRO NACIONAL DE FÍSICA DE PARTÍCULAS E CAMPO. Caxambu, Minas Gerais, p. 62 -67, 1997.

AMATO, N. MALDONADO, R. H. C. Super Famílias. Proceedings of the 10. National Meeting on Physics of Particles and Fields. 1989, p. 319-322.

ARAGÃO, M. B.; FROTA-PESSÔA, E.; MARGEM, N. *Novo método radioativo para marcar mosquitos* [A New radioactive method for marking mosquitoes]. Revista Brasileira de Malariologia. v. 10, p. 525-28, 1956.

BASSALO, José Maria Filardo. *As Raízes da Física Brasileira*. Rio de Janeiro: CBPF, 1990.

BEAUVOIR, Simone de. *O Segundo sexo*. Rio de Janeiro, Nova Fronteira, 2009.

BEZERRA, G.; BARBOSA, M. C. Mulheres na Física no Brasil. SBF, Sociedade Brasileira de Física - 50 anos. 2016, pp. 130-133. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/arquivos/SBF-50-anos.pdf>> Acesso em 18 ago. 2023.

BRUCE-CHWATT, Leonard J. *Bull World Health Organ*. 1956; 15 (3-5): 491-511.

BRUNETTO, Sérgio Querino. *Um estudo do comportamento das componentes hadrônicas da radiação cósmica na atmosfera em altas energias*. Tese (Doutorado em Física) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Física Gleb Wataghin, Campinas, SP. p. 87, 1990.

CHINELLATO, José Augusto. Determinação das Características Principais e Análise de um evento ("Ursa Maior") de energia observada da ordem de 10¹⁵ eV, detectado pela Câmara de Emulsões Nucleares, Filmes de Raio-X e Chumbo n^o 15 da Colaboração Brasil-Japão. Tese (Doutorado em Física). Instituto de Física Gleb Wataghin. Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Campinas, 1981, p.45.

COSTA RIBEIRO, Joaquim da. A Física no Brasil. In: AZEVEDO, Fernando de. (Org.). *História das Ciências no Brasil*. São Paulo: Melhoramentos, 1955.

ENDLER, Ana Maria Freire. Neusa Amato, pioneira. In: SAITOVITCH, E. M. B. *et al. Mulheres na física: casos históricos, panorama e perspectivas*. São Paulo: Livraria da Física, 2015.

_____. **Perseverança:** minha história como uma das primeiras pesquisadoras na área de física no Brasil. Rio de Janeiro: CBPF, 2021.

GRIBOV, Leonid Vladimirovič; LEVIN, Eugene M.; RYSKIN, Michail G. *Semihard processes in QCD*. Physics Reports, v. 100, n. 1-2, p. 1-150, 1983.

FREIRE, Maria Martha de Luna. 'Ser mãe é uma ciência': mulheres, médicos e a construção da maternidade científica na década de 1920. *História, Ciências, Saúde-Manguinhos*, v. 15, p. 153, 2008.

FROTA-PESSOA, Elisa; MARGEM, Neusa. *Sobre a desintegração do méson pesado positivo*. Anais da Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, v.22, n.4, p. 372-383, dez. 1950.

KELLER, Evelyn. Fox. *Qual foi o impacto do feminismo na ciência?* Cadernos Pagu, Campinas, n. 27, p. 13-34, jul./dez. 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cpa/a/bSBYcTg9zPV55wBnbQkpcB/?format=pdf&lang=pt> Acesso em 09 mai. 2023.

LIMA, B. S. *Teto de vidro ou labirinto de cristal? as margens femininas das ciências*. Dissertação (Mestrado em História) – Universidade de Brasília, Brasília, p. 138, 2008.

LINO, T. R.; MAYORGA, Claudia. *As mulheres como sujeitos da Ciência: uma análise da participação das mulheres na Ciência Moderna*. Saúde & Transformação Social / Health & Social Change, v. V.7, p. 96-107, 2016.

LOWY, Ilana. Por que tão devagar? Os obstáculos para a igualdade dos sexos na pesquisa científica. In: GROSSI, Miriam Pillar; REA, Caterina Alessandra. *Teoria feminista e produção de conhecimentos situados: ciências humanas, biológicas, exatas e engenharias*. 1. ed. – Florianópolis (SC): Tribo da Ilha; Salvador (BA): Devires, 2020. 336 p.

MARQUES, Alfredo. *Neusa Amato dos Vinte aos Oitenta*. Publicação do CBPF – Ciência e Sociedade CBPF-CS-001/07 2007.

MELO, Hildete Pereira de; RODRIGUES, Lígia. *Pioneiras da ciência do Brasil*. Rio de Janeiro. Sociedade Brasileira para Progresso da Ciência, 2006. 47p.

MOREIRA, Maria Lígia; VELHO, Léa. *Pós-graduação do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais numa perspectiva de gênero*. Cadernos Pagu (35), Campinas-SP, Núcleo de Estudos de Gênero-Pagu/Unicamp, 2010, pp.279-308.

MOTOYAMA, Shozo. A Física no Brasil. In: Ferri, Mário Guimarães; Motoyama, Shozo. *História das ciências no Brasil*. São Paulo: EU, 1979.

MUKHAMEDSHIN, R. A. *On question of Gamma-Ray-Hadron Family Aligment and Its Possible Origin*. 23RD INTERNATIONAL COSMIC RAY CONFERENCE, V. 4, held 19-30 July, 1994 at University of Calgary, Alberta, Canada.

OSTERKAMP, U. *Knowledge and practice in critical psychology*. Theory&Psychology, v.19(2): 167-191, 2009.

PORTELLA, H.M; MALDONADO, R.H.C; GOMES, A; LIMA, C.E.C; FERREIRA, C.N.; LIMA, A.M.M. de; LOPES, J. D.R; FERNANDES; E.M; PACHECO, A; GUIMARÃES, M.A; Assis, A.F; AMATO, N. *Hadron rich cosmic-ray families detected by emulsion chamber*. R.A.Mukhamedshin 23 rd ICRC - Calgary-Canada, 1993.

PORTELLA, H. M. MALDONADO, R. H. GOMES, A. AMATO, N. LIMA, C. E. C. Neutrinos Atmosféricos e a Razão Ve/Vu. XV Encontro Nacional de Física de Partículas e Campos. Angra dos Reis, 1994.

ROCHESTER, G.D; BUTLER, C.C. *Evidence for the Existence of New Unstable Elementary Particles*. Nature. v.160. pág. 855,-857, 1947.

RAGO, M. Escrita de si, parresia e feminismos. In: VEIGA NETO, A.; BRANCO, G. C. (orgs.). *Foucault: Filosofia & Política*. Belo Horizonte: Autêntica, p. 251-267, 2011.

ROSSITER, Margaret W. *The Matthew Matilda effect in science*. Social studies of science, v. 23, n. 2, p. 325-341, 1993.

_____. *Women scientists in America: Struggles and strategies to 1940*. JHU Press, 1982.

SCAVONE, Lucila. *A maternidade e o feminismo: diálogos com as ciências sociais*. Cadernos Pagu, Campinas, n. 16, p.137-150, 2001.

SCHIEBINGER, Londa. *O feminismo mudou a ciência?* Bauru: Edusc, 2001.

SCHWARTZMAN, Simon. *Um espaço para a ciência: a formação da comunidade científica no Brasil*. Brasília: Centro de Estudos Estratégicos/ MCT, 2001.

SCOTT, Joan Wallach. *Gênero: uma categoria útil de análise histórica*. Educação & Realidade. Porto Alegre, vol. 20, nº 2, jul./dez. 1995.

SILVA, Fabiane Ferreira; RIBEIRO, Paula Regina Costa. *Trajetórias de mulheres na ciência: "ser cientista" e "ser mulher"*. Ciência e educação. Bauru [online]. 2014, vol.20, n.2, pp.449-466. ISSN 1516-7313.

TAVARES, H. D. BAGDONAS, A. VIDEIRA, A. P. Transnationalism as Scientific Identity: Gleb Wataghin and Brazilian Physics, 1934—1949. Historical Studies in the Natural Sciences, Vol. 50, Number 3, 2020 pps. 248–301.

VELHO, L. Prefácio. In: SANTOS, L. W.; ICHIKAWA, E. Y.; CARGANO, D. F. (Org.). *Ciência, tecnologia e gênero: desvelando o feminino na construção do conhecimento*. Londrina: IAPAR, 2006. p. xiii-xviii.

VIDEIRA, Antonio Augusto Passos. *Historiografia e história da ciência*. Escritos. Revista da Casa de Rui Barbosa, v. 1, p. 111-58, 2007.

VIDEIRA, Antonio Augusto Passos. *Historiografia e História da Física*. Ideação, n. 10, 2002.

VIEIRA, Cássio Leite. *Um mundo inteiramente novo se revelou: A técnica das emulsões nucleares*. 233f. Tese (Doutorado em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

VIEIRA, Cassio. Leite; VIDEIRA, A. A. P. *História e historiografia da física no Brasil*. Fenix: Revista de História e Estudos culturais, v. 4, p. sp, 2011a.

VIEIRA, Cássio Leite; VIDEIRA, Antonio AP. O papel das emulsões nucleares na institucionalização da pesquisa em física experimental no Brasil. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, 2011b.

WILKINSON, Sue. *Feminist social psychology: Developing theory and practice*. Milton Keynes [Buckinghamshire]; Filadélfia: Open University Press, 1986.

ARTIGO II: ELISA FROTA-PÊSSOA E AS EMULSÕES NUCLEARES NO BRASIL

Laura Sued Brandão Santos

Indianara Silva

RESUMO: Na historiografia da ciência no Brasil e, mais especificamente, no período de institucionalização da Física, a ausência das mulheres é uma marca ao longo da História. Para contribuir com narrativas mais diversas em relação à física brasileira, analisaremos as contribuições da física Elisa Frota-Pessôa para os estudos sobre as emulsões nucleares, destacando a sua atuação no Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF). Elisa foi uma das fundadoras da instituição, tendo sido uma das primeiras mulheres a se formar em Física no Brasil. O método utilizado no estudo consistiu em uma revisão bibliográfica sobre a produção científica de Elisa, incluindo uma entrevista concedida por ela em 2012, bem como pesquisa documental realizada em maio de 2023 aos arquivos de Elisa mantidos pelo CBPF. É notório que a figura de Elisa foi relevante para a institucionalização da física brasileira. O nosso estudo demonstra, por sua vez, de forma inédita, uma faceta sua até então desconhecida: ela foi uma liderança obstinada, cuja atuação foi decisiva para o aprimoramento da técnica de emulsões nucleares, atuando ativamente na luta pela melhoria das condições de trabalho das mulheres sob sua coordenação.

Palavras-Chaves: História das Mulheres na Ciência. História da Física. Elisa Frota-Pessôa.

ABSTRACT: In the historiography of science in Brazil and, more specifically, in the period of institutionalization of Physics, the absence of women is a mark throughout History. To contribute to more diverse narratives in relation to Brazilian physics, we will analyze the contributions of physicist Elisa Frota-Pessôa to studies on nuclear emulsions, highlighting her work at the Brazilian Center for Physical Research (CBPF). Elisa was one of the founders of the institution, having been one of the first women to graduate in Physics in Brazil. The method used in the study consisted of a bibliographical review on Elisa's scientific production, including an interview given by her in 2012, as well as documentary research carried out in May 2023 on Elisa's archives maintained by CBPF. It is notorious that the figure of Elisa was relevant for the institutionalization of Brazilian physics. Our study demonstrates, in turn, in an unprecedented way, an unknown facet of her: she was an obstinate leader, whose performance was decisive for the improvement of the technique of nuclear emulsions, acting actively in the fight for the improvement of the working conditions of the women under her coordination.

Keywords: History of Science in Brazil; Women in Science. History of Physics. Elisa Frota-Pessôa.

2.1 INTRODUÇÃO

A história da ciência no Brasil já desbravou novos lugares, tempos, personagens e abordagens quando examinou acontecimentos históricos acerca da formação de instituições, comunidades científicas, e personagens que contribuíram com a institucionalização e o progresso da ciência brasileira (AZEVEDO, 1963; COSTA RIBEIRO, 1955; MOTOYAMA, 2004; DANTES, 2001; SCHWARTZMAN, 2001; VIEIRA E VIDEIRA, 2007).

Schwartzman (2001), por exemplo, discutiu o lugar das comunidades científicas, seus valores, suas culturas, e interações com a sociedade. Em seu estudo, ainda foram examinados a criação de universidades e os acontecimentos que propiciaram a profissionalização da atividade científica. A partir das lacunas deixadas por Azevedo (1963), Schwartzman construiu, portanto, uma narrativa que apontava uma extrema carência institucional como obstáculo para o desenvolvimento científico brasileiro nos séculos XVIII e XIX. Por sua vez, Dantes (2001) também analisou as instituições científicas brasileiras no período de 1800 a 1930, contribuindo, assim, para o entendimento das nossas práticas científicas.

Em relação à história da física no Brasil, Motoyama (2004) e Vieira e Videira (2007) discutiram a institucionalização da física brasileira e as trajetórias de personagens que contribuíram para os avanços da área, o período desenvolvimentista dos anos de 1960, os anos da ditadura militar, e os acontecimentos característicos da Nova República.

Tais estudos historiográficos ajudaram a reconstruir a nossa história e permitiram identificar lacunas que ainda merecem a atenção de historiadores e historiadoras das ciências como, por exemplo, o legado das mulheres para a ciência brasileira. Assim, o nosso estudo é uma contribuição à historiografia tradicional ao trazer à tona a trajetória e o legado de Elisa Frota-Pêsoa de modo a dar mais diversidade à História da Institucionalização da Física no Brasil.

Para isso, empreendemos uma pesquisa documental aos arquivos de Elisa mantidos pelo Museu de Astronomia e Ciências Afins (MAST), referentes ao período em que Elisa trabalhou no Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF) no Rio de Janeiro (RJ). A pesquisa resultou no levantamento de dados primários e inéditos acerca do trabalho institucional e burocrático levado a cabo por Elisa ao longo dos anos em que atuou na referida instituição. A visita aos arquivos do MAST foi realizada no dia 19 de maio de 2023, coincidentemente no dia do Físico.

Na ocasião, foram analisados os seguintes documentos: 1) Vida pessoal; 2) Atividade Docente; 3) Atuação em Instituições de Pesquisa - CBPF.

Adicionalmente, utilizamos literatura secundária sobre o acesso de mulheres ao ensino superior e à Ciência, e a Institucionalização da Física no Brasil, bem como literatura primária referente aos trabalhos publicados por Elisa sobre raios cósmicos. Consultamos, ainda, uma entrevista concedida pela nossa personagem à Revista *Cosmos e Contexto* no ano de 2012 e, finalmente, uma homenagem feita por seus colegas de profissão Carlos Alberto Lima da Silva, Sérgio Joffily e Roberto Salmeron no ano de 2003 (DA SILVA, 2004).

O artigo está organizado como segue. Na seção I, apresentamos a biografia de Elisa e destacamos suas contribuições para a institucionalização da física no Brasil, contextualizando historicamente sua trajetória pessoal e profissional. Na seção II abordamos, especificamente, a atuação profissional de Elisa e os desafios enfrentados na sua carreira no Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas por ser uma mulher em um ambiente majoritariamente masculino, a partir de um diálogo com a literatura sobre gênero e ciência. Na seção III, focamos nossa atenção para as contribuições de Elisa e Neusa Margem na pesquisa em raios cósmicos, bem como a repercussão desses estudos na comunidade internacional. Reservamos a seção IV para destacar o legado de Elisa para o ensino de física no Brasil, apresentando seu trabalho brilhante na formação de alunos do curso em Física a partir de um ensino embasado na pesquisa científica. Para Elisa, a qualidade da formação básica em Física era condição essencial para a Iniciação Científica. Finalmente, na seção das Considerações Finais, reafirmamos a importância de fomentar discussões que avancem as pesquisas sobre a História das Mulheres na Ciências para que, futuramente, possamos colher os bons frutos dessa relação tão importante e necessária de cunho emancipatório e crítico de mulheres que se interessam pela carreira acadêmica e científica.

A trajetória de mulheres pioneiras como Elisa Frota-Pessôa nos inspira a discutir e a refletir sobre os caminhos e percalços enfrentados por elas na constituição da Ciência que conhecemos hoje no Brasil e no mundo.

2.2 ELISA FROTA-PÊSSOA: TRAJETÓRIA E CONTRIBUIÇÕES PARA A CIÊNCIA NACIONAL

Elisa nasceu em 17 de janeiro de 1921, filha de Elisa Habbema Maia e do advogado Juvenal Moreira Maia. Ainda na escola, ela se encantou por Física e Matemática levando-a a desejar ser engenheira. Considerada uma carreira masculina em um tempo – e em uma família – em que o casamento era visto como aspiração suficiente para uma mulher, o projeto foi vetado pela sua família (DA SILVA, 2004). Naquele período, algumas mulheres enfrentaram dificuldades para ingressar ou seguir uma carreira científica, desistindo durante a graduação ou indo para áreas consideradas menos prestigiadas pelos seus colegas homens. Apesar do desencorajamento da família e da sociedade da época, Elisa cursou física. Antes de entrar para a faculdade, casou-se com Oswaldo Frota-Pessôa, que foi seu professor no ginásio, e com o qual teve dois filhos durante o seu curso de graduação, a física Sonia Frota-Pessôa e o médico Roberto Frota-Pessôa.

Ao olhar para aquele período, Elisa contou sobre sua relação com o seu pai e a sua luta para ocupar um espaço que não era considerado adequado para ela - o curso de física.

Para entender como era uma luta desde quando comecei a entrar na física, veja o seguinte: meu pai era advogado e, evidentemente, achava que física não era profissão de mulher. A vontade dele era que eu fosse para a Escola Normal²⁹ [...] queria ir para uma escola do governo, o Paulo de Frontin – já que o colégio Pedro II não aceitava mulher naquela época. Por fim, ele deixou me matricular nas duas e, por sorte, saiu naquela época uma lei [...] dizendo que uma pessoa não podia se candidatar a duas escolas do governo ao mesmo tempo [...]. Quando papai foi me matricular na Escola Normal, disseram-lhe que não era permitido porque tinha saído esta lei e diziam que eu já estava inscrita na Paulo de Frontin. Como ele sabia que eu não queria ficar lá, não insistiu muito e foi direto conversar com a diretora do Paulo de Frontin na época, a Dra. Andrea Borges. Ela disse a ele que sabia da lei, mas que não me perderia como aluna de forma nenhuma, porque tinha visto as minhas provas. Perguntou a ele se, como advogado, aceitaria brigar por isso e ele disse que sim. Ao fim ele conseguiu. Foram dois meses de luta para eu ser aceita. Enquanto o resultado não saía, eu não podia assistir às aulas. (FROTA-PESSÔA, 2012, p. 1)

Este trecho nos revela os obstáculos enfrentados pela nossa personagem ao optar e desejar seguir uma carreira científica mesmo para uma mulher branca e de classe média. Para Elisa,

²⁹ A Escola Normal era uma escola que preparava professores para o ensino fundamental. Elas foram fundadas no Brasil no século XIX e, nas décadas de 1930 e 1940, eram uma das poucas opções de educação superior para mulheres. Eram escolas gratuitas e ofereciam um currículo que incluía disciplinas como pedagogia, psicologia, didática, língua portuguesa, matemática, história e geografia. (Vidal e Faria Filho, 2003)

esses obstáculos foram postos, essencialmente, por ela ser mulher, e possivelmente dificultaram a sua inclusão e ascensão na Física.

Apesar de o século XIX ser marcado por algumas melhorias em relação ao acesso de mulheres às atividades científicas, como no caso da criação de colégios para mulheres, a sua inclusão foi ainda assim de forma restrita já que meninas e meninos não poderiam compor a mesma sala de aula (LETA, 2003). O próprio Colégio Pedro II, fundado em 1837, destinado inicialmente para a educação de homens, apenas passou a admitir mulheres em 1871 e o mesmo aconteceu com os liceus de artes e ofícios do Rio de Janeiro. A admissão de mulheres oportunizou o acesso a uma formação estritamente profissional, caracterizando, assim, novas possibilidades educacionais e profissionais para elas. A admissão de mulheres no Colégio Pedro II foi um marco importante na história da educação brasileira. Foi a primeira vez que uma escola pública do país admitiu mulheres, e ajudou a quebrar as barreiras de gênero na educação (VIDAL; FARIA FILHO, 2003). Todavia, o ensino era embasado em discursos essencialistas acerca das diferenças entre homens e mulheres, enquanto as atividades escolares eram diferenciadas segundo as supostas características distintivas entre carreiras consideradas femininas e carreiras consideradas masculinas (ALMEIDA, 2015).

Por fim, a visão do pai de Elisa era um reflexo da nossa sociedade patriarcal na qual a ciência era vista como uma atividade destinada a homens. Porém, após as pautas feministas dentro do âmbito social e científico ao longo dos séculos, as mulheres passaram a ter acesso à educação básica e superior e, conseqüentemente, a projetar uma carreira científica.

Para ilustrar como essa perspectiva foi uma construção social de base estrutural patriarcal, reafirmamos que o trabalho experimental desenvolvido por Elisa Frota-Pessôa e tantas outras cientistas de destaque rechaça o falso pressuposto de que as características atribuídas ao gênero, os comportamentos, interesses e valores considerados “tipicamente masculinos ou femininos” seriam inatos ou arbitrários. Ao contrário, são estabelecidos por conjunturas sociais e históricas que podem e devem ser modificados. A ciência, ainda hoje, é demarcada por relações de gênero que estabelecem modos de pensar, de conhecer e de padronizar o conhecimento científico (KELLER, 2014).

Diante das barreiras e obstáculos iniciais em torno da escolha profissional de Elisa, a diretora da Escola acabou exercendo um papel relevante no incentivo e luta para a sua matrícula

na instituição, especialmente pelo seu desempenho acadêmico. O relato de Elisa evidencia a importância de uma rede de apoio e o seu poder de influenciar de maneira significativa a escolha e a permanência de uma mulher na carreira profissional.

Elisa descobriu a existência de um curso superior em Física por intermédio de seu professor de Física Plínio Sússekind Rocha que ficou surpreso com a sua habilidade com os cálculos após convencê-lo, isso mesmo, de que ela mesma resolvia os problemas matemáticos apresentados por ele. “Foi você mesma que fez?”, lembrou Elisa, e continuou, “Ele deu uma de machão, queria saber se meu irmão mais velho ou meu pai que tinham feito os exercícios. Não imaginava que pudesse ter sido feito por uma mulher” (FROTA-PESSÔA, 2012, p. 2).

Eis um entrave entre Elisa e o seu novo professor. O primeiro encontro entre os dois, como dito por ela, desencadeou uma discussão acalorada. Há um retrato da visão androcêntrica que coloca a mulher como incapaz de permanecer no lugar que ocupa ou de resolver exercícios de matemática, sendo necessário comprovar incansavelmente a sua competência e potencial para integrar um espaço preconceituoso. A visão de Rocha, fruto de seu tempo e espaço, era distorcida e empobrecida no que concerne à capacidade das mulheres em resolver questões, o que seria somente possível se, e somente, se um homem estivesse por trás das variáveis, funções e números.

Ainda hoje a visão de ciência e a própria dinâmica científica são demarcadas por relações de gênero que delineiam os modos de pensar, conhecer e de padronizar o conhecimento (KELLER, 2014). Felizmente, os estudos de gênero e ciência têm se dedicado a desafiar essa visão ao denunciar uma variedade de barreiras institucionais e ideológicas às quais as mulheres enfrentam ao optarem por uma educação e carreira profissional. Essas barreiras eram comumente voltadas às proibições explícitas de entrada das mulheres nas universidades e academias científicas, a teorias e estereótipos que reforçam a ideia de inferioridade intelectual das mulheres e da incapacidade em trilhar cursos das áreas científicas (SANZ GONZÁLEZ, 2005), barreiras essas também encontradas na trajetória de Elisa.

Ao dar continuidade aos seus estudos, Elisa faz o exame para a Faculdade Nacional de Filosofia (FNFi) em 1940, sendo a única aprovada para o curso de Física. Em relação aos cursos iniciais de Física, entre os anos de 1934 e 1944, houve nove turmas de Física na Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras (FFCL) com um total de vinte e quatro formados, sendo seis

mulheres, a saber, Yolande Monteux, Zillah Barreto de Mesquita, Maria Heloísa Fagundes Gomes, Maria Izabel Fagundes Gomes, Sonja Ashauer e Elza Furtado Gomide. O curso foi implantado nos anos 1930, com a criação das primeiras universidades e faculdades de filosofia, uma vez que o Ensino Superior em Matemática e Física era realizado nas escolas de Engenharia (MELO; RODRIGUES, 2018). Apesar do acesso à educação superior para as mulheres no início do século XIX, nos cursos de ciências exatas e, em especial, na Física, esse acesso com relativa facilidade como nas demais áreas. Ainda na FNFi, Elisa teve contato com importantes professores, a exemplo de Costa Ribeiro, o qual lhe convidou para trabalhar como sua assistente. Começou, assim, a carreira profissional de Elisa com trabalhos voltados à dosagem de minerais radioativos (DA SILVA, 2004).

Fiz exame para a Faculdade Nacional de Filosofia, em 1940, e entrei para a Física. E todos me diziam assim: “Isso não é profissão para mulher. Você vai ter o trabalho de fazer o exame e ser reprovada.” E eu disse: “Então eu quero ser reprovada.” Só entramos eu e mais um rapaz. Como éramos somente dois para física, eles nos juntaram na turma de matemática, porque nos dois primeiros anos ambos os cursos tinham o mesmo currículo. Lá encontrei colegas de valor como Leite Lopes, que tinha feito vestibular para Matemática, mas passou para Física (FROTA-PESSÔA, 2012, p. 3).

Mais uma vez, Elisa deparou-se com a frase “isso não é profissão para mulher” — uma opressão fortemente caracterizada pela marginalização, falta de reconhecimento e desmoralização entre seus pares e por boa parte da sociedade (ROSSITER, 2003). A imposta inferioridade feminina foi e é um estereótipo utilizado para naturalizar e manter os instrumentos de preconceitos. Os obstáculos presentes nas escolhas das profissões em relação ao sexo têm como fundamento uma construção histórica e uma manutenção cultural que se caracteriza pela tentativa de desqualificar, desmoralizar e, muitas vezes, excluir as mulheres das carreiras científicas a partir de questões de gênero. De maneira geral, as configurações identitárias e os processos discriminatórios podem interferir significativamente no despertar para uma carreira profissional (CHIES, 2010).

Diante de tantas dificuldades em optar por uma carreira científica, Elisa seguiu o curso de Física. O entrave à entrada de mulheres na ciência não foi e não é mais que uma mera questão de preconceito ou de escolha pessoal: é uma barreira social, material e política. As marcas de gênero nos caminhos para se tornar uma cientista, como observado na fala de Elisa evidenciam

uma mulher que precisou definir firmemente uma posição em relação às suas escolhas para se manter no caminho que escolheu.

2.3 ELISA E O CENTRO BRASILEIRO DE PESQUISAS FÍSICAS (CBPF)

A história da fundação do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF) é marcada pelo cenário da Segunda Guerra Mundial que alavancou o interesse pelo desenvolvimento Científico e Tecnológico no Brasil, fundado em 1949 no Rio de Janeiro. O CBPF foi o resultado de um momento histórico em que ciência era parte de um projeto de nação, numa corrida mundial pelo poder político sobre a produção de conhecimento científico. Nesse período, houve o aperfeiçoamento das pesquisas na área de Física nuclear, que teve como personagem chave da ciência brasileira o físico César Lattes (VIEIRA; VIDEIRA, 2007).

A ideia de criação do CBPF surgiu de um grupo seletivo de cientistas que decidiram criar, no Rio de Janeiro, um centro de referência em Física diferente dos moldes operacionais de ensino e pesquisas que existiam até então no Brasil. O CBPF adotou o mérito como requisito na avaliação dos professores e pesquisadores e na instituição de cursos de pós-graduação, ao contrário do sistema de cátedras. Ainda, o CBPF foi a primeira instituição de pesquisa fundada como entidade de direito civil. Posteriormente, firmou-se em financiamento da iniciativa privada, embora também recebesse financiamento público.

O CBPF possuía duas linhas de pesquisa: raios cósmicos, liderada por César Lattes, e partículas elementares, liderada por José Leite Lopes. o prestígio de César Lattes foi de grande importância para a implementação do Centro, devido ao seu reconhecimento internacional anos antes, após a observação inédita do méson π .

A história da criação da Divisão de Emulsões Nucleares se entrelaça, desde a sua fundação até os dias atuais, com a história de Elisa Frota-Pessôa. Considerada a primeira física experimental do Brasil, conseguiu, através de seus esforços e do seu trabalho, quebrar o tabu da Física no país, principalmente no que se refere à Física Experimental, considerada até então uma profissão estritamente masculina (VIEIRA; VIDEIRA, 2007).

Durante os primeiros anos do CBPF (1949-1964), Elisa passou dois anos na Inglaterra como professora visitante na London University College. A primeira metade da carreira

profissional e científica de Elisa (1942-1965) é composta por histórias de cunho pessoal e de muitas lutas que perpassam, principalmente, o preconceito na escolha da profissão e o pouco incentivo do governo à ciência, culminando no desastre do incêndio da Biblioteca do CBPF (DA SILVA, 2004). O Laboratório de Emulsões Nucleares também sofreu as consequências desse terrível acidente.

Mas eu tive um azar enorme. Como disse, eu tinha montado um Laboratório de Emulsões Nucleares no Centro completamente equipado e antes de sair do Brasil, pedi um microscópio especializado, pedido esse que eu vinha fazendo ao Conselho Nacional de Pesquisa há seis anos, pois era muito importante para o meu trabalho. Quando estava na Inglaterra, escreveram-me avisando: “chegou o microscópio”. Fiquei toda contente. Mas, três dias depois, recebi outra carta: “a biblioteca pegou fogo”. O laboratório ficava embaixo e todos os microscópios acabaram (FROTA-PESSÔA, 2012, p. 9).

Para além, após o acidente acontecido no laboratório e, com o primeiro trabalho publicado pelo Centro de Pesquisa pela física Neusa Margem como coautora, Elisa se dedicou não somente aos laboratórios de pesquisa, como também se debruçou na qualidade da oferta do Ensino de Física. Motivada por uma insatisfação a respeito da inexistência de laboratórios para o trabalho experimental na FNFi, Elisa reconhecia a relevância da relação entre aula teórica e aula experimental como algo necessário à formação. Elisa contornou o problema da falta de laboratórios e, conseqüentemente, da impossibilidade de dar aulas práticas na FNFi, ao levar seus alunos para fazer experiências nos Laboratórios do CBPF. Esses alunos, futuramente, vieram a favorecer o enriquecimento na formação de futuros físicos brasileiros. Essa aproximação de alunos da FNFi com o Centro foi de grande importância para a formação de novos físicos (DA SILVA, 2004).

Após a morte de Costa Ribeiro em 1960, Elisa foi convidada para assumir a Cátedra de Física Geral e Experimental. Aceitou o cargo na instituição apesar da sua resistência inicial, pois não tinha interesse em reuniões, preferindo o espaço dos laboratórios. Nessa época, conviveu com Eremildo Luiz Viana, o Diretor da FNFi, com o qual teve inúmeras desavenças. Anos depois, no regime militar, ele a denunciou e outros professores para o AI-5.

Fui denunciada pelo Diretor-Geral Eremildo Viana e afastada da Faculdade pelo AI-5, como fazendo parte de uma Célula Comunista, que teria quarenta e um membros. Foi uma época muito desagradável para nós, sobretudo por que os alunos começaram a querer coisas e tinham várias reivindicações, muitas delas

perfeitamente razoáveis e que eram nossas também (FROTA-PESSÔA, 2012, p. 26-27).

A antiga FNFi era considerada pelo regime militar um incômodo para a ditadura, por ter sido o núcleo universitário que mais desenvolveu ações consideradas subversivas (DREIFUSS, 1981). De acordo com Silva (2011), foi um dos espaços acadêmicos que propiciava debates a partir das práticas de discussões partidárias entre professores e estudantes. Esse período é demarcado pelo decreto-lei de número 477, estabelecido em fevereiro de 1969, que constituía o processo de punição de professores, funcionários e estudantes acusados de subversão. Desse modo, ainda em 1969, efetivou-se a lei com a cassação de mandatos e a suspensão de direitos políticos ou aposentadoria. Tal período é considerado o de maior repressão política, oriundo da decretação do AI-5 de dezembro de 1968.

Esse período é demarcado por uma intensa atuação individual e coletiva de diversos físicos considerados relevantes para a vida política do país, principalmente no que se diz respeito ao estabelecimento e promulgação de políticas de Ciência e Tecnologia de liberdades democráticas (FREIRE JR. et al., 2009). De fato, Elisa relatou as dificuldades para a sua atuação na Cátedra de Física na FNFi por parte dos problemas enfrentados pelos anos iniciais da ditadura e a perseguição perpetrada pelo diretor-geral da instituição, Eremildo Viana. Tal cenário hostil ocasionado pela ditadura militar comprometeu sua atuação nas questões acadêmicas e científicas, atingindo diretamente seus direitos políticos e sua carreira profissional (FROTA-PESSÔA, 2012).

O contexto da ditadura militar vivenciado por Elisa e por tantas outras mulheres desponta pela presença do poder institucional da própria ciência. Os *modus operandi* do sistema repressivo do governo ditatorial “atuou de forma misógina, utilizou-se da discriminação de gênero para reforçar os estereótipos femininos de submissão e dependência emocional, afetiva e política” (TELES, 2015, p. 1002).

Além disso, a repressão política explorou o papel das mulheres para desmoralizar a militância de esquerda e reforçar ideias retrógradas. Os danos sofridos e as violações de direitos humanos cometidos contra as mulheres pela ditadura precisam ser dimensionados sob a ótica de gênero. As ações do regime militar afetaram todas as esferas da sociedade a partir da expansão do capitalismo, do crescimento do parque industrial, do investimento em ciência e

tecnologia, que colocou a mulher da época em uma constante corrida de sobrevivência. A ditadura militar também alocou mulheres cientistas em um movimento de resistência, marcada principalmente pela violência e discriminação de gênero (RAGO, 2011).

Ainda durante o Regime, Elisa Frota-Pessôa recebe um convite para trabalhar na Universidade Nacional de Brasília (UnB). O espírito de liderança e o seu prestígio determinaram a sua ida e a de vários estudantes da FNFi que também estavam insatisfeitos com essa Instituição. Sob tal enfoque, com a parceria entre a UnB e o Governo, os alunos conseguiram se sustentar lecionando em escolas públicas que não tinham professores. Elisa revela na seguinte passagem sua alegria e satisfação de estar na UnB:

Em Brasília, conheci o pessoal das artes plásticas, de música, e outros. Tínhamos todos o mesmo espírito. A gente se sentia como uma família. Na FNFi, eu nunca me senti assim. Na UnB todo mundo tinha o mesmo entusiasmo para botar o pessoal novo para frente. O oposto do que acontecia aqui na FNFi. Na Universidade de Brasília estava todo mundo que queria justamente fazer uma coisa diferente no Brasil. E, de fato, lá a gente conseguiu fazer. Foi um ano de sonho aquela Universidade (FROTA-PESSOA, 2012, p. 29).

O coordenador do Instituto Central de Ciências era o professor Roberto Salmeron, que oportunizou a iniciação do curso de Física com todas as turmas. A UnB funcionava a partir do sistema de departamentos em substituição a cátedra, no qual os docentes também lecionavam. Logo depois, ainda em 1965, um caso marcante da ação ditatorial sobre a Universidade e a pesquisa no Brasil se deu a partir de uma atuação violenta sobre a UnB, na qual dezesseis professores foram expulsos e duzentos e vinte e três se demitiram, dentre os quais quinze eram físicos (FROTA-PESSÔA, 2012, p. 30).

Considerada subversiva pelo regime militar, Elisa saiu do Brasil e viveu um ano na Itália, em 1967, no Instituto Nazionale per la Fisica Nucleare. Retorna ao Brasil quando o proeminente físico brasileiro Jayme Tiomno, seu companheiro desde a década de 1950 até 2011 (ano da morte dele), passa em um concurso para assumir a cátedra de Física Superior. Ela, após aceitar um convite do Ernesto Hamburger, passou a organizar o Laboratório de Espectroscopia Nuclear. Em 1967, o poder de extrema-direita se fortaleceu com a chegada de Costa e Silva na presidência ditatorial de forma que representou a união dos interesses dos nacionalistas de direita e da linha dura. Esse período foi marcado pela Lei de Segurança Nacional, pela Lei de

Imprensa e a Constituição de 1967, o AI-5 que se caracterizou pela repressão e cassação dos professores. Tal período foi marcado pelas tentativas de enquadrar a universidade ao projeto desenvolvimentista autoritário (CLEMENTE, 2005; TAVARES, 2015).

A repressão desse momento histórico no meio acadêmico perpassou aposentadorias compulsórias e demissões, como foi o caso da professora Elisa. Em 28 de abril de 1969, quarenta e dois professores foram aposentados compulsoriamente, sendo muitos deles pertencentes à Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), entre os quais estavam cinco físicos: Leite Lopes, Jayme Tiomno, Elisa Frota-Pessôa, Plínio Sussekind da Rocha e Sara Castro Barbosa. As três mais importantes instituições de ensino e pesquisas em Física do País - A UFRJ, a USP e a FNFfi, sofreram de uma só vez, pelo Regime Militar, um duro golpe. Após dois dias, o governo militar aposentou vinte e quatro professores, todos da Universidade de São Paulo (USP) (CLEMENTE, 2005).

Sem ter condições de trabalho devido às repressões do governo ditatorial, Jayme e Elisa resolveram sair do Brasil e aceitaram uma proposta do Físico Freeman Dyson, em 1970, para serem Professores Visitantes na Universidade de Princeton durante o ano letivo de 1971 e 1972 (CLEMENTE, 2005). O casal de físicos permaneceu em Princeton por um ano e meio; ao final do ano, resolveram retornar ao Brasil, onde receberam um convite da Pontifícia Universidade Católica (PUC – RJ) para lecionar no país. Elisa recusou o pedido e Jayme aceitou. Ela já não queria mais lecionar pois estava muito decepcionada com toda a situação que os fizeram deixar o país mais de uma vez. Assim, optou por continuar as pesquisas, no que teve todo apoio da direção da PUC para remontar o Laboratório e continuar os trabalhos desenvolvidos.

[...] voltamos para o Rio quando tivemos grande apoio da PUC-RJ. O Padre Collins era o diretor do Departamento de Física naquela época e nos convidou. Apesar de nós não termos nada de católicos, eles nos ajudaram muito – pensavam como gente. E para eles não era mal, porque os trabalhos saíam como da PUC. Lá me deram uma sala e me deixaram usar o computador e tudo que eu quisesse. Montei um laboratório para mim nessa sala, com pessoal pago pela USP e material de lá. Um laboratório que pertencia à USP e à PUC. Eu recebia pela USP, pois o Ernst Hamburger conseguia verba para me pagar (FROTA-PESSÔA, 2012, p. 32).

Em 28 de agosto de 1979 foi decretada pelo Governo Federal a Lei de Anistia sancionada pelo presidente João Batista Figueiredo. A partir desta data, finalmente, aos poucos retornavam ao Brasil os exilados políticos e muitas das instituições de ensino e pesquisa que expulsaram membros durante a ditadura puderam reintegrar seus pesquisadores atingidos, como foi o caso do CBPF.

Diante disso, o CBPF iniciou um processo de reparação moral e de retomada da colaboração de membros afastados em razão das perseguições políticas ocorridas durante o regime ditatorial (CLEMENTE, 2005; TAVARES, 2015). Com a anistia, Elisa voltou a trabalhar no CBPF em 1980, onde implantou e gerenciou, até sua aposentadoria, o Laboratório de Espectroscopia Nuclear.

[...] quando veio a anistia, nós tínhamos que pedir para voltar para a UFRJ (antiga FNFi). Resolvi não pedir porque achava um absurdo esse pedido. O CBPF teve uma atitude completamente diferente, nos convidou com todas as honras, para voltar. Não é questão de querer honras, mas é muito deprimente, depois de injustiçada, você pedir para voltar (FROTA-PESSÔA, 2012, p. 32).

A ditadura militar fechou todas as possibilidades de trabalho e, conseqüentemente, de subsistência a todos os professores atingidos pelos Atos Institucionais. Esse período ficou marcado pela subvenção das autoridades ditatoriais das instituições de ensino e de pesquisa. Entre os anos de 1967 e 1968 ocorreu a chamada “operação retorno”, que buscou trazer de volta os cientistas brasileiros que atuavam no exterior. De acordo com Moreira (2014), as pesquisas para o progresso científico, interrompidas nesse período em função da repressão, ficaram prejudicadas. Em 1979, Elisa e seu esposo foram anistiados pelo governo brasileiro e, com isso, poderiam retornar para as Universidades com a exigência de terem que pedir para voltar. Elisa se recusou a retornar para a UFRJ e Jayme também, em relação à Universidade São Paulo (USP). Em 1980, Elisa voltou a atuar no CBPF onde implantou e dirigiu, até a sua aposentadoria, o Laboratório de Espectroscopia Nuclear do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas.

Elisa trabalhou no CBPF até 1995 como professora emérita, mesmo após a sua aposentadoria, em 1991. De fato, Elisa não pediu para retornar à FNFi, onde atuou durante anos, devido às inúmeras condições impostas pela instituição, com as quais ela não concordava.

Como mencionado, ela recebeu a láurea máxima reservada para professores e pesquisadores de excepcional desempenho pelo CBPF e, ainda, o título de Pesquisadora Emérita.

Em nossa visita, em 19 de maio de 2023, aos arquivos de Elisa mantidos pelo MAST, foi possível ter acesso à toda documentação catalogada, cujo teor abrange desde a vida pessoal de Elisa até a época em que ela atuou no CBPF. Abaixo, reportamos a relação de documentos que conformam o arquivo de Elisa, o qual tivemos a oportunidade de analisar na íntegra. Os arquivos estão divididos em três seções: 1) vida pessoal; 2) atividade docente; 3) atuação em instituições de pesquisa.

1. Vida Pessoal:

- 1.1) Cartão postal;
- 1.2) Cartas de ex-alunos;
- 1.3) Biografia;
- 1.4) Texto de homenagem;
- 1.5) Folder;
- 1.6) Recibos.

2. Atividade Docente:

- 2.1) Apostilas de curso;
- 2.2) Ofícios de solicitação de compra de material;
- 2.3) Documentos relacionados à gratificação, pagamento e transferência de cadeira de curso;
- 2.4) Correspondências;
- 2.5) Relatório e resumo de atividades da Cadeira de Física Geral e Experimental dos anos 1961 a 1964;
- 2.6) Normativas, currículos, notas fiscais, publicações, comunicados;
- 2.7) Pareceres, memorandos, organogramas, listas de material, editais, propostas, boletins informativos, calendários de concurso, quadros de horário, provas, planos de curso.

3. Atuação em Instituições de Pesquisa - CBPF:

- 3.1) Cartas e ofícios;
- 3.2) Documentos orçamentários, incluindo planos, propostas e resumos;
- 3.3) Portarias e memorandos;

- 3.4) Termos e contratos de trabalho;
- 3.5) Declarações e recibos;
- 3.6) Relatórios, incluindo relatórios laboratoriais e de avaliação de desempenho;
- 3.7) Atas de reunião, convites e cartas de convocação;
- 3.8) Projetos diversos, como Espectroscopia Nuclear;
- 3.9) Normas institucionais e manuais, como Manual de Avaliação de Desempenho;
- 3.10) Documentos relacionados à carreira e aposentadoria, incluindo Plano de Requisitos para a Carreira de Microscopistas e Processo de Aposentadoria;
- 3.11) Telegramas e termos de concessão de auxílio;
- 3.12) Orçamento específico para Espectroscopia Nuclear em 1983.

Vale ressaltar que o arquivo ainda está em processo de catalogação e os documentos a seguir não foram possíveis ter acesso. Tais documentos se enquadram nos tópicos a seguir:

- a) Participação em comissões e assessoria;
- b) Participação em associações e entidades de classe;
- c) Participação em eventos;
- d) Relações profissionais e intercâmbio científico;
- e) Atividades políticas e divulgação científica;
- f) Impressos;
- g) Iconografia;
- h) documentos complementares;
- i) Documentos de terceiros.

Em consulta aos referidos arquivos, chamou-nos a atenção a ativa e efetiva liderança de Elisa à frente da equipe de trabalho das microscopistas do CBPF. Isto fica evidente nos documentos redigidos por ela para reivindicar, por exemplo, reajuste de salários para as microscopistas e o devido pagamento do décimo terceiro salário a elas. Em um dos trechos de um desses documentos, por exemplo, Elisa apresenta a relação de microscopistas, seus respectivos níveis de atuação e valores de salários a serem pagos a cada uma. A sequência deste trecho culmina em uma relação detalhada de valores a serem pagos pelo CBPF às microscopistas.

Outros documentos referem-se a pedidos de materiais e equipamentos do exterior, principalmente do Japão, feitos diretamente por Elisa. A física se empenhava pessoalmente nos

arranjos burocráticos necessários à obtenção dos recursos materiais e financeiros para a realização das pesquisas em emulsões nucleares, sob sua responsabilidade e coordenação, a exemplo do documento abaixo:

042TYO 6381 1381 042-6381 1381

Shipper's Name and Address: THE OMIYA PHOTO SUPPLY CO., LTD. TOKYO, JAPAN

Shipper's Account Number: 6381 1381

CONSIGNEE'S NAME AND ADDRESS: PROF. ELISA FROTA PESSOA CENTRO BRASILEIRO DE PESQUISAS FISICAS-CBPF RUA DR. XAVIER SIGAUD, 150 22290 - RIO DE JANEIRO, BRASIL

CONSIGNEE'S ACCOUNT NUMBER: [Redacted]

Accounting Information: 2116

Issuing Carrier's Agent Name and City: M.O. AIR SYSTEM, INC. TOKYO, JAPAN

Agent's IATA Code: 16-3 0502/0012

Account No.: [Redacted]

Airport of Departure (Addr. of First Carrier) and Requested Routing: TOKYO

to by First Carrier to by to by Currency Declared Value for Carriage Declared Value for Customs

RIO RG JPY XX XX N.V.D

Amount of Insurance: [Redacted]

Flight/Date: RIO DE JANEIRO RG831/25

DANGEROUS GOODS SHIPPER'S DECLARATION NOT REQUIRED

No. of Pieces	Gross Weight	Rate Class	Chargeable Weight	Rate	Charge	Total	Nature and Quantity of Goods
1	14.5K	N	18.0	3228	58.104		FUJI NUCLEAR EMULSION PLATE LICENCE NO. *452-89/297-3 THE ABOVE MENTIONED GOODS ARE "NOT TO BE OPEN" "NOT TO BE EXPOSED TO +++

Carbon dioxide, solid (dry ice) class: 9 UN 1845 ONE (1) CASE X 10KGS P*KG INST. 904111

+++ X-RAY +++ KEEP COOL BELOW 5°C "UNEXPOSED ROENTGEN FILM"

Prepaid Weight Change Collect Other Charges

58.104

Valuation Charge AWB FEE: 200. TAX: 6. VOLUME: 0.106M3 D.B.C.: 5000. W/T 17.7KG

Tax

Total Other Charges Due Agent 206

Total Other Charges Due Carrier 5.000

Total Prepaid Total Collect

Currency Conversion Rates CC Charges in Dest. Currency

Executed on (Date) at (Place) 25 MAY 1990 TOKYO, JAPAN

Signature of Shipper or his Agent

Signature of Issuing Carrier or its Agent

042-6381 1381

The carrier maintains cargo liability insurance to protect itself against claims for which it is legally liable ORIGINAL 3 (FOR SHIPPER)

CARGA 1 (310.793.450.004) 250.000/14 - 6.000.001 a 6.250.000

銀行買取用

Imagem 4 - Invoice de pedido para o laboratório de emulsões nucleares feito por Elisa no ano de 1990. Fonte:

MAST (2023).³⁰

³⁰ Arquivo consultado em maio de 2023. Código de Referência E.F.T. Coleção E.F. Série 4, Subsérie 4.1 Datas-limite: 1952 - 1998. MAST, Rio de Janeiro.

Preocupada com os direitos trabalhistas das microscopistas, lutou pela melhoria das condições de trabalho delas, organizando questões burocráticas como os pagamentos de 13º terceiro salário; Elisa chegou a elaborar e formalizar, ainda, um plano de carreira para o exercício da profissão de microscopista. Os documentos abaixo são ilustrativos de tais tratativas:

De 1º de Janeiro a 30 de Junho de 1965 (seis salários para cada microscopista):

<u>Nível 10</u>	
Lelé Ribeiro Gil	720.000,00
<u>Nível 9</u>	
Edisonina Vieira Vaz	1.260.000,00
Dulce Esteves Rielo	
<u>Nível 8</u>	
Terezinha Torres Villar	
Nair Miranda	1.620.000,00
Dilva da Fonseca Serrano	
	<u>SUB-TOTAL. R\$ 3.600.000,00</u>
	TOTAL R\$ 9.627.264,40
9.627.264,40 - 9.500.000,00 = R\$ 127.264,40	

O Centro deve contribuir com R\$ 127.264,40 no segundo semestre de 1965 para o pagamento das microscopistas que constam deste orçamento uma vez que o Conselho concedeu R\$ 9.500.000,00.

O Centro pagará também a elas o 13º salário que não foi considerado no orçamento acima.

O Conselho pagará portanto:

1º semestre de 1964.....	R\$ 2.427.264,40
2º semestre de 1964.....	R\$ 3.600.000,00
1º semestre de 1965.....	<u>R\$ 3.472.735,60</u>
TOTAL.....	R\$ 9.500.000,00

Elisa Frota Pessoa

Imagem 5 - Orçamento para pagamento das microscopistas do CBPF elaborado por Elisa Frota-Pessoa para o ano de 1965. Fonte: Arquivos do MAST (2023).³¹

³¹ Arquivo consultado em maio de 2023. Código de Referência E.F.T. Coleção E.F. Série 4, Subsérie 4.1 Datas-limite: 1952 - 1998. MAST, Rio de Janeiro.

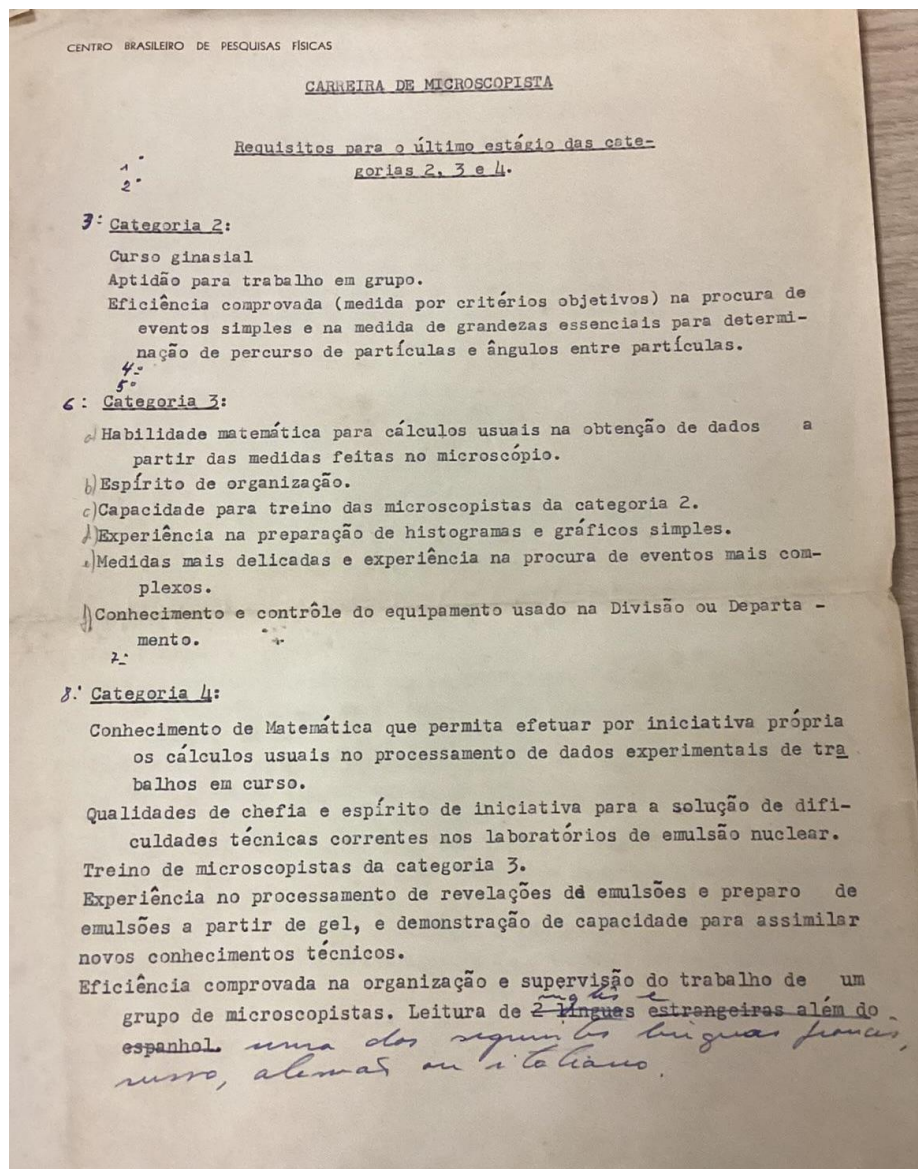


Imagem 6 - Plano de carreira de microscopista elaborado por Elisa Frota-Pessôa. Ano desconhecido. Fonte: Arquivos do MAST (2023).³²

Esses documentos retratam uma Elisa para muito além de uma cientista e pesquisadora do CBPF. Sua atuação não se restringia ao laboratório e à sala de aula. Ela foi uma líder incansável, comprometida com as questões burocráticas, trabalhistas e institucionais do Centro.

2.4 ELISA E OS RAIOS CÓSMICOS: A REPERCUSSÃO DOS ESTUDOS NA COMUNIDADE INTERNACIONAL

³² Arquivo consultado em maio de 2023. Código de Referência E.F.T. Coleção E.F. Série 4, Subsérie 4.1 Datas-limite: 1952 - 1998. MAST, Rio de Janeiro.

De forma simultânea aos trabalhos dedicados ao ensino e pesquisa no curso de Física que lecionava, Elisa viveu em uma época de importantíssimas descobertas científicas no mundo e que tiveram fortes contribuições de cientistas brasileiros como, por exemplo, César Lattes. Chefe do laboratório do CBPF, César Lattes possuía grande prestígio e notoriedade internacional devido às observações realizadas em 1947 do méson π . Em 1947, César Lattes teve participação em uma das descobertas científicas mais extraordinárias do século passado: a detecção do méson π , recebendo mais tarde a abreviação de Píon, partícula que, de maneira geral, mantém prótons e nêutrons unidos no núcleo dos átomos. Por esse feito, Lattes foi indicado sete vezes ao prêmio Nobel de Física. Duas dessas indicações estão relacionadas à descoberta da partícula subatômica méson π (Píon) e outra à produção artificial, em 1948, dessa mesma partícula (VIEIRA; VIDEIRA, 2007).

A partícula subatômica méson π já existia teoricamente e foi proposta pelo físico teórico japonês Hideki Yukawa em 1935 que, por conseguinte, recebeu o prêmio Nobel de Física em 1949. O trabalho de Yukawa consistia no estudo da interação entre prótons e nêutrons, que se mantém coesos dentro do núcleo atômico (VIEIRA; VIDEIRA, 2007).

Os átomos são constituídos por elétrons e núcleos. O núcleo contém partículas de carga positiva (prótons) e outras sem carga elétrica (nêutrons). Contudo, para que essas partículas se mantivessem coesas no núcleo de um átomo, seria necessário admitir a existência de uma partícula ainda desconhecida, com uma massa cerca de 200 vezes maior que a do elétron, que poderia ser emitida e absorvida por prótons e nêutrons (VIDEIRA, 2017). A troca dessa partícula entre os constituintes do núcleo atômico produziria uma atração de curto alcance entre eles, que poderia explicar a estabilidade nuclear. Por ter uma massa intermediária entre a do elétron e a do próton, recebeu o nome de “méson”. Essas partículas só poderiam existir durante um tempo muito curto e se desintegrariam fora do núcleo atômico depois de apenas um bilionésimo de segundo (CARUSO; OGURI, 2006).

Em 1947, foi realizada a verificação³³ experimental do méson π , abreviada de Píon, a partir da análise de Emulsões Nucleares e, em 1949, ao retomar dos Estados Unidos para o

³³ O grupo de Cecil F. Powell, diretor do Laboratório de Física H.H. Wills, da Universidade de Bristol, do qual Lattes era integrante, fez a verificação experimental desta partícula, em 1947. Desse modo, Yukawa ganhou mais credibilidade em sua teoria dos mésons.

Brasil, Lattes trouxe consigo emulsões expostas no acelerador de Berkeley. São essas chapas que deram origem no CBPF à Divisão de Emulsões Nucleares. Um dos principais resultados dessas primeiras análises foi a determinação, com precisão, de maior probabilidade de decaimento do Píon positivo. Cabe destacar que a importância desse resultado deve ser entendida no cenário em que os físicos começavam a delinear uma teoria sobre a universalidade da força fraca e que contou com a participação do importante físico brasileiro Jayme Tiomno. (VIEIRA; VIDEIRA, 2007).

Além do CBPF, a técnica de emulsões nucleares passou a ser empregada em outras instituições brasileiras como, por exemplo, na Universidade de São Paulo, na Universidade Estadual de Campinas e, anos mais tarde, na Universidade Federal da Paraíba, como também em outros países da América do Sul. As pesquisas com emulsões influenciaram o chamado Centro de Pesquisas Físicas da Universidade do Rio Grande do Sul, onde havia uma divisão de Emulsões Nucleares e Microscopia (VIEIRA, 2009).

Ainda sobre a primeira publicação do CBPF pelas físicas Elisa Frota-Pêssoa e Neusa Margem, que iniciaram os estudos sobre as formas de decaimento do Píon:

O primeiro artigo de pesquisa do CBPF é meu. Foi publicado em 1950 e falava sobre a desintegração do méson-pi, tendo como colaboradora Neusa Margem, que foi minha aluna e auxiliar, e que chamei para trabalhar comigo na época (FROTA-PESSÔA, 2012, p. 10).

O trabalho realizado por elas foi obtido pelo bombardeio a um alvo de grafite por prótons de energia igual a 350 milhões de elétrons-volts que foram acelerados no cíclotron de 184 polegadas, de Berkeley. Durante o exame da emulsão, Elisa e Neusa tiveram a oportunidade de encontrar um conjunto de trajetórias concorrentes que pode ser interpretado como sendo a produção, na própria emulsão, de um mesón π^+ . De acordo com elas, o méson π^+ sai de uma “estrela”, a qual justificam que pode ser devido à colisão de um nêutron de grande energia com um núcleo de chapa. Interessante notar que observaram experimentalmente que o méson π^+ finaliza o percurso na emulsão e desintegra em um méson μ^+ que também termina seu percurso na emulsão. Esse fenômeno, ainda que previsto teoricamente, ainda não tinha sido observado experimentalmente (FROTA-PESSÔA; MARGEM, 1950).

Neste trabalho, Elisa e Neusa mostraram que a desintegração do méson π em elétron era pelo menos cem vezes menos frequente que a em méson leve μ . De forma clara e sistematizada, as autoras ressaltam que os únicos resultados conhecidos na época eram do grupo de Berkeley que utilizava de chapas fotográficas nucleares do tipo C3 expostas a π^+ produzidos no cíclotron de 184 polegadas. O grupo observou e verificou que 95% delas apresentavam em seu final de um μ^+ . Os 5% restantes não eram seguidos por nenhuma trajetória visível (FROTA-PESSÔA; MARGEM, 1950).

O trabalho desempenhado por Elisa e Neusa no Brasil na década de 1950 conseguiu, com maestria, obter pela primeira vez resultados significativos para apoiar experimentalmente a teoria das interações fracas “V-A”. O estudo foi responsável por introduzir no país a técnica de emulsões nucleares, implementando o seu emprego em vários laboratórios e, conseqüentemente, incentivando sua aplicação em várias áreas como Química, Física Nuclear e de Partículas e Biologia. A técnica das emulsões nucleares permitiu obter resultados importantes como o modo de decaimento do méson π^+ , o decaimento exótico e os fenômenos exóticos na radiação cósmica. Do CBPF, a técnica passou a ser empregada em outras instituições brasileiras e na América Latina (VIEIRA; VIDEIRA, 2007). O artigo de Elisa e Neusa foi publicado em um momento em que a física de partículas estava em um estágio de rápido desenvolvimento. O artigo foi recebido com grande entusiasmo pela comunidade científica, e foi amplamente citado em outros artigos. A descoberta do decaimento do pión teve um impacto significativo no campo da física de partículas, e ajudou a lançar as bases para o desenvolvimento da física nuclear (MIRANDA, 2004).

Elisa também contribuiu com a área da química. Em seu artigo “*On the Employment of Liquid Emulsion in the Titration of Uranium from Radioactive Minerals*”, publicados nos Anais da Academia Brasileira de Ciências em 1953, em colaboração com F. Brandão, Neusa Margem e Waldir Perez, foi descrito brevemente um método para a titulação de urânio em minerais radioativos nos quais a solução a ser titulada é misturada com emulsões líquidas. O sólido foi obtido a partir da comparação de soluções padrões preparados sob condições semelhantes e a porcentagem de elementos radioativos presentes foi determinada (FROTA-PESSÔA et al., 1953).

Em 1955, os mesmos autores tiveram o único trabalho brasileiro selecionado e publicado para apresentação e discussão em plenário na “*1st. International Conference for Peaceful Applications of Atomic Energy*”, em Genebra.

O artigo, intitulado “*A new Radioactive Method for Marking Mosquitoes and its Application*” (ARAGÃO et al., 1955) foi apresentado na sessão “*Radioactive isotopes and nuclear radiations in medicine: diagnoses and studies of disease*”. A 1ª Conferência Internacional para Aplicações Pacíficas da Energia Atômica foi uma conferência internacional que ocorreu em Genebra, Suíça, de 8 a 20 de agosto de 1955. Foi a primeira conferência internacional a se concentrar no uso pacífico da energia nuclear. A conferência foi organizada pela Organização das Nações Unidas (ONU) e contou com a participação de delegados de 81 países. O contexto da conferência foi a Guerra Fria. Os Estados Unidos e a União Soviética haviam desenvolvido armas nucleares e estavam em uma corrida armamentista. A conferência foi vista como uma oportunidade de promover o uso pacífico da energia nuclear e reduzir o risco de guerra.

No artigo apresentado na referida conferência, Aragão, Frota-Pessôa e Margem discutiram o método usado em emulsão nuclear, a partir de elementos radioativos de longa duração, como o tório e o urânio, que foram empregados em emulsões irradiadas em Berkeley no estudo do decaimento do pión positivo e as aplicaram, depois, a problemas locais, como por exemplo, o voo do mosquito transmissor da malária. O artigo descreveu um novo método para marcar mosquitos com radioisótopos, que poderiam então ser rastreados para estudar seu comportamento e padrões de migração.

O artigo de Aragão et al. (1955) foi bem recebido pela comunidade científica e teve um impacto significativo na pesquisa sobre mosquitos transmissores de doenças. Ele foi citado em mais de 1.000 artigos³⁴ e foi usado para desenvolver novos métodos para marcar mosquitos com radioisótopos. O método descrito no artigo foi amplamente utilizado para estudar mosquitos transmissores de doenças como a malária e a dengue e a desenvolver novas estratégias de controle de doenças. O método descrito no artigo também foi usado para estudar outros insetos, como moscas, pulgas e carrapatos, o que ajudou a melhorar a compreensão da biologia desses insetos e a desenvolver novas estratégias de controle de doenças.

³⁴ Dados do *Google Scholar* (2023).

Em 1960, firmou-se o projeto Colaboração Brasil – Japão que, durante décadas, empregou as chamadas câmaras de emulsão (nuclear). Essa técnica acopla filmes de raios X às emulsões para facilitar a localização das cascatas eletromagnéticas³⁵. O CBPF adotou o modelo do Laboratório H. H. Wills da Universidade de Bristol, idealizado por Powell. Tal modelo possuía equipes de mulheres microscopistas. O Brasil possuía essas equipes e elas se mantiveram ativas durante muito tempo da história das emulsões nucleares. Os possíveis fatores que favoreceram a participação ativa de mulheres nos laboratórios de microscopia, de acordo com Vieira (2009), podem ser de cunho financeiro, uma vez que no CBPF as mulheres recebiam salários mais baixos que os dos homens, e era comum a crença entre os chefes de laboratórios das equipes de microscopistas de que as mulheres seriam mais pacientes e meticolosas para esse tipo de trabalho.

As atividades políticas do movimento feminista que surgiu na década de 1960, colaboraram para que as mulheres fossem incluídas nas carreiras científicas, bem como nos questionamentos acerca da aculturação da ciência sob os padrões de masculinidade (ROSSITER, 2003; KELLER, 2006). Desse modo, Rossiter (1982) propôs dois conceitos para compreender estatisticamente o espaço das mulheres na ciência e as desvantagens que sofriam. Esses conceitos foram chamados de segregação hierárquica e segregação territorial ou horizontal. O primeiro conceito se refere à baixa ocorrência de mulheres em posições de poder e prestígio, e o segundo faz com que as mulheres se concentrem nas áreas de humanidades e ciências sociais.

De acordo com Londa Schiebinger (2001):

Dizer que as qualidades socializadas das mulheres mudaram a ciência não leva em conta os sucessos arduamente obtidos em vinte anos de estudos acadêmicos realizados por mulheres [women's studies], o papel de homens feministas e muitas outras coisas (SCHIEBINGER, 2001, p. 36).

³⁵ Cascata eletromagnética é formada por pósitrons e elétrons resultantes do choque de raios cósmicos (núcleos carregados) contra núcleos de átomos da atmosfera. A cascata por vezes recebe o nome de componente mole do chuveiro de raios cósmicos, também formado pelo componente 'duro' (ou penetrante), este último basicamente formado por múons e neutrinos (VIEIRA, 2009).

A participação das mulheres nas práticas laboratoriais precisa superar a concepção de que o trabalho feminino na ciência parte de um conhecimento científico pré-existente, que restringe seus talentos, características e estilos. A perspectiva de gênero no estudo das práticas experimentais em laboratório foi apresentada por Rentetzi (2007) a partir da discussão de culturas experimentais, ao analisar a trajetória e contribuição da física Marietta Blau. Para a autora, esse debate está centrado nos conjuntos de práticas científicas empregadas por sujeitos de gênero que compartilham um certo estilo de material epistêmico de pesquisa que, por sua vez, são constituídas por cientistas de diferentes marcadores sociais. Além disso, ela explora as maneiras pelas quais as atividades experimentais afetam homens e mulheres nas ciências. De forma brilhante, a autora apresenta a trajetória da física austríaca Marietta Blau, que retoma as pesquisas do uso do método fotográfico aplicado à Física após a Primeira Guerra Mundial.

Em síntese, Rentetzi (2007) discute a história da imigração da física Marietta Blau para os Estados Unidos e sua consideração para o prêmio Nobel em 1950. A trajetória da física é fortemente marcada pelas constantes lutas para sobreviver no novo mundo da Física de Alta Energia. Cabe destacar que é nesse contexto de novas descobertas científicas que as mulheres deixaram a experimentação para se tornarem *designers* industriais e parte da equipe de apoio de laboratório nas décadas de 1940 e 1950. Tal período é caracterizado pelo número expressivo de mulheres microscopistas nas pesquisas em emulsões nucleares, principalmente no Brasil.

Dando continuidade às contribuições de Frota-Pêsoa para a Ciência, em 1969 foi publicado o trabalho “*Isotropy in $\pi - \mu$ decay*” em “*Physical Review*”, o qual pôs fim a uma disputa sobre a possibilidade do méson π ter spin não nulo. Nesse construto, foi feita uma análise extensa de todos os resultados sobre a distribuição angular de $\pi - \mu$ de decaimentos da pilha de emulsão nuclear usada por Hulubei et al. (1965). Os resultados até então obtidos para a realização desse experimento apontavam para uma anisotropia no decaimento $\pi - \mu$ devido, possivelmente, à falta de eficiência na varredura e dos feixes de múons investigados. Assim sendo, Elisa salientou as condições para a realização do experimento para que alcançasse resultados satisfatórios, por exemplo, o treinamento dos *scanners*, a rapidez da digitalização, as condições do desenvolvimento da pilha, o tipo de emulsão e os equipamentos ópticos utilizados. A partir disso, chegou à conclusão de que é possível que alguns desses fatores sejam responsáveis pelo aumento da isotropia na sucessão das experiências realizadas (DA SILVA, 2004).

Em 1969, Borello, Dietzsch, Frota-Pessoa, Hamburger e Orsini publicaram o artigo “*Energy levels of ^{122}Sn and ^{123}Sn* ” em Montreal no Canadá nos “*Proceedings of the International Conference on Nuclear States*” em 1969. Essencialmente, o trabalho contemplava a utilização inédita de sua invenção, o “Método da Soma” que, posteriormente, foi adotado por outros pesquisadores na área da Física Nuclear. Este método é utilizado para análise de reações com alvos pesados em relação à partícula emergente. Dessa forma, o “Método da Soma” onde “os níveis fracamente excitáveis podem ser facilmente distinguidos do background, tornou possível a descoberta de mais de 100 níveis nucleares através de seus vários trabalhos, com diferentes colaboradores da USP ou do CBPF” (DA SILVA, 2004, p.1466).

Tais construções se formam como destaques em um árduo trabalho de esforço e pioneirismo realizados em um período em que as universidades sofriam repressões do governo ditatorial e que tornaram as condições das atividades experimentais ainda mais dificultosas. Vale mencionar, a título de exemplo que, em 1965, a UnB teve seus equipamentos do laboratório de Física Nuclear desintegrados do Instituto de Física, além de um acelerador de partículas, que seria um presente dado pelo governo francês, mas que não foi entregue devido às grosserias feitas por Carlos Lacerda ao visitar a França (CLEMENTE, 2005). Neste ínterim, Da Silva (2004) nos diz que, apesar dos entraves encontrados na ascensão da vida científica em nosso país na tentativa de fazer Física de Primeiro mundo em condições de Terceiro, Elisa e seus companheiros persistiram com muito fôlego e conseguiram.

2.5 ELISA E O ENSINO DE FÍSICA NO BRASIL

Nos anos em que passou na FNFi, Elisa sempre demonstrou insatisfação em relação à falta de laboratórios para o trabalho experimental na faculdade. De acordo com ela, existia a necessidade da junção de aulas teóricas e aulas experimentais, uma vez que, para seu entendimento, não seria possível a compreensão do ensino de Física Básica pelos alunos em sua magnitude e amplitude sem essa simbiose. Sempre dedicada ao ensino a partir das aulas experimentais, a física incrementava suas aulas, despertando o interesse dos seus alunos pela disciplina. De acordo com Da Silva (2004):

Elisa, fazia suplementar nosso conhecimento experimental, no prédio do “Centrinho” mantido pelo CBPF, onde, voluntariamente, os alunos mais destacados (todos, no caso dos alunos da Elisa) da Física da FNFi, recebiam problemas experimentais e, autonomamente, buscavam soluções para os mesmos, exercitando ao limite sua criatividade e engenhosidade experimental. Ali, lembro-me nitidamente, éramos levados a conjugar nossa compreensão dos princípios fundamentais da Física que discutíamos em classe (nossas aulas com Elisa eram sempre verdadeiros fóruns de discussão com a interpretação de dados experimentais para gerar uma análise crítica do fenômeno físico que estivéssemos estudando. Este binômio “aula teórica” / “trabalho experimental” era a base do ensino da Física para Elisa, bem distanciado do ensino livresco, tomista, insípido e despido totalmente da emoção da descoberta (DA SILVA, 2004, p.1462)

Assim sendo, Elisa possuiu um papel significativo na construção de uma educação de qualidade, a partir da sua estratégia de ensino, que consistia em impulsionar a criatividade, a curiosidade e a descoberta científica.

O papel de Elisa Frota-Pessôa em estimular o interesse pelo ensino e pesquisa em física se estendeu para além das salas da universidade. Um documento notável que ilustra este impacto é uma carta-convite feita por alunas do nível ginásial no ano de 1963, solicitando que ela fosse a patrona de sua turma de ciências.

senhor Chefe do Departamento de Física

Rio de Janeiro, 31 de outubro de 1963.

Caras estudantes:

Recebi a carta de Vocês em que me participavam que fui escolhida para patrona de seu grupo. Estou muito contente com a honra que me concederam e procurarei cumprir minha missão da melhor maneira possível. Sei que posso contar com o entusiasmo e a vontade de trabalhar de Vocês, embora ainda não as conheça, porque meu permanente contacto com a mocidade só tem feito crescer a confiança que sempre depositai nela.

Segundo entendi do que li na carta de Vocês a turma A de Ciências está na segunda série ginasial. Se estou certa, ainda restam cinco anos para que chegue a hora da escolha da carreira. Creio que os seguintes comentários serão úteis como começo de conversa.

Infelizmente ainda se cultiva muito no Brasil a idéia errada de que um cientista é algo diferente do resto da humanidade. Na verdade um cientista não é alguém genial que de repente tem uma inspiração notável e fica célebre. Todos os resultados científicos surgem depois de horas e horas de trabalho, envolvendo muitos ensaios e erros.

A carreira científica é bonita como qualquer outra carreira. Para se vencer nela é indispensável que se goste de trabalhar em Ciência, como é indispensável para que se vença em qualquer outra carreira que se goste do tipo de atividade a ela ligada. E por que é necessário este amor? Porque só ele traz a persistência no trabalho e esta persistência é o único meio de se vencer em alguma coisa.

O primeiro conselho que daria a Vocês seria o de que não escolhessem já a carreira. Seria conveniente que olhassem bem segundo todos os ângulos possíveis antes da escolha definitiva.

Para que Vocês possam examinar melhor o que é ciência peçam ao Professor de Vocês que realize o maior número possível de aulas de laboratório e que procure sempre relacionar a vida diária com o que Vocês aprendem. Talvez isto já esteja sendo feito. O objetivo da ciência é descrever a natureza e só podemos descrevê-la se adquirirmos o hábito de observá-la.

Se algumas de Vocês optarem mais tarde pela carreira científica ainda restará escolher a que ramo da ciência se dedicar. Caso este ramo seja a Física, o primeiro passo a ser dado será o exame de admissão ao Curso de Física, de uma Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras. Atualmente as melhores no Brasil estão no Rio, São Paulo e Porto Alegre. Até Vocês concluírem a formação básica já devem existir outras boas.

Imagem 4 - Carta de convite de 1963 feita por alunas mulheres, convidando Elisa Frota-Pessôa para ser a patrona da turma de ciências do nível ginasial. Fonte: Arquivos do MAST (2023)³⁶

³⁶ Arquivo consultado em maio de 2023. Código de Referência E.F.T. Coleção E.F. Série 3, Subsérie 3.2 Datas-limite: 1963. MAST, Rio de Janeiro.

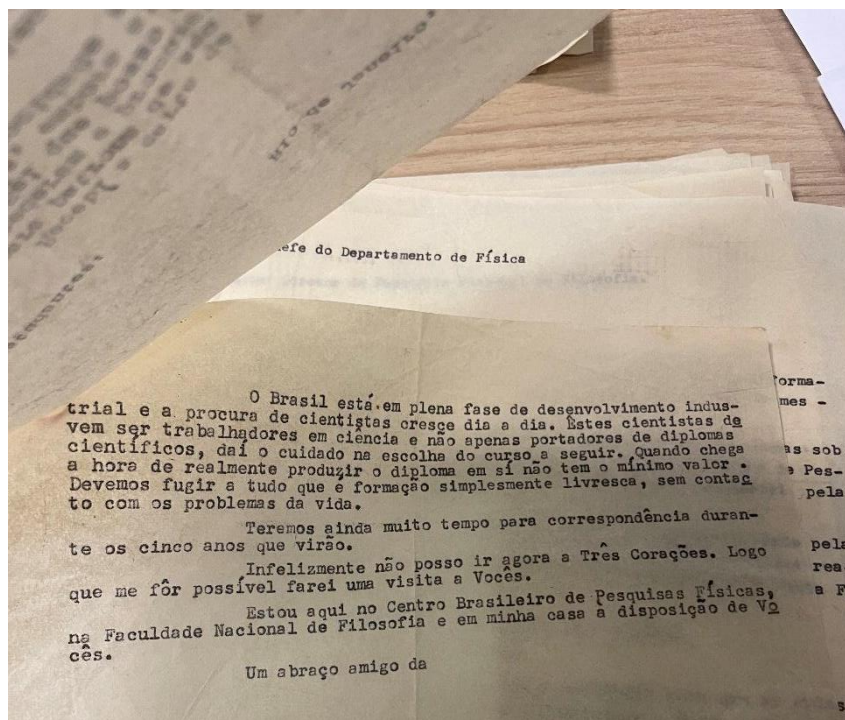


Imagem 5 - Carta de convite de 1963 feita por alunas mulheres, convidando Elisa Frota-Pessôa para ser a patrona da turma de ciências do nível ginásial. Fonte: Arquivos do MAST (2023)³⁷

O fato de a carta ter sido escrita e enviada por alunas mulheres do ensino ginásial, em uma época em que o preconceito de gênero na ciência era ainda mais pronunciado do que hoje, lança luz sobre a amplitude e profundidade da influência de Elisa Frota-Pessôa. Não era apenas no âmbito acadêmico e profissional que sua presença era sentida; ela estava afetando mudanças nas gerações futuras, a começar, literalmente, do chão da sala de aula.

Em primeiro lugar, ao atender o pedido dessas alunas e aceitar o título de patrona, mesmo que não confirmasse a sua participação na solenidade devido a suas ocupações, Elisa consolidou seu papel como um 'Modelo a Seguir'. Nesse sentido, ela foi muito mais do que uma cientista e educadora renomada; Elisa foi uma prova viva de que as barreiras de gênero poderiam ser superadas. Seu exemplo não apenas validou as aspirações daqueles jovens, como também serviu como um farol, mostrando que o campo da ciência era um território onde elas poderiam não só entrar, mas prosperar. Mas Elisa não parou por aí.

³⁷ Arquivo consultado em maio de 2023. Código de Referência E.F.T. Coleção E.F. Série 3, Subsérie 3.2 Datas-limite: 1963. MAST, Rio de Janeiro.

A transição para seu papel como patrona de uma turma de ciências de alunas mulheres reflete sua dedicação contínua a uma causa ainda mais grandiosa: a da Inclusão e Empoderamento. É aqui que a narrativa se expande do pessoal para o político. Sua disposição em ser a patrona desta turma composta por jovens mulheres não foi um ato isolado; foi um ato político, uma declaração em defesa da inclusão do gênero na ciência brasileira. Não era apenas sobre ensino de Física; era sobre quem tinha o direito de aprender, de questionar e de contribuir para o campo da ciência. Ela não estava apenas formando futuros cientistas, mas, sobretudo, estava moldando a consciência de uma geração de mulheres que poderiam ver a si mesmas como participantes plenas e iguais na busca pelo conhecimento.

Elisa foi conhecida por sua abordagem de ensino que promoveu o pensamento crítico, a autonomia e a criatividade. Ela acreditava que todos, independentemente do gênero, deveriam ter a oportunidade de se engajar na ciência de forma significativa. É esta filosofia educacional que a torna uma figura tão relevante para essas jovens alunas, e que está implícita na honra apresentada pelo convite.

Ao ser escolhida como patrona de uma turma de jovens mulheres em ciências em 1963, Elisa Frota-Pessôa consolidou seu legado não apenas como uma física de destaque, mas também como uma pioneira na promoção da igualdade de gênero na ciência brasileira. Sua influência perdura, inspirando novas gerações de mulheres a romper barreiras e a contribuir para o campo da física e da ciência em geral.

Sua influência como pioneira na promoção da igualdade de gênero é tanto mais notável quando consideramos o ambiente no qual ela operava. Mas Elisa Frota-Pessôa não parou na conquista simbólica de ser patrona de uma turma de futuras cientistas. Ela continuou a quebrar barreiras em circunstâncias muito mais desafiadoras, conforme evidenciado por uma carta enviada ao chefe do departamento de física da FNFi.

Em um momento em que a repressão política e a discriminação de gênero se entrelaçavam para criar um ambiente quase intransponível para muitos, Elisa enfrentou uma batalha em duas frentes. Se a aceitação do papel de patrona enviava uma mensagem de inclusão e empoderamento para as futuras cientistas, sua carta ao chefe do departamento de física era um ato de resistência mais tangível e imediato, voltado para as necessidades prementes de seus alunos e da instituição que ela servia.

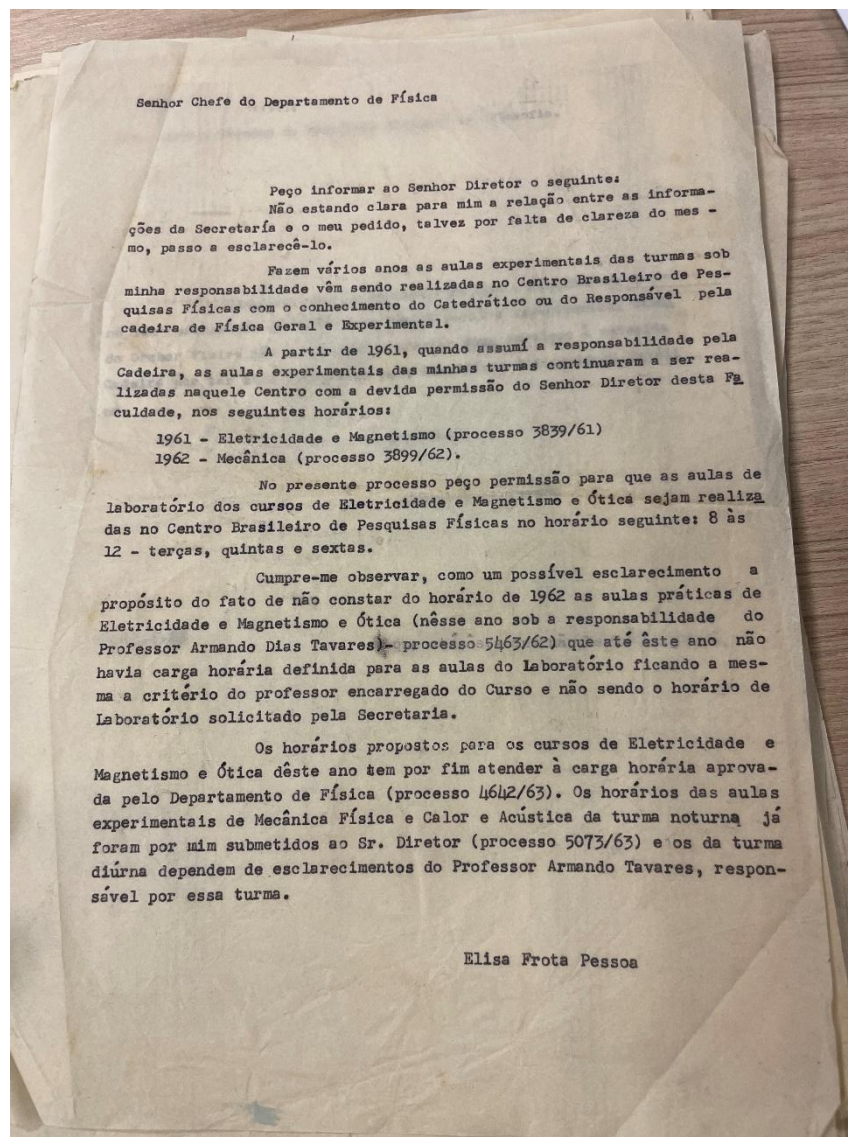


Imagem 6 - A Carta de Resistência e Inovação de Elisa Frota-Pessôa: Unindo o CBPF e a FNFi em Tempos Difíceis. Fonte: Arquivos do MAST (2023)³⁸

Assim, ela utilizou a força de sua posição e conexões no CBPF para garantir que suas aulas de Física continuassem com a qualidade que seus estudantes mereciam, apesar do ambiente adverso. Esta atitude destemida não só ilustra sua devoção ao ensino e à pesquisa em Física, mas também solidifica seu legado como uma mulher que lutou, de forma tanto simbólica quanto pragmática, contra as restrições impostas pela sociedade e pela instituição à qual pertencia.

³⁸ Arquivo consultado em maio de 2023. Código de Referência E.F.T. Coleção E.F. Série 3, Subsérie 3.2 Datas-limite: 1963. MAST, Rio de Janeiro.

Para além, Elisa contribuiu na formação de uma escola de Física com os mais brilhantes e competentes profissionais do país que, hoje, ocupam papéis de destaque no cenário da Ciência e Tecnologia no Brasil e levam adiante os princípios explorados pela junção do Ensino-Pesquisa às mais variadas instituições de ensino. Elisa nos inspira na luta diária por uma educação de qualidade, principalmente uma educação científica pautada no aprimoramento de práticas docentes, na elaboração e utilização de atividades experimentais e na formação de uma identidade docente profissional ativa em metodologias e ensino.

Elisa Frota-Pessôa contribuiu para a promoção da Ciência no Brasil em uma época marcada pelo preconceito por ser mulher e separada do marido em um período em que não havia divórcio no país (DA SILVA, 2004). Contudo, apesar das dificuldades e barreiras enfrentadas ao longo de sua trajetória como cientista e mulher, ela possui uma história de conquistas pessoais. Participou de forma ativa das lutas para vencer o preconceito contra o trabalho da mulher em âmbito científico e no despertar do interesse na sociedade pelo desenvolvimento científico.

Elisa recebeu a láurea máxima reservada para professores e pesquisadores de excepcional desempenho, quando o Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas lhe outorga o título de Pesquisadora Emérita. Elisa teve uma vida inteira dedicada ao ensino e à pesquisa em Física, bem como a preocupação de formar novas gerações de físicos e físicas. Era conhecida por ser uma professora dedicada, paciente, comprometida e determinada (DA SILVA, 2004). Sem dúvidas, uma mulher à frente do seu tempo.

Elisa Maia Frota-Pêssoa morreu no dia 28 de dezembro de 2018 no Rio de Janeiro, aos 97 anos em decorrência de uma pneumonia. Além dos dois filhos, ela deixou cinco netas, oito bisnetos e uma bisneta. Elisa faleceu apenas dois meses antes do nascimento da primeira trineta.

De acordo com a homenagem à professora Elisa por seus 80 anos de idade, publicada na revista da Sociedade Brasileira de Física, *Brazilian Journal of Physics* em edição especial, Carlos Alberto da Silva Lima e colaboradores (Da Silva, 2004), ao narrarem os momentos vividos com ela, citam a sugestão do seu nome, por intermédio do CNPq, para fazer parte do *Women's Book of World Records and Achievements*. Essa sugestão foi feita em agosto de 1977 e editada pela Editora *Doubleday*, em cooperação com a *National Science Foundation*, dedicada às mulheres que se destacaram na Ciência e Tecnologia (DA SILVA, 2004).

E, finalmente, em 30 de maio de 2023, o site do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas - CBPF anunciou um edital para o Prêmio Elisa Frota-Pessôa, realizado pelo Museu do Amanhã em parceria com a Secretaria Municipal de Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro. O objetivo do prêmio, cujo tema inaugural vem a ser a desigualdade de gênero e o papel das mulheres na ciência e tecnologia, é “identificar, reconhecer e valorizar o trabalho científico desenvolvido por mulheres” (CBPF, 2023).

2.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As contribuições de Elisa para a Ciência foram muitas; ela se dedicou no aperfeiçoamento da técnica de emulsões nucleares, permitindo aplicabilidade em outras áreas, como por exemplo a Física de partículas, a Química e a Biologia. Em adição, cabe destacar as barreiras que precisou ultrapassar para ter seu nome em destaque no cenário científico, uma vez que enfrentou preconceito por ser mulher, mãe de dois filhos e por ser divorciada em uma época em que não havia divórcio no Brasil. Tal realidade, infelizmente, ainda assola milhares de mulheres em todo o mundo.

Ao nos debruçarmos sobre todas as vicissitudes narradas neste trabalho, cabe salientar a entrega e o profissionalismo que estiveram presentes na trajetória de Elisa. A nossa física desempenhou um trabalho brilhante na formação de alunos do curso em Física a partir de um ensino embasado na pesquisa científica. Para Elisa, a qualidade da formação básica em Física era condição essencial para a Iniciação Científica. A cientista deixou contribuições importantíssimas para vários físicos que, atualmente, ocupam lugares de destaque no Brasil e no exterior.

Ao servir de modelo para jovens mulheres na ciência e resistir às opressões institucionais através de sua atuação direta, Elisa Frota-Pessôa demonstrou que as barreiras existem para serem superadas. E, ao fazer isso, ela não só enriqueceu o campo da Física, mas também se tornou uma referência para todas as mulheres que aspiram a fazer o mesmo.

As dificuldades e barreiras são inúmeras no transcorrer na vida profissional de mulheres, a saber: a oposição ao direito de frequentar e escolher um curso de ensino superior (RAGO, 2000); a resistência e a falta de incentivo familiar; a falta de oportunidade e perspectivas de atuação profissional (GARCIA; SEDEÑO, 2002) e, por último e não menos importante, a

escassez ao acesso às academias científicas (HENSON, 2000). A conquista do espaço das mulheres em torno da ciência é demarcada por dificuldades encontradas por elas ao longo dos séculos para construírem a sua própria identidade profissional. Desse modo, constituem-se como grandiosos os esforços das cientistas em mostrar seu valor real como pesquisadoras. Elisa Frota-Pessôa não estava simplesmente exercendo uma carreira de cientista e pesquisadora valorosa, o que por si só já constituía em um grande feito para a época. Mais do que isso, ela buscou lutar para superar as deficiências de infraestrutura em ensino de Física na FNFi; e ela estava fazendo isso em um ambiente político profundamente hostil.

Nesse cenário, a carta enviada por Elisa ao chefe do departamento adquire um peso particular. Não era apenas uma questão administrativa; era um ato de resistência. Ela estava usando suas conexões e recursos disponíveis no CBPF para garantir que a educação em Física não fosse apenas teórica, mas prática e aplicada, mesmo em face da perseguição política na instituição em que lecionava.

A escolha de Elisa em continuar suas aulas práticas no CBPF durante os anos tumultuados da ditadura militar e a perseguição política que sofreu por parte de figuras autoritárias não foi apenas uma decisão pedagógica, mas também uma demonstração de resiliência e compromisso com os ideais democráticos. Este ato serve como um microcosmo do papel maior que Elisa e seus contemporâneos desempenharam na luta por liberdades acadêmicas e democráticas em um período marcado por sua ausência (FREIRE JR. et al., 2009).

A resiliência de Elisa e sua insistência em continuar suas práticas pedagógicas, apesar dos desafios, podem ser vistas como um ato de desafio duplo: contra o autoritarismo político e a discriminação de gênero.

Dito isso, é preciso fomentar discussões que avancem as pesquisas sobre a História das Mulheres na Ciências para que, futuramente, possamos colher os bons frutos dessa relação tão importante e necessária de cunho emancipatório e crítico de mulheres que se interessam pela carreira acadêmica e científica.

A trajetória de mulheres pioneiras nos inspira a discutir e a refletir sobre os caminhos e percalços enfrentados por elas na constituição da Ciência que conhecemos hoje no Brasil e no mundo. Este trabalho convida a buscar novos nomes de mulheres para que uma nova História

seja contada e recontada com outros personagens representativos da diversidade brasileira na ciência nacional.

2.7 REFERÊNCIAS

AGRELLO, D. A.; GARG, R. Mulheres na física: poder e preconceito em países em desenvolvimento. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. v. 31, n. 1, p. 1305-1-1305-6, 2009.

ALMEIDA, J. S. A construção da diferença de gênero nas escolas: aspectos históricos (São Paulo, séculos XIX-XX). *Revista Eletrônica de Educação*. v. 9, n. 1, p. 65-77, 2015.

ARAGÃO, M. B.; FROTA-PESSÔA, E.; MARGEM, N. Novo método radioativo para marcar mosquitos [A New radioactive method for marking mosquitoes]. *Revista Brasileira de Malariologia*. v. 10, p. 525-28, 1956.

AZEVEDO, F. *A cultura brasileira: introdução ao estudo da cultura no Brasil*. 4. ed. Brasília: UnB, 1963.

BORELLO, T.; DIETZSCH, O.; FROTA-PESSÔA, E.; HAMBURGER E. W.; ORSINI C. Q. Energy Levels of ^{113}Sn AND ^{123}Sn . *Contributions to the International Conference on Properties of Nuclear States*. Les Presses de l'Universite de Montreal. Montreal, 1969.

BRASIL. Lei nº 6.683, de 28 de agosto de 1979. *Diário Oficial da União: Seção 1*, Brasília, DF, 28 ago. 1979.

CARUSO, F.; OGURI, V. *Física Moderna: Origens Clássicas e Fundamentos Quânticos*. Campus/Elsevier, 2006.

CBPF participa de lançamento do Edital do Prêmio Elisa Frota Pessoa. *Sítio eletrônico do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas - CBPF*, publicado em 30 mai. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/cbpf/pt-br/assuntos/noticias/cbpf-participa-de-lancamento-do-edital-do-premio-elisa-frota-pessoa> Acesso em: 9 jun. 2023.

CHIES, P. V. Identidade de gênero e identidade profissional no campo de trabalho. *Revista Estudos Feministas*. v. 18, n. 2, p. 507-528, 2010.

CLEMENTE, J. E. F. *Ciência e Política durante a Ditadura Militar: o caso da Comunidade Brasileira de Físicos (1964 - 1979)*. Dissertação (Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) - Pós Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências da Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2005.

COSTA RIBEIRO, J. A pesquisa científica e tecnológica no Brasil: Energia Atômica. *Revista do Serviço Público*. v. 68, n. 1, p. 52-69, jul. 1955.

DA SILVA, C. A. L. Homenagem à professora Elisa Frota-Pessôa. *Brazilian Journal of Physics*. v. 34, n. 4A, p. 1461-1468, 2004.

DANTES, M. A. M. *Espaços da ciência no Brasil: 1880 - 1930*. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2001.

DREIFUSS, R. A. *1964: A Conquista do Estado*. Petrópolis: Ed. Vozes, 1981.

FORTES, E. C. F. S.; TIJERO, M. C.; PLEITEZ, V. A descoberta das correntes neutras das interações fracas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. v. 29, p. 415-435, 2007.

FREIRE JR., O.; VIDEIRA, A. A. P.; RIBEIRO FILHO, A. Ciência e política durante o regime militar (1964-1984): a percepção dos físicos brasileiros. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas* [online]. v. 4, n. 3, p. 479-485, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1981-81222009000300009> Acesso em: 8 jun. 2023.

FROTA-PESSÔA, E. In a previous paper (BRANDÃO, FROTA-PESSÔA, MARGEM & PEREZ, 1952) we considered determination of the Uranium content of radioactive minerals in solution using nuclear emulsion. An analysis of the observed. *Anais Da Academia Brasileira de Ciências*. v. 25, v. 337, 1953.

_____. Elisa Frota-Pessoa: suas pesquisas com emulsões nucleares e a Física no Brasil. *Cosmos e Contexto - Revista Eletrônica de Cosmologia e Cultura*. Rio de Janeiro, v. 11, n. 1, p. 1-14, 2012.

FROTA-PESSOA, E.; MARGEM, N. Sobre a desintegração do méson pesado positivo. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. Rio de Janeiro, v. 22, n. 4, p. 372-383, 1950.

GARCIA, M. G. I.; SEDEÑO, E. P. Ciencia, tecnologia y género. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología, Sociedad y Innovación*. n. 2, 2002.

HENSON, P. A Invasão da Arcádia: as cientistas no Campo na América Latina, 1900-1950. *Cadernos Pagu*. Campinas, n. 15, p.165-197, 2000.

HARDING, S. *The science question in feminism*. Cornell University Press, 1986.

HULUBEI, H.; FRIEDLANDER, E. M; NITU, R.; VISKY, T.; AUSLANDER, J.; ANGHELESCU, N. Isotropic and non-isotropic $\pi - \mu$ decays. *Physical. Review*. v. 139, B729, 1965.

KELLER, E. F. Qual foi o impacto do feminismo na ciência? *Cadernos Pagu*. v. 27, p. 13-34, 2006.

_____. *Secrets of life, secrets of death: essays on science and culture*. Routledge, 2014.

LETA, J. As mulheres na ciência brasileira: crescimento, contrastes e um perfil de sucesso. *Estudos Avançados*. v. 17, n. 49, p.1-14, 2003.

LINHARES, M. L. C. *Elisa Frota-Pessoa: a textualização de suas (auto)representações e questões de gênero nas ciências*. Dissertação (mestrado em Educação Científica e Tecnológica) - Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2018.

MELO, H. P.; RODRIGUES, L. Pioneiras da Ciência no Brasil: uma história contada doze anos depois. *Ciência e Cultura*. v. 70, p. 41-47, 2018.

MIRANDA, J. M. Introdução à Física de Partículas. *CBPF Physics Series* - Rio de Janeiro, 5-16 de julho de 2004.

MOREIRA, I. C. A ciência, a ditadura e os físicos. *Ciência e Cultura*. v. 66, n. 4, p. 48-53, 2014.

MOREIRA, M. A. A física dos quarks e a epistemologia. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. v. 29, n. 2, p. 161-173, nov. 2007.

MOTOYAMA, S. (org). *Prelúdio para uma história: ciência e tecnologia no Brasil*. São Paulo: Edusp, 2004.

PERROT, M. Escrever uma história das mulheres: relato de uma experiência. *Cadernos Pagu*. v.4, p. 9-28, 1995.

RAGO, E. J. A ruptura do mundo masculino da medicina: médicas brasileiras no século XIX. *Cadernos Pagu*. Unicamp, v. 15, p. 199-225, 2000.

RAGO, M. Escrita de si, parresia e feminismos. In: VEIGA NETO, A.; BRANCO, G. C. (orgs.). *Foucault: Filosofia & Política*. Belo Horizonte: Autêntica, 2011. p. 251-267.

RENTETZI, M. *Trafficking Materials and Gendered Experimental Practices: radium research in early 20th century*. Vienna: Columbia University Press, 2007. Disponível em: <http://www.gutenberg-e.org/rentetzi/index.html>. Acesso em: 19 mar. 2020.

ROSSITER, M. W. *Women scientists in America*. London: The Johns Hopkins University Press, 1982.

_____. The Matthew Matilda Effect in Science. *Sage Journals - Social Studies of Science*. v. 23, n. 235, p. 325-341, 1993. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/030631293023002004?journalCode=sssb>
Acesso em: 8 jun. 2023.

_____. A twisted tale: women in the physical sciences in the nineteenth and twentieth centuries. In: NYE, M. J. (ed.). The modern physical and mathematical sciences. *The Cambridge History of Science*. Cambridge University Press, v.5, p.54-71, 2003.

SANZ GONZÁLEZ, V. Una introducción a los estudios sobre ciencia y género. *Argumentos de Razón Técnica - Revista española de ciencia, tecnología y sociedad, y filosofía de la tecnología*. n. 8, p. 43-66, 2005.

SCHIEBINGER, L. *O feminismo mudou a ciência?* Trad. de Raul Fiker. Bauru: EDUSC, 2001.

_____. Mais mulheres na ciência: questões de conhecimento. *História, Ciência, Saúde-Manguinhos*. v. 15, p. 269-281, 2008.

SCHWARTZMAN, S. *Um espaço para a ciência: a formação da comunidade científica no Brasil*. Brasília: Centro de Estudos Estratégicos/ MCT, 2001.

SILVA, F. F.; RIBEIRO, P. R. C. Trajetórias de mulheres na ciência: "ser cientista" e "ser mulher". *Ciência & Educação*. v. 20, n. 2, p. 449-466, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1516-73132014000200012> Acesso em: 8 jun. 2023.

SILVA, T. História, gênero e educação: as mobilizações de gênero pela ditadura civil-militar brasileira sob uma perspectiva da educação (1964-1985). *III Seminário Nacional de Práticas Culturais: olhares diversos sobre a diferença*. João Pessoa, 2011. Disponível em: <https://www.itaporanga.net/genero/3/04/07.pdf> Acesso em: 8 jun. 2023.

TAVARES, H. D. O Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas e o Instituto de Física Teórica sob a ótica militar. *Contemporânea - Historia y problemas del siglo XX*. v. 6, p. 67- 82, 2015.

TELES, M. A. A. Violações dos direitos humanos das mulheres na ditadura. *Revista Estudos Feministas*. Florianópolis, v. 23, n. 3, p. 1001-1022, 2015. Disponível em http://educa.fcc.org.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-026X2015000300018&lng=pt&nrm=iso Acesso em: 08 jun. 2023.

Vidal, D. G.; Faria Filho, L. M. D. História da educação no Brasil: a constituição histórica do campo (1880-1970). *Revista Brasileira de História*, 23, 37-70, 2003.

VIDEIRA, A. A. P. *Por que os físicos acreditam que as coisas existem?* Breves comentários a respeito das relações entre ciência e metafísica. Braga: Axioma - Publicações da Faculdade de Filosofia, 2017.

VIEIRA, C. L. *Um mundo inteiramente novo se revelou: a técnica das emulsões nucleares*. Tese (Doutorado em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia) – Programa Interdisciplinar de História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2009.

VIEIRA, C. L.; VIDEIRA, A. A. P. História e historiografia da Física no Brasil. *Fênix - Revista de História e Estudos Culturais*. v. 4, n. 3, p. 1-27, 2007.

ARTIGO III: O EFEITO ELISA E O ENSINO DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO: INSPIRAÇÕES FEMINISTAS E PRINCÍPIOS DE *DESIGN* PARA A INSERÇÃO DAS CONTRIBUIÇÕES DE FÍSICAS BRASILEIRAS PIONEIRAS EM RAIOS CÓSMICOS NOS CURRÍCULOS ESCOLARES

Laura Sued Brandão Santos

Indianara Silva

RESUMO: O presente estudo parte de uma lacuna na História das Ciências, que aponta para a inexistência de contribuições de mulheres cientistas nos currículos de Física do Ensino Médio. A partir da revisão de fenômenos misóginos e patriarcais no meio científico, como o Efeito Matilda, Efeito Teto de Vidro e Labirinto de Cristal, discutimos, no presente estudo, a necessidade de incluir mulheres cientistas e suas contribuições nos currículos escolares. Nomeamos *Efeito Elisa* tal fenômeno de invisibilização de mulheres nos currículos de física, em homenagem a Elisa Frota-Pessôa. Utilizou-se como arcabouço teórico as epistemologias feministas. Esta pesquisa visa não só reconhecer como também se preocupa em contribuir para combater essa forma de exclusão, buscando reduzir, a um só tempo, a disparidade de gênero e a defasagem do currículo de Física, que se encontra desatualizado apesar dos sucessivos e significativos avanços neste campo do saber. Nesse sentido, apresentamos como proposta de ação didática a construção de Princípios de *Design* para orientar a criação de Sequências Didáticas em Raios Cósmicos, a partir das contribuições das físicas pioneiras brasileiras Neusa Amato e Elisa Frota-Pessôa, que protagonizaram este campo de estudos no Brasil, em sua gênese. Esperamos que as reflexões aqui apresentadas contribuam para combater o apagamento histórico sistemático de mulheres cientistas, pela via da educação.

Palavras-chave: Efeito Elisa. Epistemologias feministas. Física de Raios Cósmicos. Sequências Didáticas. História das Mulheres Brasileiras na Ciência.

ABSTRACT: The present study starts from a gap in the History of Science, which points to the lack of contributions by women scientists in the High School Physics curricula. From the review of misogynistic and patriarchal phenomena in the scientific community, such as the Matilda Effect, Glass Ceiling Effect and Crystal Labyrinth, we discuss, in the present study, the need to include women scientists and their contributions in school curricula. We named this phenomenon of invisibilization of women in physics curricula Elisa Effect, in honor of Elisa Frota-Pessôa. Feminist epistemologies were used as a theoretical framework. This research aims not only to recognize, but also to contribute to combating this form of exclusion, seeking to reduce, at the same time, the gender disparity and the gap in the Physics curriculum, which is outdated despite the successive and significant advances in this field. field of knowledge. In

this sense, we present as a proposal for a didactic action the construction of Design Principles to guide the creation of Didactic Sequences in Cosmic Rays, based on the contributions of pioneering Brazilian physicists Neusa Amato and Elisa Frota-Pessôa, who were protagonists in this field of study in Brazil, in its genesis. We hope that the reflections presented here will contribute to combating the systematic historical erasure of women scientists, through education.

Keywords: Elisa effect. Feminist epistemologies. Cosmic Ray Physics. Didactic Sequences. History of Brazilian Women in Science.

3.1 INTRODUÇÃO

A Historiografia das Ciências tem negligenciado, desde a sua gênese, a produção e a visibilidade de mulheres no desenvolvimento científico e tecnológico. Quando pensamos em História das Ciências, é inevitável nos lembrarmos de um certo conjunto de cânones mundiais cujas descobertas aprendemos a reverenciar ainda cedo na escola. Esta História, retratada majoritariamente por personagens europeus e norte-americanos do sexo masculino, é retratada como se fosse uma História Única (ADICHIE, 2019). Ao refletir sobre as consequências e os perigos da “História única”, a escritora nigeriana e feminista Chimamanda Adichie pontua ser “impossível falar sobre a história única sem falar sobre poder” (ADICHIE, 2019 p. 23).

De forma análoga, acreditamos ser impossível discutir sobre currículo escolar sem falar sobre a História e as formas de poder que se perpetuam por meio dela e são replicados em sala de aula por meio dos currículos. O patriarcado é, em sua essência, uma história única: é a história de homens, escrita por homens, narrada para homens. Neste trabalho, pretendemos analisar o currículo de física do Ensino Médio a partir desse não-lugar das contribuições de mulheres cientistas nesta história. Afinal, não é que elas não existam, e disso sabemos. Portanto, o fato de suas contribuições não serem contadas nas salas de aula constitui-se como um problema e, neste estudo, assumimos a tarefa de analisá-lo. A partir da constatação deste problema, vamos propor a teorização de um novo efeito - O Efeito Elisa, para identificar, valendo-nos do arcabouço filosófico-epistemológico feminista, o fenômeno da invisibilização compulsória de mulheres nos Currículos Escolares de Física - entendendo-o como, nada mais nada menos, um reflexo ou um efeito da invisibilização das mulheres na História das Ciências.

Para Adichie, “muitas histórias importam. As histórias foram usadas para espoliar e caluniar, mas também podem ser usadas para empoderar e humanizar. Elas podem despedaçar a dignidade de um povo, mas também podem reparar essa dignidade despedaçada.” (ADICHIE, 2019, p. 32) Desde que a própria noção de historicidade foi inventada no norte global, uma história única vem sendo contada sobre a ciência ocidental moderna. Mulheres, pessoas negras, pessoas latino-americanas, pessoas indígenas não estão autorizadas a participar dessa história, senão na condição de espectadores distantes - ou melhor, leitores. Não obstante, as histórias dessas classes sociais não só resistem como estão cada vez mais reivindicando seu lugar na História oficial.

A escola é a principal responsável por reproduzir a lógica dominante da História dita oficial ou por transgredi-la, e a sua ferramenta fundamental são os currículos escolares. Nossa proposta segue pela segunda via, pois ainda há muito trabalho a fazer na busca pela equidade de gênero na ciência e na sociedade de uma forma geral. É por reconhecermos, na educação, a base para esta transformação estrutural, que o objeto deste estudo vem a ser o currículo escolar e os livros, especificamente da disciplina de Física do Ensino Médio. Dado o objeto em questão, elegemos enquanto referencial teórico para amparar a presente proposta a educação humanística aqui representada pela pedagogia de Paulo Freire, para quem a prática educativa não pode ser concebida senão enquanto prática político-cultural. Dentro desta perspectiva, compreende-se que a prática pedagógica é, ao fim e ao cabo, uma prática ética e política. (FREIRE, 1994).

Freire (1994) percebe a educação como um ato político e transformador. Ele enfatiza a necessidade de uma pedagogia libertadora que envolva os alunos de maneira crítica e os capacite a compreender e transformar sua realidade. A partir de tal referencial é que vamos reconhecer a disciplina de física enquanto construção humana, com seus aspectos históricos e de relação significativa com o contexto histórico, cultural, social, político e econômico, de maneira estabelecer diálogos e fazer articulações com outras áreas do saber científico.

Nesse sentido, a abordagem humanística enfatiza o desenvolvimento integral do aluno, incluindo seus aspectos físicos, intelectuais, emocionais e espirituais. Ela se baseia na crença de que todos os alunos têm o potencial de aprender e crescer, e que a educação deve ser um processo de descoberta e autoaprendizagem; em última análise, nos termos de Freire (1994), um processo de conscientização. Conscientização, para Freire é o ato de perceber o fenômeno com discernimento crítico, a fim de transformar estímulo ingênuo em provocação crítica. Em

outras palavras, os alunos passam a estar conscientes não apenas acerca do que se faz, mas sobretudo para como se faz e para que se faz (FREIRE, 1994).

Para os objetivos deste estudo, enfocamos a nossa análise, inicialmente, em uma seleção de estudos cujo objeto vem a ser o diálogo entre gênero e os currículos de Física do Ensino Médio; e também na BNCC - Base Nacional Curricular Comum, o que nos permitiu identificar duas significativas lacunas: a primeira tem a ver com a ausência da trajetória de mulheres pioneiras na Física; e a segunda se refere a uma extrema defasagem e desatualização dos currículos de Física do Ensino Médio, de uma maneira geral.

Este estudo visa contribuir para a luta das mulheres cientistas na reivindicação do seu lugar na História oficial das Ciências. Apesar do acesso à educação superior ter “permitido” a entrada das mulheres nas universidades a partir do século XIX, no caso da Física, em especial, a situação foi diferente. Essa “entrada” simplesmente não acontecia com a mesma facilidade que nas demais áreas. Essa dificuldade da participação de mulheres na física nesse período é marcada pela desmoralização, pela hostilidade e pela exclusão de seus pares, pela marginalização e desemprego, pela falta de reconhecimento, e por vezes, suicídio (ROSSITER, 2003 *apud* CARTAXO, 2012).

As discussões sobre o lugar da mulher na ciência sobressaíram com ênfase nos anos de 1970. Desde então, diversas pesquisadoras têm se dedicado a compreender a ausência e a invisibilidade das mulheres na História da Ciência. Tais pesquisas buscam visibilizar mulheres apontando as lacunas no âmbito acadêmico e destacando que as mulheres possuem histórias e papéis ativos no deslanchar da ciência (SANTANA; SANTOS, 2020). O avanço de pesquisas sobre gênero e ciência, que teve seu início nos Estados Unidos, se deu:

[...] especialmente devido ao movimento social feminista de segunda onda. O cenário político possibilitou a expansão da área, o desenvolvimento das acadêmicas feministas nas ciências naturais, o aumento do número de mulheres nas ciências (mesmo as mulheres que se negavam a se filiar politicamente ao feminismo), e possibilitou o questionamento da ocorrência do gênero e do sexo na ciência, além de inúmeros outros pontos de debate. Assim, percebemos o poder de um movimento social e suas implicações. Não foram apenas as mulheres cientistas, não foram apenas as acadêmicas feministas, a demarcar esse espaço, foi toda uma coletividade majoritariamente de mulheres, que ousaram se denominar Feministas e ocupar um espaço político (SANTANA; SANTOS, 2020 p. 174).

Assim, com o fortalecimento e o amadurecimento do movimento feminista, os debates em torno de gênero e ciência puderam desabrochar inicialmente nos Estados Unidos e na Europa, embora desde a década de 1960 as mulheres norte-estadunidenses já lutassem pelo acesso a oportunidades no campo científico. Bessa-Oliveira e Ortiz (2020) tomam como exemplo ilustrativo disso o filme “Estrelas além do tempo” (2016), baseado na história de três mulheres que integraram o grupo de mulheres cientistas e matemáticas apelidadas de “computadores humanos” da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA). Uma sinopse da história fornecida pelos autores relata que:

[...] um grupo de funcionárias negras é obrigado a trabalhar de forma isolada; a equipe é composta por mulheres reais, produtoras de conhecimento e saberes, negras, como Katherine Johnson, Dorothy Vaughn e Mary Jackson. O time apelidado de “computadores humanos” são as responsáveis por cálculos matemáticos de forma manual de equações necessárias para que as viagens espaciais se tornem possíveis e aconteçam. Essas mulheres faziam parte da equipe que desejava vencer a corrida espacial e deste modo colocariam os EUA (Estados Unidos da América) à frente. Elas se propuseram a lutar e conquistar seu espaço por intermédio de sua competência e travam batalhas diárias recheadas de preconceitos e discriminações raciais e de gênero no intuito de ascender hierarquicamente dentro da NASA, isto em meados do ano 1961 (BESSA-OLIVEIRA; ORTIZ, 2020 p. 82).

Histórias como essa nos mostram que sempre existiram mulheres fazendo ciência, embora a História - e, por consequência, os currículos escolares - se recusem a reconhecer isso. No Brasil, temos um caso análogo demonstrativo desse fenômeno de invisibilização de mulheres na historiografia das ciências: trata-se de duas cientistas físicas, Elisa-Frota Pessôa e Neusa Amato, cujas trajetórias contribuíram para nada mais nada menos, moldar o campo da Física experimental no Brasil e inaugurar a área da Física de Partículas e Raios Cósmicos no país. Não obstante suas extraordinárias contribuições precisamente em um momento histórico no Brasil em que a física começava a se estabelecer, em meados da segunda metade do século XX, os currículos escolares se recusam a reconhecer a participação pioneira e protagonista dessas mulheres na história das ciências do país. O caso de Elisa e Neusa não é isolado, ou seja, tal invisibilização estende-se a todas as áreas científicas, sobretudo as chamadas *hard sciences*.

A identificação desta lacuna, ou seja, da invisibilização e da exclusão de toda a classe feminina na História das Ciências nos currículos escolares, culminou na descoberta de um novo

fenômeno histórico e social, o qual denominamos *Efeito Elisa*, em homenagem à física Elisa Frota-Pessôa, considerada a primeira mulher física experimental do Brasil.

Situamos o novo fenômeno na esteira de fenômenos já identificados e amplamente discutidos pela teoria e pela epistemologia feminista, os quais mapeiam a exclusão das mulheres e o machismo estrutural nas ciências, como o Labirinto de Cristal (LIMA, 2008; 2013), o Efeito Matilda (ROSSITER, 1993) e o Efeito Teto de Vidro (ROSSITER, 1993; HARDING, 1996; SCHIEBINGER, 2001).

O objetivo geral da investigação do objeto se ampara na ausência de mulheres cientistas retratadas nos currículos de Física do Ensino Médio, cuja lacuna prevê a necessidade de identificar e nomear esta forma específica de exclusão, a fim de que sejamos capazes de reconhecê-la e combatê-la em nossa atuação em sala de aula.

Como objetivos específicos, elencamos, pois:

- a) Realizar uma análise do currículo de Física e suas limitações quanto à questão de gênero, a partir de uma revisão bibliográfica dos estudos mais atualizados sobre o tema;
- b) Teorizar e propor, com base na epistemologia feminista, o Efeito Elisa, enquanto uma ferramenta teórica para a detecção dessa forma específica de exclusão de gênero;
- c) Propor princípios de design para minimizar o Efeito Elisa e contribuir para a promoção da equidade de gênero nos currículos de física do Ensino Médio.

A metodologia proposta para a realização do presente estudo consistiu, inicialmente, em uma revisão de literatura partindo do tema “contribuições de mulheres nos currículos escolares de Física do Ensino Médio”. Empreendemos, adicionalmente, uma análise da própria BNCC sob a perspectiva de gênero; diante da identificação das lacunas já comentadas anteriormente, realizou-se uma pesquisa bibliográfica para levantamento dos fenômenos que caracterizam a exclusão sistemática de mulheres cientistas, tomando como ponto de partida os subsídios filosóficos das epistemologias feministas. Para o levantamento, sistematização e seleção da revisão de literatura, utilizamos a plataforma *Research Rabbit*. A escolha desse software se justifica pela sua eficácia e eficiência na busca, sistematização e precisão em localizar e artigos, dissertações e teses do mesmo tema nas mais diversas bases de dados e reuni-los em uma mesma interface, na qual é possível organizar, comparar e analisar os resultados, objetivos e discussões de cada trabalho.

Finalmente, como proposta de ação didática, lançamos mão da Pesquisa em Design Educacional para a proposição de *Princípios de Design* como ferramenta metodológica para subsidiar a criação de Sequências Didáticas por professores de Física do Ensino Médio, inspiradas nas trajetórias de Neusa Amato e Elisa Frota-Pessôa.

Esperamos que a identificação e a teorização desta nova categoria de exclusão e opressão de mulheres cientistas contribua para subsidiar a orquestração de estratégias cada vez mais elaboradas na luta pela inclusão de mulheres cientistas nos currículos escolares de ciências, com vistas à redução da disparidade de gênero a fim de subverter, pela via da educação, o apagamento histórico e sistemático das trajetórias de mulheres nas Ciências.

Cumpramos destacar o fato de que, além da inviabilização do trabalho das mulheres nas áreas científicas e, mais especificamente, na história da institucionalização das ciências no Brasil, temos uma segunda lacuna no Ensino de Física no que se refere a expressiva falta de temas ligados à Física moderna em sala de aula. As teorias contemporâneas como, por exemplo, Mecânica Quântica, Relatividade, Física de Partículas e Raios Cósmicos ainda permanecem, em sua maioria, fora das discussões de sala de aula.

De acordo com Araujo e Mackedanz (2020), o currículo escolar, em especial o da disciplina de Física, é um dos espaços mais difíceis de percebermos mudanças e inovações. Não obstante os significativos avanços tecnológicos e científicos protagonizados pela Física, o currículo escolar da educação básica se mantém estabilizado. Nesse sentido, faz-se necessário que as aulas de física na educação básica contemplem e dialoguem com as perspectivas e o desenvolvimento da Física Moderna e também por mulheres, ultrapassando a condição especulativa e de mera curiosidade. E, por conseguinte, enfatizando a relevância social e cultural das transformações ocorridas no Brasil e no mundo no início do século XX que possibilitam explicar diversos fenômenos, muitos dos quais aplicam-se nos dias atuais - e diante dos quais a Física Clássica se mostra limitante. Tal movimento permite a construção de conhecimentos que superam os limites das ciências e da tecnologia, propiciando outras formas de conhecimento do sujeito. (PAULO NETO, PARENTE e MACEDO, 2020; SALOMÃO, ARAUJO e MACKEDANZ, 2020; SILVA JUNIOR, 2022).

A Física de Raios Cósmicos possui um grande potencial didático, além de estar presente nas mídias pelo advento dos aceleradores de partículas e suas várias descobertas. O tema possui

ainda ampla aplicação em diversas áreas do conhecimento e tecnologia como: medicina, biotecnologia, informática, nanociência, nanotecnologia etc. Em vista desses argumentos, a nossa pesquisa parte de algumas lacunas já constatadas nas literaturas específicas e que com o passar do tempo ganharam espaço em discussões mais atuais, no que se refere a historiografia de mulheres nas ciências físicas e no campo da docência e da pesquisa.

Tal fato corrobora a superação das lacunas existentes no Ensino de Física Moderna, mais especificamente, em Física de Partículas. Nesse sentido, o presente estudo compreende, ao seu final, uma ação didática que poderá ser implementada por professoras/es de física do ensino médio com relativa facilidade. Trata-se da proposição de princípios de *design* para a construção de Sequências Didáticas (SDs), a partir das quais poderemos aguçar nos alunos importantes reflexões do trabalho produzido por duas mulheres pioneiras na Física de Raios Cósmicos, Elisa Frota-Pessoa (1921 – 2018) e Neusa Amato (1926 – 2015).

Com base nas trajetórias delas, espera-se que os alunos conheçam um pouco mais sobre a formação científica do país, promovendo assim, a um só tempo, a) a redução da disparidade de gênero nos currículos de ciências e b) uma possível aprendizagem conceitual sobre a física de partículas elementares e raios cósmicos.

3.2 CURRÍCULO E GÊNERO: A IDENTIFICAÇÃO DE UM NÃO-LUGAR DAS CONTRIBUIÇÕES DAS MULHERES NAS CIÊNCIAS

Na presente seção, nós dedicamos à realização de uma revisão de literatura a partir da qual destacamos estudos que oferecem importantes subsídios empíricos e teóricos para a sustentação da nossa hipótese, qual seja a invisibilização compulsória de mulheres nos currículos de ciências - notadamente, nos currículos de Física do Ensino Médio.

Ao nos debruçarmos na tarefa de levantar material bibliográfico sobre a presença de mulheres no currículo escolar de física, e trabalhos sobre gênero e BNCC para a construção deste estudo nas bases da plataforma *Research Rabbit*, encontramos somente um artigo, recente, que analisa a BNCC; e um total de oito trabalhos - seis artigos, um TCC e uma dissertação que se dedicam a discutir gênero especificamente nos currículos escolares de física.

Começaremos esta revisão pela análise do único artigo que discute, até o momento, o tema gênero e BNCC. Trata-se de uma ferrenha crítica ao documento, sustentada principalmente a partir da experiência profissional de uma das autoras, Marcela Ortiz, uma mulher cientista, professora e pesquisadora. O referido artigo, nas palavras dos autores, propõe “discutir a presença (ou não) da mulher na produção de conhecimento científico nos livros didáticos da Educação Básica” (BESSA-OLIVEIRA; ORTIZ, 2020 p. 73). A importância de levar em conta a BNCC se justifica no fato deste ser um documento generalista e abrangente, a nível nacional, uma espécie de guarda-chuva. Em seguida, iremos afunilar o processo de análise com trabalhos que fazem essa discussão direcionada aos currículos de Física e, por conseguinte, trazendo estudos que analisam livros didáticos da rede pública de ensino de física entre os anos de 2012 e 2020.

Marcela Ortiz (2020) relata: “[...] a priori, a temática [de gênero na BNCC] perpassou pela minha própria prática enquanto docente-pesquisadora diante de questionamentos explanados por sujeitos-alunos/as, tais como: “Porque não temos mulher cientista?”; “Onde estão as mulheres?” Ou ainda afirmações como “a mulher não estava na pré-história, não ajudou a descobrir o fogo?” (BESSA-OLIVEIRA; ORTIZ, 2020 p. 78).

Essa passagem é um excelente ponto de partida para a nossa discussão, uma vez que ela explicita o papel ativo dos alunos e alunas enquanto agentes autônomos e não meros coadjuvantes do processo de ensino-aprendizagem, postura esta que se alinha com o nosso referencial teórico de uma educação humanística (FREIRE, 1994). Esta passagem nos mostra que, muito além de ser uma preocupação restrita à classe científica feminista, a inserção da temática de gênero nos currículos é uma necessidade latente dentro da sala de aula. Daí a real necessidade de abordarmos de forma mais específica as discussões atuais em torno de gênero e currículo escolar. Para os objetivos deste artigo, investigamos como essa discussão tem se dado especificamente nos currículos de Física do Ensino Médio.

Fundamental é discutir, com base nas teorias feministas, as raízes políticas e históricas da invisibilização das trajetórias de mulheres cientistas na História da Ciência no Brasil pelo recorte de gênero e apontar as suas consequências. A baixa adesão de meninas em cursos de exatas; a falta de oportunidade e preconceito contra profissionais mulheres em áreas exatas, da tecnologia e das engenharias; e a hostilidade por pares masculinos em espaços acadêmicos são

apenas alguns dos reflexos bastante evidentes do machismo estrutural sob o qual todas nós, mulheres cientistas, estamos invariavelmente submetidas.

A Física “[...] é uma das áreas da ciência em que a inserção de mulheres tem os mais baixos números, sendo representada como uma área extremamente masculina e excludente (LINHARES, 2018, p. 38). O fato de poucas mulheres optarem pela física se dá por inúmeros motivos. Linhares (2018, p. 24) aponta como principais “a escola, materiais didáticos, os professores, familiares e a mídia, colaboram com a construção das representações das ciências como masculinas”. Tais representações das ciências como masculinas foram moldadas culturalmente por meio de práticas sociais e de textualizações ao longo de séculos, de modo a proporcionar um profundo quadro histórico de exclusão das mulheres dos círculos científicos (SCHIEBINGER, 2001). As consequências desses efeitos permanecem até os dias atuais, refletindo diretamente em um desinteresse maior entre as meninas pelas áreas de exatas quando da escolha da carreira (CARTAXO, 2012).

Nesse mesmo sentido, Cartaxo (2012) observa serem os processos de escolarização e de socialização de meninos e meninas os principais fatores motivadores de um interesse maior para a área de exatas nos meninos do que nas meninas. Diante dessas razões, é evidente a necessidade de “estudar e contar as histórias das mulheres, principalmente na física, que ainda possui uma maioria masculina e que ainda mantém, até certo ponto, em suas estruturas culturais a associação entre masculinidade, dureza e pensamento científico” (LINHARES, 2018, p. 40).

A crítica ao processo de escolarização enquanto principal responsável por elaborar a representação das ciências como uma área essencialmente masculina - e, conseqüentemente, distanciando as meninas dessa área, não é algo novo, tendo sido apontado em trabalhos anteriores (PINTO; AMORIM, 2015; PINTO, 2014; LINHARES, 2018; BESSA-OLIVEIRA; e ORTIZ, 2020).

A BNCC - Base Nacional Comum Curricular - BNCC é o principal documento normativo definidor dos conteúdos essenciais e obrigatórios que devem integrar a Educação no Brasil³⁹.

³⁹ “A Base Nacional Comum Curricular é um documento normativo que define o conjunto de aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica. Seu principal objetivo é ser a balizadora da qualidade da educação no País por meio do estabelecimento de um patamar de aprendizagem e desenvolvimento a que todos os alunos têm direito!” (BRASIL, 2018). Disponível em <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/a-base>>. Acesso em: 15 jul. 2023.

Vejamos o que ela nos diz em termos de diretrizes para exploração de temas a serem trabalhados em sala de aula; ou seja, vejamos quais são as três competências específicas compreendidas para a área de Ciências da Natureza, área que abrange a disciplina de física:

1. Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e/ou global.
2. Construir e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar decisões éticas e responsáveis.
3. Analisar situações problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC). (BRASIL, 2018, p. 554)

Fica clara a sugestão, em todos os tópicos, da inserção de áreas como a física de Partículas e Raios Cósmicos no currículo escolar, de modo a colocar os alunos em contato com as discussões mais atuais e que possuem grande potencial didático, uma vez que podem facilmente ser contextualizadas a partir de exemplos da vida cotidiana dos alunos. A temática está presente nas mídias pelo advento dos aceleradores de partículas e suas várias descobertas, podendo ter ampla aplicação em diversas áreas do conhecimento e tecnologia como medicina, biotecnologia, informática, nanociência, nanotecnologia e etc.

Vale mencionar que já existem, atualmente, uma série de trabalhos dedicados a inserir essas temáticas no currículo escolar. Podemos aqui mencionar, a título de bons exemplos, as dissertações de mestrado de Marina Saran (2012), Willian Sousa (2016) e Francisco Parra (2019) que nos oferecem respectivamente; : i) uma Sequência de Ensino e Aprendizagem sobre Raios Cósmicos e Astrofísica de Partículas para o Ensino Médio; ii) um material paradidático

para a inserção de conceitos de Física de Partículas Elementares no Ensino Médio; e iii) uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de Raios Cósmicos no Ensino Médio; e o recente artigo de Raphaella Cabral *et al.*, intitulado “A câmara de nuvens como estratégia pedagógica para o ensino de raios cósmicos” (CABRAL *et al.*, 2022).

O artigo “BNCC - Caminhos e (Im)possibilidades para gênero: porque a educação escanteou as mulheres e seus corpos?” é providencial para trazeremos à baila essa discussão, na medida em que, além de ser o trabalho mais atual sobre o tema, trata de discutir precisamente uma questão considerada controversa (para não dizer um tabu) e, no entanto, primordial para o debate da inserção das temáticas de gênero nos currículos escolares, qual seja o avanço da frente ultraconservadora brasileira que tem sua origem na bancada política evangélica, responsável por enviesar a discussão no sentido de acusar a existência de uma suposta “ideologia de gênero” subjacente aos debates sérios, de base acadêmica e científica que se empenham no sentido de buscar a redução das disparidades de gênero e da violência de gênero, a educação para a diversidade e a educação sexual com vistas à redução de problemas sociais graves como a violência contra a mulher, a violência sexual, a gravidez na adolescência, entre outros debates essenciais aos currículos escolares.

Na medida em que o artigo em questão questiona a “presença (ou não) da mulher na produção de conhecimento científico nos livros didáticos da Educação Básica (BESSA-OLIVEIRA; ORTIZ, 2020, p. 73), os autores dialogam também “com o atual cenário político demarcado pela intolerância, violência e preconceito com todos os sujeitos que se diferem do padrão hegemônico europeu, homem, branco, heterossexual, cristão e de classe média, especialmente as mulheres (*op cit*)”. A existência de uma suposta “ideologia de gênero” na educação reflete o evidente atraso, vivido nos últimos anos, das pautas das políticas educacionais voltadas para a busca de equidade de gênero e respeito à diversidade:

[...] o termo “ideologia de gênero” é uma expressão utilizada por grupos para criticar, entre outras coisas, teorias que propõe diferenças e distinções entre os sexos (feminino e masculino) que não apenas pelo viés biológico, incorrendo na demarcação de corpos e exclusão de modos outros de sermos homens e mulheres. Por isso este termo “ideologia de gênero” não é validado por estudiosos e pesquisadores da temática. Questões relacionadas ao gênero [...] foram marginalizadas e principalmente silenciadas no âmbito educacional, que perpassa desde os documentos até a prática excludente da figura da mulher

nas aulas, em ações e atuações de docentes, discentes e de dirigentes. [...] Será que um currículo nacional em nome da igualdade e democracia não incorre em ratificar a marginalização dos sujeitos e suas subjetividades? (BESSA-OLIVEIRA; ORTIZ, 2020, p. 74-76).

Diante dos calorosos debates no âmbito da política brasileira acerca do tema, o Ministério da Educação recuou e, em 2018, aprovou e publicou uma BNCC pretensamente neutra frente a tais questões de ordem política. A esse respeito, os autores questionam a falácia da neutralidade na educação e no ato de fazer ciência. Ambos são, em última análise, atos políticos, na medida em que o ser humano é um ser social político em si mesmo:

[...] a neutralidade não nos cabe: como posso calar-me diante de uma educação que ignora o corpo feminino, suas contribuições, que nos documentos sentencia a palavra homem? Como posso aceitar um documento que irá nortear a prática em todo um país heterogêneo em regiões, populações, compreensões de mundo sobre o pilar do “comum” do igualitário, do neutro e do universal? Como aceitar uma educação que silencia mulheres nos livros didáticos e manuais? Como continuar a me omitir e ignorar nossas contribuições enquanto mulheres? (BESSA-OLIVEIRA; ORTIZ, 2020, p. 82).

Diante da disputa que caracteriza o debate, ou seja, de um lado, uma pretensa neutralidade política notadamente liberal e universalizante *versus* a importância de assumir a responsabilidade política sobre os rumos da educação inclusiva e libertadora que queremos, cumpre questionar se seria realmente possível, em um país da extensão continental do Brasil, com suas tantas particularidades e diversidade - e, portanto, com uma acentuada diversidade cultural e profundas desigualdades sociais, colocar em prática um currículo nacional homogeneizante, ou seja, por si só excludente (BESSA-OLIVEIRA; ORTIZ, 2020).

Isso porque, ainda que o aspecto à “liberdade e à autonomia” dos professores quanto à escolha dos conteúdos esteja resguardada, na prática isso não acontece simplesmente porque, na BNCC, segundo a avaliação dos autores:

[...] a figura apresentada enquanto produtor de conhecimento está imposta e marcada pelo estereótipo homogeneizador eurocêntrico que no campo científico se constitui da figura do homem branco, de classe média, cristão, fático, dominante de idiomas europeus. Um corpo que assim estabeleceu-se como “adequado” e em razão disto superior aos “outros”: logo, entende-se como os ‘outros’ inúmeros sujeitos (mulheres, homens/mulheres negros e/ou indígenas, entre outras diferenças constatadas mediante ao padrão estabelecido). (BESSA-OLIVEIRA; ORTIZ, 2020, p. 76).

Em decorrência disso, “na BNCC a mulher fica marginalizada, silenciada, totalmente excluída visto que a supressão das discussões de gênero na escola incorre no erro de contribuir para a persistente desigualdade e discriminação social e expressa a violência do âmbito escolar” (BESSA-OLIVEIRA; ORTIZ, 2020, p. 77). Por outro lado, os autores Leite, Castro e Ferrari (2021) são otimistas em relação a possíveis brechas no texto da BNCC que possibilitam sim a inclusão do debate de gênero nos currículos. Vejamos, a título de exemplo, o trecho do documento destacado a seguir:

Cumpramos destacar que os critérios de organização das habilidades na BNCC (com a explicitação dos objetos de conhecimento aos quais se relacionam e do agrupamento desses objetos em unidades temáticas) expressam um arranjo possível (dentre outros). Portanto, os agrupamentos propostos não devem ser tomados como modelo obrigatório para o desenho dos currículos. (BRASIL, 2018, p. 31).

Os autores nos convidam a olhar para a BNCC a partir de tais brechas, ou seja, ao se definir como um “arranjo possível” e “não obrigatório”, temos uma abertura para outras possibilidades de currículo ou de inserir aquilo que não está presente nos conteúdos prescritos (LEITE; CASTRO; FERRARI, 2021).

A partir desta afirmação segundo a qual a BNCC não se definiria enquanto um documento impositivo, e sim propositivo, os autores nos encorajam a aceitar “tal provocação para pensar outros desenhos curriculares, sem descartar o que está posto como um arranjo possível, explorando o próprio texto nos seus desafios e potencialidades para a introdução das questões de gênero na seção relativa às Ciências da Natureza.” (LEITE; CASTRO; FERRARI, 2021, p. 394).

Partindo da sugestão acima, ou seja, de pensar outros desenhos curriculares para o ensino de Física, fomos investigar a existência de estudos em torno desta temática. Para a nossa grata surpresa, encontramos duas vertentes principais a partir das quais organizamos duas categorias: a primeira delas reúne uma série de estudos que evidenciam a nossa lacuna de pesquisa, ou seja, discutem e apontam para o fenômeno da invisibilização compulsória de mulheres especificamente nos livros didáticos de Física do Ensino Médio; a segunda categoria é composta de trabalhos propositivos, que se debruçam precisamente neste exercício de pensar desenhos curriculares dedicados à promoção de uma sociedade igualitária (CLOZATO; SILVA

DE ABREU, 2022) Na última seção deste trabalho, apresentamos uma seleção desses estudos como base para a aplicação dos princípios de *design* em sala de aula.

Por ora, nos deteremos na análise da primeira categoria identificada na etapa de revisão de literatura.

Em uma atividade extra-curricular, uma feira de ciências, no ano de 2018, os professores Machado, de Souza e Mello Carpes propuseram, como tema do evento, “A participação feminina na ciência”. Ao perceber o desconhecimento geral dos alunos em relação ao tema, os professores transformaram a constatação em um problema de pesquisa e elaboraram o estudo intitulado “Mulheres na ciência: divulgando possibilidades de carreira científica com escolares”, publicado em 2018. O estudo consistiu em uma intervenção na escola, na qual três pesquisadoras da UNIPAMPA promoveram, inicialmente, palestras para a comunidade escolar, acerca das trajetórias de cientistas mulheres daquela universidade; e, em um segundo momento, levaram os alunos até os laboratórios da universidade para conhecerem de perto os trabalhos das cientistas locais. A amostragem contou com 49 alunos, que foram convidados a responder a um questionário antes e depois da ação. Os resultados do estudo apontam para duas conclusões significativas: a primeira delas evidencia o desconhecimento dos jovens sobre a participação feminina na ciência; enquanto a segunda diz respeito ao “[...] potencial da divulgação para despertar neles o interesse pela pesquisa científica”. (MACHADO; DE SOUZA; MELLO-CARPES, 2018, p. 43). O estudo revela, ao fim e ao cabo, uma abertura para a inserção desta temática em sala de aula, concluindo que embora as mulheres façam grandes contribuições para o desenvolvimento científico, “ainda persiste a invisibilidade e a falta de divulgação das pesquisas realizadas por elas”. (MACHADO; DE SOUZA; MELLO-CARPES, 2018 p. 43).

Em relação a esta notória invisibilidade, três estudos em particular apontam para a ocorrência deste fenômeno nos livros didáticos de física do Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD) entre os anos de 2012 e 2020. O primeiro deles, publicado em 2015, analisa especificamente as imagens que ilustram os livros didáticos de física, a partir do arcabouço da teoria de gênero. Foram selecionados para a análise das autoras os três volumes da Coleção Física para o Ensino Médio (Editora Ática, 2013). A justificativa para a escolha se dá pelo fato de que esses livros fizeram parte do PNLD de 2015, 2016 e 2017. Segundo as autoras, as imagens apresentadas nos livros analisados reforçam estereótipos de gênero, apresentando mulheres em ambientes domésticos e homens em ambientes de produção

científica. Os resultados da pesquisa mostram que “[...] os livros didáticos de Física selecionados trazem imagens que reforçam estereótipos de gênero, apresentando mulheres em ambiente doméstico e homens em situações de protagonismo no fazer científico” (ROSA; SILVA, 2015, p. 85). Refletindo sobre como essas representações podem influenciar a relação dos estudantes com as ciências,

A análise mostra que o livro didático de Física parece servir aos propósitos de manutenção de uma imagem de que ser mulher envolve cuidar da aparência física, da casa e das crianças. Dessa maneira, exerce a função de reprodução dos estereótipos em relação ao lugar de atuação da mulher. As obras didáticas analisadas, ao longo e ao final de cada um dos seus capítulos estavam inseridas imagens relativas à História da Ciência. O maior número de imagens está nessa categoria (47,4% de 73 imagens), destacando-se a predominância (94,5%) daquelas correspondentes às contribuições masculinas para a ciência. Com isso percebemos a exclusão e invisibilidade das mulheres nesse contexto. (ROSA; SILVA, 2015, p. 100)

As autoras concluem que, ainda que muitas mulheres tenham participado da produção do conhecimento científico, elas não estão tendo a mesma oportunidade de serem retratadas nos livros didáticos de física (ROSA; SILVA, 2015).

Em um outro estudo de autoria de Silveira, publicado cinco anos depois, intitulado “A (in)visibilidade da produção científica feminina nos livros didáticos de biologia, física, química e matemática do ensino médio aprovados no PNL D para o período de 2009 a 2020 na cidade de Caçu-GO” (2020), os resultados persistem em apontar naquela mesma direção. Utilizando o método materialista histórico-dialético, a autora chegou à conclusão de que a análise aponta para “[...] a predominância da produção científica masculina em relação à feminina, ao ocultar sua importância ao longo dos séculos, o que contribui para a invisibilização da mulher como cientista (SILVEIRA, 2020, p. 76). A autora dedica uma seção do seu trabalho para analisar a coleção de cada disciplina de forma minuciosa, de modo que nos debruçamos sobre os dados levantados por ela especificamente acerca dos livros de física.

Segundo a autora, dentre todos os volumes de todos os anos perscrutados, nenhum retrata a produção científica de físicas mulheres. Silveira destaca, ainda, a existência de, em dessas obras, vários boxes intitulados “A História Conta, em que são homenageados cientistas/descobertas que foram importantes para a ciência, porém, em nenhum deles, são homenageadas mulheres. (SILVEIRA, 2020, p. 81).

O terceiro e último estudo a discutir a ausência ou a carência de mulheres nos livros de física é de autoria de Borsatto (2018), “intitulado Mulheres na física: uma análise dos livros

didáticos de física do PNLD 2018”. Borsatto parte da premissa de que o livro didático se configura como um dos principais veículos do currículo escolar, tendo uma inquestionável influência na formação de estudantes do Ensino Médio, para analisar o modo pelo qual as figuras femininas que colaboraram com a construção da Física enquanto campo de conhecimento são representadas nesses materiais. A autora lançou mão da pesquisa qualitativa com análise documental dos livros didáticos selecionados, mais uma vez, pelo PNLD de 2018. A análise aponta não para a total ausência, mas para um número expressivamente reduzido de “citações a mulheres comparadas ao de homens [...]”. A autora constatou que, ainda que “de forma contida”, foram apresentadas figuras femininas em todas as coleções analisadas. Este estudo é interessante porque mostra que existe, ainda que aparentemente tímida, uma tendência da PNLD no sentido da promoção da visibilidade de mulheres nos currículos de Física, o que é por si só um movimento animador, ainda que, na prática, pareça continuar distante ainda da realidade da sala de aula:

Sendo o livro didático um veiculador curricular que influencia na formação dos estudantes, foi interessante notar, ao longo desta pesquisa, alguns deles não estão alheios às discussões de gênero, acontecimento, possivelmente decorrido em função dos princípios e critérios definidos pelo edital do PNLD 2018 para a avaliação de obras didáticas destinadas ao ensino médio, cujo inciso 1.1.1 do Anexo 3 considera como princípio “promover positivamente a imagem da mulher, considerando sua participação em diferentes trabalhos, profissões e espaços de poder, reforçando sua visibilidade e protagonismo social” (BRASIL, 2015, apud BORSATTO, 2018, p. 32).

Com efeito, o Ensino Médio é a etapa da escolarização em que, socialmente, as experiências das juventudes são associadas à vida social no âmbito público, às definições que envolvem um futuro e, naturalmente, ao imaginário do mundo do trabalho. Esse é um momento chave na vida dos alunos e alunas, em que eles necessitam acessar subsídios educacionais que lhes permitam serem protagonistas de seus próprios processos de escolarização, de modo que isso lhes dê suporte para definir seus projetos de vida (LEITE; CASTRO; FERRARI, 2021). Diante disso, temos como pauta de suma importância:

[...] a incorporação de discussões que envolvem as relações de gênero, considerando o gênero como definidor de nossas relações de identificação, de sentidos, de pertencimento; gênero como balizador de nossas escolhas, decisões, de nossos gostos e afinidades, algo que impacta, sobremaneira, caminhos para projetos de vida. Quando pensamos, por exemplo, nas escolhas pelas carreiras científicas como projeto de vida, há uma tendência de maior distanciamento das mulheres, no caso das Ciências da Natureza e das Ciências Exatas, considerando que nossa formação é atravessada por uma visão de

ciência moldada pela dicotomia masculino/feminino e, Historicamente, como atividade empreendida por homens. Assim, os parâmetros de definição do que se considera uma “ciência legítima” incorporam uma visão androcêntrica [...] (LEITE; CASTRO; FERRARI, 2021, p. 401).

Linhares (2018) sugere como estratégia de enfrentamento de desconstrução dessa visão androcêntrica e da conseqüente invisibilização das histórias de mulheres cientistas dos processos de aprendizagem:

[...] a utilização de textos autobiográficos e biográficos que contém as histórias das cientistas e da construção dos conhecimentos científicos, de modo que as próprias vozes dessas cientistas na constituição de suas trajetórias sejam ouvidas. Para a autora, muitas vezes o reconhecimento dos trabalhos dessas cientistas ocorre de forma póstuma ou sequer ocorre. [...] “é por isso que precisamos estudá-las e fazer dessas histórias, geralmente não contadas, as que proporcionarão mudanças nos cenários de lutas do espaço feminino nas ciências e na física. (LINHARES, 2018, p. 25)

A sugestão acima integra a pesquisa de Linhares (2018) cujo tema vem a ser justamente a biografia de Elisa Frota-Pessôa, esta distinta personagem que nos inspirou a escrever este estudo e continua inspirando pesquisas não só no campo da física experimental no Brasil, como pesquisas dedicadas a refletir sobre como os processos de ensino e aprendizagem necessitam de uma revisão histórica a partir da perspectiva de gênero, como é o caso preciso desta dissertação a qual nos referimos, intitulada “Elisa Frota-Pessoa: a textualização de suas (auto)representações e questões de gênero nas ciências” (2018). Nela, a autora destaca, ainda, a necessidade de propostas de mudanças na forma como essas representações - no nosso caso específico, as de cientistas mulheres - figuram nas salas de aula, de modo que “todas e todos possam se sentir representadas/os e reconhecidas/os em figuras de cientistas. Mas, além disso, é fundamental que existam discussões sobre as questões de gênero na educação científica [...]” (LINHARES, 2018, p. 25).

Garcia e Sedeño (2006 *apud* Cartaxo, 2012), por sua vez, consideram como importante para atrair mulheres para área da física que o currículo didático na escola passe a contemplar a aplicação dos assuntos às mais diversas áreas, a fim de estimular o interesse na disciplina.

Nesse mesmo sentido, Bessa-Oliveira e Ortiz (2020) são categóricos ao nos direcionar no sentido de “uma prática pedagógica intencional para as (re)elaborações da compreensão de sujeitos que não o apresentado como ‘natural’, a fim de diminuir práticas como a misoginia e o

machismo” (BESSA-OLIVEIRA; ORTIZ, 2020, p. 77) e que sejam agentes da” promoção da equidade de gênero através do aprendizado do convívio e do respeito às diferenças socioculturais e, ainda, como uma prática que se propõe a avançar no esforço de dar visibilidade às mulheres (*op. cit*)”. Para que haja uma equidade na produção científica entre mulheres e homens [na física], é de fundamental importância que os livros didáticos, na medida em que constituem o recurso mais utilizado nas escolas públicas, retratem a produção científica feminina, de modo a superar o preconceito estabelecido culturalmente que percebe a ciência como uma carreira imprópria para a mulher (SILVEIRA, 2020).

Como pudemos constatar, já existem, na literatura recente, uma série de evidências que nos permitem afirmar a existência de um processo de exclusão compulsória de mulheres cientistas dos currículos escolares. E, mais recentemente, é possível perceber a gênese de um tímido movimento contra hegemônico pela busca pela equidade de gênero tanto na historiografia das ciências quanto nos currículos e livros didáticos.

Com efeito, ao nos reportarmos para as narrativas da historiografia da ciência no Brasil e, mais especificamente, ao período de institucionalização da Física no país, destaca-se a ausência das mulheres nos espaços científicos ao longo da história. A invisibilização de mulheres na ciência também se constitui como uma construção historiográfica que precisa ser discutida e debatida em pesquisas acerca das representações de gênero. Schiebinger (2001) faz uma provocação acerca do fato de as ciências físicas e a engenharia terem resistido mais a análises feministas do que outras áreas do conhecimento, como as humanidades e as ciências. Ela questiona se isso pode ser “devido ao número extremamente pequeno de pessoas formadas em ambos, física e gênero”, ou seria “devido ao fato de que as ciências físicas são, como alega Steven Weinberg, tão impessoais e livres de valores humanos como as regras da aritmética” (SCHIEBINGER, 2001).

Decerto, ficaríamos com a primeira sugestão. As ciências físicas ou, como prefere a Base Nacional Comum Curricular (2018), as “Ciências da Natureza e suas Tecnologias” estão longe de serem impessoais, livres de qualquer forma de subjetividade e de valores humanos”. Ao contrário, como vimos até aqui, as ciências são produtos históricos e culturais historicamente situados, feitos por pessoas; são elas quem, ao fim e ao cabo, experimentam, descobrem, raciocinam, elaboram, discutem, enfim, traduzem o mundo ao seu redor e, para isso, lançam mão, naturalmente, das suas habilidades humanas e cognitivas nesse exercício intelectual.

Um exemplo providencial de como as lentes de gênero influenciam na construção do conhecimento e contribuem para o avanço epistemológico das ciências pode ser encontrado no texto de Evelyn Keller (2006) intitulado “Qual foi o impacto do feminismo na ciência?” No texto, a autora defende a ideia de que a inclusão de mulheres na ciência (especificamente no campo da biologia, área em que Keller se concentra em sua análise) contribuiu para avanços e descobertas significativas que só foram possíveis graças a visão feminista e crítica destas mulheres enquanto desenvolviam suas pesquisas.

A esta altura, vale pontuar que aqui Keller não está a defender, de maneira alguma, a existência de um “modo intrinsecamente feminino” de se fazer ciências, sob um suposto viés universalista (SANTANA; SANTOS, 2020). Ela (e nós reiteramos) apenas chama atenção para o fato óbvio de que “as mulheres são culturalmente marcadas por seu sexo e por seu gênero de uma forma que os homens não são” (KELLER, 1995 *apud* SANTANA; SANTOS, 2020 p. 176), sendo pertinente, portanto, levarmos em conta o gênero ao trabalhar com mulheres na ciência (SANTANA; SANTOS, 2020).

Para exemplificar a questão, recorremos a um exemplo mencionado por Keller (2006) que tem a ver com a descoberta (feita por mulheres cientistas) de que o óvulo não seria um mero agente passivo à espera de um heróico espermatozóide para fecundá-lo para que a mágica da fertilização aconteça. Estudos mostram que o óvulo possui funções vitais sem as quais a fertilização não seria bem sucedida; ou seja, quando se passou a levar em consideração a importância do óvulo no processo ativo da fertilização, novas descobertas no campo da contracepção e tratamentos para a infertilidade foram possíveis (KELLER, 2006).

Neste mesmo contexto, Schiebinger (2001) vai defender que as cientistas feministas expandiram as noções do que conta como ciência, para incluir maneiras de compreender a natureza e responder a necessidades humanas nem sempre vistas como “ciência”. Em outras palavras, a participação de mulheres na ciência amplifica e tensiona a própria noção de ciência.

Em trabalho mais recente, Schiebinger (2008) argumenta que a ciência, uma instituição cultural, firmou suas bases e se desenvolveu desde o seu princípio sem a participação das mulheres na construção de seus costumes, hábitos e valores. A bem da verdade, ela negou às mulheres essa participação e se estabeleceu enquanto disciplina cultivando ideologias pautadas no gênero que estruturam o conhecimento (SCHIEBINGER, 2008).

Diante do exposto, seria possível inferir que o que ambas autoras estão a propor é, em última análise, um giro epistemológico feminista nas ciências. A partir daí, temos como evidente a necessidade da revisão das teorias de ensino e aprendizagem convencionais a partir da perspectiva da teoria da crítica feminista à ciência (KELLER, 2006), na esteira do pensamento feminista. Para esta autora:

[...] o gênero faz diferença para as mulheres na ciência não por causa do que trazem com seus corpos e às vezes nem mesmo pelo que podem trazer com sua socialização, mas pelas *percepções que as culturas da ciência trazem à comunidade tanto das mulheres quanto do gênero* – e, por sua vez, por causa do que tais percepções trazem para os valores comuns de disciplinas científicas particulares (KELLER, 2006 p. 29-30, grifo nosso)

Avançando um pouco mais o nosso argumento, passamos a propor que situemos a História das nossas Mulheres cientistas brasileiras na Física moderna nesta mesma vertente epistemológica feminista, em consonância com a teoria da crítica feminista à ciência de Keller (2006). A justificativa para isso está precisamente nas percepções, ou seja, nas lentes trazidas por estas mulheres, capazes de potencializar as discussões de áreas da Física Moderna na Educação Básica pela temática de gênero. Foi partindo desta concepção que, nesta seção, propomos discutir como a física moderna está posta no currículo e averiguar que, ao contrário do que nos mostra a historiografia oficial, esta não é uma área isenta de mulheres.

Dito isto, nos reportaremos, a seguir, a um relevante episódio histórico ocorrido em meados do século XX (1936 – 1950) sobre pesquisas em raios cósmicos no Brasil. Este episódio é carregado de riqueza cultural, científica, política e econômica, tendo sido potencializado graças ao trabalho desenvolvido por duas mulheres físicas, Elisa Frota-Pessôa e Neusa Amato, cujas contribuições se deram principalmente no campo da técnica de Emulsões Nucleares.

3.3 AS CONTRIBUIÇÕES DE NEUSA AMATO E ELISA FROTA-PESSÔA PARA A FÍSICA EXPERIMENTAL NO BRASIL

A História não deixa pairar dúvidas sobre o fato de que as contribuições de Elisa Frota-Pessôa e Neusa Amato colaboraram para tensionar e amplificar definitivamente o campo científico em que atuaram⁴⁰.

⁴⁰ Uma revisão completa acerca de tais contribuições podem ser encontradas nos capítulos I e II desta pesquisa.

Elisa Frota-Pessôa e Neusa Amato fazem parte da primeira geração de mulheres a se destacarem na física no Brasil. Suas contribuições pioneiras na Física Experimental e na Física em Raios Cósmicos, com a utilização da técnica de Emulsões Nucleares foram fundamentais para o desenvolvimento e a consolidação dessas áreas de pesquisa no país e abriram caminhos para outras mulheres na ciência (MELO; RODRIGUES, 2013).

Elisa Frota-Pessôa nasceu em 17 de janeiro de 1921 no Rio de Janeiro. Graduou-se em física em 1942 pela Faculdade de Filosofia da Universidade do Brasil, hoje UFRJ. Foi a segunda mulher a se graduar em física no Brasil e é considerada a primeira física experimental do país. Ela foi uma das fundadoras do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), onde exerceu o cargo de Chefe da Divisão de Emulsões Nucleares até 1964. Em 1965, ela foi transferida para a USP e, pouco tempo depois, para a recém formada Universidade de Brasília. Porém, o decreto AI-5 determinou a sua aposentadoria forçada e ela ficou exilada trabalhando na Europa e nos Estados Unidos até o seu retorno ao Brasil em 1980, quando foi readmitida pelo CBPF. Na ocasião, implantou um laboratório de espectroscopia nuclear que coordenou até 1991, ano da sua aposentadoria. Tendo sido nomeada professora emérita do CBPF, maior grau de honraria da instituição, continuou trabalhando até 1995. Ela faleceu em 2018, aos 97 anos de idade.

Neusa Amato nasceu em 1926 em uma cidade chamada Campos dos Goytacazes, no estado do Rio de Janeiro. Em 1945, com apenas 19 anos de idade, ela tornou-se a quarta mulher a graduar-se em física no Brasil.

Elisa Frota-Pessôa e Neusa Amato trabalharam em estreita colaboração desenvolvendo importantes contribuições para a compreensão da natureza dos raios cósmicos por meio da complexa técnica de emulsões nucleares. Em 1950, as duas físicas pioneiras protagonizaram um acontecimento histórico que marcou a institucionalização da física no Brasil: publicaram, nos Anais da Academia Brasileira de Ciências, o primeiro trabalho científico do CBPF intitulado “Sobre a desintegração do méson pesado positivo”, levando prestígio à recém-formada instituição. Essa descoberta foi um marco importante na física de raios cósmicos, pois obteve pela primeira vez resultados que apoiavam experimentalmente a teoria “V-A” das interações fracas. (VIEIRA, 2009)

A partir de 1969, Neusa assume a coordenação da famosa Colaboração Brasil-Japão, parceria iniciada por Cesar Lattes e o renomado físico H. Yukawa dois anos antes. Essa

colaboração tinha como objetivo estudar as interações geradas pelos raios cósmicos, utilizando emulsões nucleares expostas no Monte Chacaltaya, localizado na Bolívia. Durante toda sua carreira, que abrangeu o período de 1950 a 1996, Neusa realizou sua pesquisa de forma integral no CBPF, dedicando-se à detecção de raios cósmicos de altas energias. Ao longo dos seus quarenta e seis anos de carreira, ela publicou 116 trabalhos.

Para além da relevância de muitos de seus estudos, Neusa também desempenhou um papel significativo no cenário da física brasileira. Além da coordenação da colaboração entre Brasil e Japão, ela foi responsável pela manutenção do Laboratório de Emulsões Nucleares do CBPF por muitos anos (MELO; RODRIGUES, 2013).

Neusa Amato foi aposentada compulsoriamente pelo CBPF em 1996 e neste mesmo ano recebeu do CNPq a Medalha de Honra ao Mérito. Ela faleceu em 2015, aos 88 anos. Seu legado inclui um importante corpo de trabalho científico, bem como um compromisso com a pesquisa em física de raios cósmicos.

A amizade e a colaboração de Elisa Frota-Pessôa e Neusa Amato foram fundamentais para o desenvolvimento da física experimental e de raios cósmicos no Brasil. As duas pesquisadoras quebraram barreiras de gênero e abriram caminhos para outras mulheres na ciência (MELO; RODRIGUES, 2013).

Além de suas contribuições científicas, Elisa Frota-Pessôa e Neusa Amato também foram importantes figuras na comunidade científica brasileira. Elas foram duas das primeiras mulheres a ocupar cargos de liderança no Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, e ambas foram professoras e mentoras de gerações de físicos e físicas.

O exemplo de Elisa Frota-Pessôa e Neusa Amato inspirou e continua a inspirar mulheres de todo o Brasil a seguir carreiras na ciência. Parafraseando o professor Silva Lima (2003), é possível afirmar que as carreiras de ambas as físicas se confundem, em muitos momentos, com a própria História do desabrochar da Física no Brasil. Apesar da evidente importância dessas pesquisadoras para o campo da pesquisa, ensino e aprendizagem da Física, pioneiras e cientistas importantes a exemplo de Elisa e Neusa, permanecem invisibilizadas nos currículos escolares.

3.4 EFEITO ELISA: UMA ANÁLISE HISTÓRICA E EPISTEMOLÓGICA SOBRE O FENÔMENO DA INVISIBILIZAÇÃO ESTRUTURAL DE MULHERES CIENTISTAS NOS CURRÍCULOS DE FÍSICA

Nas seções anteriores, nos dedicamos a evidenciar a lacuna que aponta para uma sistemática invisibilização de mulheres pioneiras relevantes na história da Física no Brasil, a exemplo de Elisa e Neusa, nos currículos de Física do Ensino Médio, e a uma análise da BNCC, onde encontramos brechas para a proposição de um currículo transgressor, no sentido da busca pela equidade de gênero.

Nesta seção, nos dedicaremos a fazer uma revisão histórica e conceitual do rol de fenômenos sociais até o momento identificados na teoria feminista e que se constituem como instrumentos de opressão de mulheres na ciência. Em seguida, partindo das epistemologias feministas enquanto nosso alicerce filosófico, situaremos o Efeito Elisa neste mesmo arcabouço teórico.

Ao longo da História das Mulheres na Ciência, a teoria feminista e as epistemologias feministas têm identificado uma série de fenômenos sociais, muitos dos quais já amplamente reconhecidos, que apontam para as múltiplas formas através das quais o sistema patriarcal exclui e invisibiliza mulheres no âmbito científico, a exemplo como o Labirinto de Cristal (LIMA, 2008; 2013), o Efeito Matilda (ROSSITER, 1993) o Teto de Vidro (ROSSITER, 1993; HARDING, 1996; SCHIEBINGER, 2001) dentre outros. De agora em diante, iremos nos dedicar a articular uma reflexão teórica de base histórica que dê conta de delinear o Efeito Elisa enquanto nova forma de opressão sexista na ciência.

No início da década de 1980, Margaret Rossiter propôs dois conceitos para compreender a massa de estatísticas sobre mulheres na ciência e as desvantagens que as mulheres continuavam a sofrer. O primeiro deles, segregação hierárquica, explica que, conforme se sobe a escada do poder e prestígio, cada vez menos mulheres ocupam espaço de liderança ou cargo de poder. Rossiter discutiu também a questão da "segregação territorial", conceito criado para analisar a distribuição desigual de mulheres nas diferentes áreas da ciência. Rossiter argumenta que as mulheres estão mais concentradas em áreas que são consideradas menos prestigiadas e menos lucrativas, como a biologia e a educação. Por outro lado, os homens estão mais presentes

em áreas que são consideradas mais prestigiadas e mais lucrativas, como a física e a matemática. (ROSSITER, 1980).

Outro conceito importante para a nossa discussão denomina-se Teto de Vidro e foi cunhado para representar o obstáculo invisível que se constitui enquanto uma barreira que impede as mulheres de chegarem a determinadas posições de prestígio. Denomina-se Efeito Teto de Vidro justamente por ser um obstáculo transparente e invisível aos olhos e, ao mesmo tempo, limitador. Ao olharmos para dados e estatísticas⁴¹ acerca das mulheres nas ciências, que mostram os números em relação às posições de poder conquistadas por homens e por mulheres, é possível observar a incidência deste fenômeno e constatar a existência desta barreira. (ROSSITER, 1993; HARDING, 1996; SCHIEBINGER, 2001; LINHARES, 2018).

Similar ao fenômeno Teto de Vidro temos o Efeito Labirinto de Cristal, cunhado em 2008 por Betina Lima em sua dissertação de mestrado intitulada “Teto de Vidro ou Labirinto de Cristal? As Margens Femininas das Ciências”. O que difere o Teto de Vidro do Labirinto de Cristal, de acordo com a autora, é o fato deste último explicitar de forma tangente, (ao contrário do intocável e distante Teto de Vidro, que remete somente ao topo da carreira) as barreiras encontradas pelas mulheres cientistas ao longo das suas trajetórias profissionais.

Em linhas gerais, o Labirinto de Cristal remete aos vários obstáculos que permeiam toda a carreira dessas mulheres, ou seja, toda a trajetória das cientistas, desde a escolha das carreiras até a possibilidade (ou não) de alcançar posições de poder. Tais obstáculos, representados pela figura do labirinto, bloqueiam, dificultam ou mesmo impedem o exercício da profissão ou a continuidade dos estudos, fazendo com que algumas mulheres mudem de trajetórias, desistam de suas carreiras, tenham uma lenta ascensão ou fiquem estagnadas em uma determinada posição. (LIMA, 2008; 2013; LINHARES, 2018). Beltramini, Cepellos e Pereira (2022) sugerem que as “paredes de cristal” (ou labirinto de cristal) seriam mais comuns entre mulheres

⁴¹ Para ficar em apenas uma estatística, a mais recente, mencionamos aqui o recém identificado “Efeito Tesoura”, cujos dados inéditos revelam a sub-representação das mulheres em disciplinas como física, química e matemática. O Efeito Tesoura pode ser considerado similar ao Teto de Vidro, na medida em que se constitui como um mecanismo de exclusão, mais especificamente de “corte” da presença de mulheres na ciência, apontando para uma elevada disparidade entre as mulheres que concluem o doutorado e a quantidade de mulheres que são absorvidas pelas universidades em postos de docência e pesquisa: “A área de ciências agrárias, por exemplo, já alcançou a paridade de gênero no último estágio da pós-graduação, com 51% de doutoras. Mas, apenas 25% dos docentes permanentes nas universidades do país são mulheres. Em zootecnia e recursos pesqueiros, o fenômeno se repete: 52% dos doutores titulados são do sexo feminino, mas apenas 36% do corpo docente é de professoras. Isso significa que as mulheres formadas nessas áreas não estão chegando ao topo da carreira.” (GEMAA/IESP-UERJ, 2023). Disponível em: <<https://gemma.iesp.uerj.br/infografico/participacao-de-mulheres-na-ciencia/>>. Acesso em: xxxx.

mais jovens ou no início das suas carreiras, enquanto pesquisas sobre o efeito Teto de Vidro o apontem como sendo mais comum entre mulheres maduras nas organizações.

Não poderíamos deixar de mencionar, ainda, aquele que talvez seja o fenômeno de silenciamento de mulheres mais conhecido no âmbito científico: o Efeito Matilda. A pesquisadora norte-americana Margareth Rossiter é a responsável pela identificação do fenômeno, no início da década de 1990.

De modo geral, o Efeito Matilda diz respeito à negação do reconhecimento de participação, autoria ou a diminuição da parcela de contribuição de mulheres em pesquisas científicas. O termo também é usado para designar a apropriação, por homens, da autoria do trabalho de mulheres, publicando-os e obtendo vantagens e reconhecimento em suas carreiras.

São numerosos os relatos narrados por Rossiter acerca da omissão da participação de mulheres em pesquisas ganhadoras do prêmio Nobel, negando-lhes o direito ao reconhecimento devido as suas contribuições; historicamente, as mulheres ficaram permanentemente relegadas à figura da assistente, da secretária, da auxiliar, cujo intelecto sequer seria capaz de produzir algo relevante, que dirá receber os créditos por um prêmio Nobel - quando, na verdade, a História mostra que, na maioria das vezes, elas eram as principais responsáveis pelos achados científicos dignos de recebimento do prêmio. Vejamos, por exemplo, um caso representativo deste argumento:

[...] talvez o roubo mais notório do crédito do Nobel seja o caso do Lise Meitner, que trabalhou por décadas com Otto Hahn na Alemanha e que, em 1939, perceberam que o que haviam feito, mas não podiam explicar, foi de fato fissão nuclear. Ela deve ter ficado chocada quando soube, em 1944, que só ele havia recebido o Prêmio Nobel por uma das maiores descobertas colaborativas do século. Ela não reivindicou publicamente o reconhecimento; mas quando, em dezembro de 1946, ele foi para Estocolmo, local de residência dela desde 1938, para pegar seu prêmio, ele relatou em sua autobiografia ter tido uma conversa bastante infeliz com Lisa Meitner “que disse que eu não deveria tê-la mandado embora da Alemanha. Essa discórdia foi provavelmente o resultado de alguma desilusão porque só eu fui galardoado com o prêmio. [...] eu realmente não tinha responsabilidade pela forma que o curso dos eventos havia tomado. (ROSSITER, 1993, p. 329, tradução livre)⁴²

⁴² “[...] perhaps, the most notorious theft of Nobel credit is the case of Lise Meitner, who worked for decades with Otto Hahn in Germany and who, in 1939, realized that what they had done but could not explain was in fact nuclear fission. She must have been stunned to learn in 1944 that he alone had been awarded the Nobel Prize for one of the biggest collaborative discoveries of the century. She did not complain publicly but when, in December 1946,

Rossiter ainda acrescenta que o problema passa a ser bem mais grave em casos de colaboração entre marido e mulher. Se as pesquisadoras solteiras costumam receber menos crédito, no caso de casais colaborativos esse crédito passa a ser ainda menor ou sequer considerado. Um exemplo bastante conhecido disso é o da primeira esposa de Albert Einstein, Mileva Maric, com quem escreveu uma “enxurrada de artigos” sem ter sido, no entanto, reconhecida por nenhum deles, ao contrário do próprio Einstein.

Ainda na esteira da invisibilidade de trajetórias de mulheres decorrentes de relações afetivas com seus pares, vale mencionar, por fim, o Efeito Camille Claudel. Trata-se de uma proposta de reflexão sobre alguns aspectos em que a manutenção das relações afetivas como atribuição feminina, em especial no casamento, torna-se barreiras à ascensão profissional das mulheres. Ao ouvir as histórias de vida das pesquisadoras sobre como era difícil conciliar o relacionamento amoroso com a vida acadêmica, a autora estabeleceu uma associação à história da escultora apresentada no filme chamado Camille Claudel, do diretor Bruno Nuytten, lançado em 1988 (LIMA, 2011).

Lima (2011) nos relata que, segundo essa versão cinematográfica, Camille teve tanto sua carreira impulsionada quanto obscurecida pelo romance que teve com o também escultor Rodin. Se ao lado dele ampliou as oportunidades de divulgação da sua obra, por estar ao seu lado pairava uma suspeita sobre sua autoria ou mesmo autenticidade de seu trabalho. A fim de viver seu amor, Camille seguiu a trajetória de Rodin, decidindo por abdicar da sua carreira. O efeito retrata ainda “uma relação entre os amantes de rivalidade e concorrência na disputa pelo reconhecimento no meio artístico. (LIMA, 2011, p. 16).

Algo que todos os fenômenos apresentados até aqui têm em comum está na forma explícita e mesmo violenta através das quais eles se revelam no cotidiano e nas trajetórias de mulheres. Ou seja, por estarem cotidianamente dificultando a carreira e as vidas dessas mulheres cientistas, acaba sendo relativamente fácil identificar a sua aparição no momento em que ela ocorre. Diferentemente deste quadro, a invisibilização das contribuições de mulheres físicas nos currículos escolares se apresenta como uma forma de negligência deveras sutil do

he went to Stockholm, her place of residence after 1938, to pick up his prize, he reported in his autobiography, “I had a rather unhappy conversation with Lise Meitner, who said I ought not to have sent her away from Germany when I did. That discord was probably the result of some disappointment because it was only I who was awarded the prize. [...] I did not. Yet I really had no responsibility for the course events had taken. (ROSSITER, 1993, p. 329).

machismo estrutural acadêmico e, talvez, este seja o motivo que justifique a sua perpetuação até hoje, recebendo até o momento a atenção quase nula da comunidade científica feminista. Isso, talvez, possa ser explicado por dois motivos: primeiro porque, sobretudo no campo das ciências, não é incomum que determinadas contribuições científicas só tenham seu devido valor reconhecido muitos anos após sua descoberta, ou mesmo após a morte do cientista; e segundo porque a base curricular é, em si mesma, desatualizada e continua a perpetuar conhecimentos ultrapassados das áreas de Ciências, sobretudo no Ensino de Física (SALOMÃO; ARAUJO; MACKEDANZ, 2020).

Seja qual for o caso, a literatura, como vimos na primeira seção deste artigo, mostra a evidente lacuna acerca dessa participação feminina nos currículos, sendo uma mera questão de tempo até que o debate passe a avançar no sentido de que mais debates e mais propostas didáticas de aplicação da temática de gênero e das trajetórias de mulheres na ciência surjam nos próximos anos. A própria literatura brasileira recente com a qual vimos dialogando na construção do presente trabalho aponta para esta direção.

A fim de nomear e caracterizar essa específica forma de exclusão e opressão, o *Efeito Elisa* passa a ser designado para referirmo-nos à invisibilização compulsória e sistemática dos feitos de mulheres cientistas dos currículos escolares. A história pessoal de Elisa, “em muitos momentos, confunde-se com o próprio desenvolvimento da Física no Brasil, ela que foi partícipe de suas primeiras grandes investidas” (LIMA, 2011 p. 121). Logo, ninguém poderia ser mais adequado do que ela para inaugurar o uso do termo. A nossa escolha por homenagear Elisa se alinha às mesmas justificativas elencadas por Linhares (2018) quando da sua escolha pelo tema de sua dissertação: um estudo autobiográfico de Elisa. Nossas justificativas em comum se ancoram no fato de

[...] ela ser uma importante física brasileira; por contribuir fortemente para a institucionalização da Física no país; por ser umas das pioneiras da Física no Brasil; por representar, até certo ponto, uma parcela grande de mulheres que tiveram suas trajetórias traçadas dentro da Física, mas que não possuem um reconhecimento à altura de suas contribuições, tanto no âmbito social e cultural, quanto no âmbito científico e tecnológico. Elisa Frota-Pessoa, foi uma importante pesquisadora na área de Raios Cósmicos no Brasil, tendo trabalhos reconhecidos internacionalmente no que se refere aos estudos das partículas a partir de emulsões nucleares. É reconhecida como uma das pioneiras da Física no país, pois foi uma das primeiras mulheres a se formar em Física, iniciando sua carreira na década de 1940 e contribuindo fortemente

para a fundação do Centro Brasileiro de Pesquisas Física (CBPF), no início da década de 1950, onde trabalhou durante vários anos coordenando o Laboratório de Emulsões Nucleares. Junto à física Neusa Amato, teve o primeiro artigo científico publicado em nome do CBPF, intitulado “Sobre a desintegração do méson pesado positivo” (FROTA-PESSOA; MARGEM, 1950), que deu sustentação experimental para a teoria V-A das interações fracas (MELO; RODRIGUES, 2013; LINHARES, 2018 p. 27).

Com esse gesto, reivindicamos para a professora Elisa Frota-Pessôa o seu lugar de direito na História da institucionalização da Ciência e, sobretudo, nos currículos escolares de Física do Ensino Médio. Um sistema educacional excludente e patriarcal que, como vimos argumentando até aqui, tem se pautado em pressupostos hegemônicos notadamente sexistas (ROSA; SILVA, 2015; MACHADO; DE SOUZA; MELLO-CARPES, 2018). Nesse sentido, o Efeito Elisa pode vir a ser uma ferramenta de identificação, discussão, questionamento e mudança dessa realidade.

Inspiradas nos argumentos que acabamos de apontar e, sobretudo, nos princípios de ensino e aprendizagem que nos foram legados pela própria Elisa Frota-Pessôa, apresentaremos na seção a seguir uma proposta a ser implementada por professores e professoras de física em sala de aula. Tais intervenções são propostas no sentido de provocar, nos termos de Linhares (2018, p. 24), “uma abertura para a participação feminina e para que seja conquistada uma equidade de gênero nas ciências, possibilitando uma diminuição das desigualdades de oportunidades que interferem diretamente nas carreiras de cientistas mulheres”.

3.5 PRINCÍPIOS DE DESIGN E A PERSPECTIVA DE GÊNERO NA CONSTRUÇÃO DE SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS EM FÍSICA DE RAIOS CÓSMICOS

Nesta seção, pretende-se apresentar Princípios de *Design* a partir de inspirações da teoria feminista para a construção de Sequências Didáticas (SDs), com a finalidade de apresentar aos estudantes, à medida em que se discute temas centrais da área de Raios Cósmicos, a trajetória e a história de duas mulheres físicas brasileiras, Elisa Frota-Pessôa e Neusa Amato, que tiveram significativa relevância nacional e internacional e que compõem uma possível rede de especialistas na área de Raios Cósmicos (RC) na América Latina.

O objetivo desta ação didática, ou seja, o objetivo subjacente aos princípios de *Design* propostos é a construção e a investigação, a partir de situações-problemas, das situações físicas que irão nortear as aulas de RC e de partículas a partir das contribuições de mulheres cientistas, visando contemplar a possibilidade da generalização de outras situações, além de prever, avaliar e analisar.

Lembrando de que esta é uma pesquisa alinhada aos preceitos de uma educação humanística (FREIRE, 1994), como já apresentada anteriormente, passamos agora a justificar a escolha da metodologia utilizada na concepção da ação didática que iremos propor. O método *Design-Based Research*⁴³ e sua ferramenta de aplicação - os Princípios de *Design* propostos por Van den Akker (1999, p. 9) foi a escolhida por ser atualmente considerada uma metodologia inovadora em educação, alinhada com os pressupostos de uma educação humanística, ou seja, que prioriza o papel de protagonista dos estudantes no processo educativo na medida em que valoriza seus saberes e contribuições, além de ser voltada para a superação das desigualdades. Ela permite o livre desenvolvimento, de forma criativa e intuitiva, de questões teóricas a partir de suas aplicações práticas, bem como suas implicações éticas, históricas e sociais. (SANTANA; PEREIRA, 2021).

Partindo, portanto, de um problema educacional - no nosso caso, dois problemas: o problema da invisibilização de cientistas mulheres nos currículos escolares e o da necessidade de incluir temas atuais como a física de RC nesses currículos, torna-se possível articular múltiplos caminhos dialógicos para a resolução destes de forma crítica e reflexiva, processo no qual os próprios alunos têm a oportunidade de participar da sua validação.

Enquanto as pesquisas clássicas se preocupam em testar e provar hipóteses teóricas, a *Design Based Research* (DBR) se preocupa com o teste dos princípios teóricos na prática, que são os princípios de *design*, sempre passíveis de análise e crítica a serem apontadas a partir da prática realizada; ou seja, o desenvolvimento da teoria é validado (ou não) na própria situação de aplicação (VAN DER AKKER, 1999 apud MATTA; SILVA; BOAVENTURA, 2014).

McKenney e Reeves (2012) apud Paiva (2019) elencam as cinco principais características da Pesquisa em Design Educacional, da qual derivam os chamados Princípios de Design: 1) o

⁴³ Matta, Silva e Boaventura, 2014 defendem que a designação em português do termo seja “Pesquisa de Desenvolvimento”, mas ainda não existe um consenso científico no Brasil quanto a sua tradução.

caráter intervencionista: A DBR produz uma intervenção em um determinado contexto educacional. Essa intervenção pode ser um currículo, uma atividade, um programa ou qualquer outro recurso que possa ser usado para melhorar o aprendizado dos alunos. 2) Teoricamente orientada: A DBR se baseia em proposições teóricas e busca construir teoria de ensino domínio-específica. Isso significa que a metodologia não é apenas uma abordagem de desenvolvimento de recursos educacionais, mas sobretudo constitui-se enquanto abordagem de pesquisa. 3) Responsiva: A DBR é construída a partir do diálogo entre o conhecimento teórico e o conhecimento dos participantes da pesquisa. Isso significa que a abordagem é flexível e adaptável às necessidades e contextos específicos dos alunos e professores. 4) Colaborativa: A DBR necessita da participação dos envolvidos em todas as etapas da pesquisa. Isso significa que ela não é uma abordagem que é realizada pelos pesquisadores de forma isolada, mas sim uma abordagem que é construída em parceria com os alunos, professores e comunidade científica. 5) Iterativa: A DBR ocorre de maneira cíclica, a partir de avaliação que busca a melhoria da intervenção proposta, testando os princípios de *Design*. Isso significa que a abordagem é um processo contínuo de desenvolvimento e aprimoramento (MCKENNEY; REEVES apud PAIVA, 2019).

Ademais, a metodologia DBR possui três fases bem estabelecidas: 1) Fase preliminar: Nesta fase, os pesquisadores realizam uma análise do contexto e das necessidades, desenvolvem um quadro conceitual e elaboram os princípios de *Design*; 2) Fase de prototipagem: Nesta fase, os pesquisadores desenvolvem e testam protótipos da intervenção educacional. A avaliação formativa é realizada para refinar os princípios de *Design* e a intervenção educacional. 3) Fase de avaliação: Nesta fase, os pesquisadores realizam uma avaliação somativa para determinar se a intervenção educacional atende às especificações pré-determinadas. (PAIVA, 2019).

Logo, convidamos os/as professores a testarem os Princípios em sala de aula adaptando-os de acordo com a realidade de cada classe, pois só assim o presente estudo fará sentido em sua razão de existir: na ação didática, na prática pedagógica, na sala de aula.

Assim, sugerimos que os professores a) na fase de prototipagem, escolham um Princípio para a construção de Sequências Didáticas a serem testadas em sala de aula; b) ao final de cada aula, realizem uma autoavaliação e encorajem os alunos a participarem do processo de *feedback* em relação aos conteúdos e debates, visando o contínuo aperfeiçoamento dos princípios de *Design*.

Para a presente proposta de intervenção de ação didática, inicialmente refletimos sobre cada um dos objetivos e resultados que buscamos alcançar ao final da sua aplicação; para cada objetivo, um princípio de *design* foi projetado. O objetivo de cada princípio está explicitado na sua própria descrição. Vamos, então, aos Princípios de *Design* norteadores desta proposta:

Princípio #1: Desenvolver as seguintes competências e habilidades *conceituais* e *experimentais* a partir de uma construção narrativa da história das contribuições científicas e das autobiografias (LINHARES, 2018) de Elisa Frota-Pessôa e Neusa Amato. Dentro deste universo, seguem-se sugestões para a ação prática:

i) Identificar e "visualizar" diferentes tamanhos de objetos que cercam nosso mundo do macro ao micro;

ii) Identificar os modelos e procedimentos e ferramentas de observação atômica e operacional;

iii) (Re)conhecer os resultados históricos e atuais das práticas experimentais;

iv) Formular hipóteses e interpretar resultados em situações reflexivas;

v) Compreender as escalas atômicas;

vi) (Re)conhecer e interpretar o espectro eletromagnético da luz, entender as faixas de energia e frequência e fazer uma analogia fenômenos observados na vida cotidiana;

vii) Entender o significado de ordem de grandeza e de energia associada a raios cósmicos e eventos estudados em Física de Alta Energias.

viii) Distinguir e identificar fenômenos relacionados com a energia cinética clássica e relativística;

iv) Formular hipóteses e interpretar resultados em diferentes situações em que reflete a velocidade da partícula ou objeto;

x) Entender como funciona a detecção de Raios Cósmicos;

xi) Compreender o cálculo do centro de gravidade do universo e de um sistema de múltiplas partículas;

xii) Localizar as partículas no sistema de coordenadas;

xiii) Analisar dados para interpretar a situação física envolvida, bem como identificar a direção de raios cósmicos primários de alta energia;

xiv) Formular hipóteses sobre a origem dos raios cósmicos.

Princípio #2: Utilizar o conceito de equidade de gênero para contextualizar e debater as diversas formas de aplicação dos conceitos da Física de Raios Cósmicos nas mais diversas áreas do conhecimento, com vistas a desenvolver tais competências e habilidades *atitudinais*:

i) Exercício da cidadania;

ii) Desenvolvimento do pensamento ético crítico e reflexivo diante das discussões em sala de aula, para além da sala de aula;

iii) Cooperação mútua entre as diversas partes.

Os conteúdos atitudinais dizem respeito aos valores, atitudes e normas dos alunos perante suas vivências no mundo que o cerca. “A aprendizagem dos conteúdos atitudinais implica em uma reflexão, criticidade e uma avaliação dos fatores positivos e negativos, uma tomada de posição, um envolvimento afetivo, além de uma revisão e avaliação da própria atuação”. (ZABALA, 2015, p. 48).

Princípio #3: Apresentar a trajetória histórica de toda a construção ideológica de gênero, problematizando ao longo desse processo os motivos que explicariam a maioria das descobertas científicas terem sido feitas por homens - é válida a associação do Efeito Matilda ao Efeito Elisa para a exemplificação deste princípio.

i) A descoberta da Radioatividade por Becquerel 1896 pode ser vista como uma importante contribuição para a compreensão da estrutura da matéria. Esta descoberta mais tarde se juntou ao trabalho de Pierre e Marie Curie, que são creditados com a invenção do termo radioatividade, e Ernest Rutherford, que descobriu o núcleo do átomo em 1912. Aqui também temos importantes trajetórias experimentais para a detecção de partículas e subpartículas, tais como:

ii) Pósitron (Carl Anderson em 1932 com experiências em RC nos EUA);

iii) Nêutron (James Chadwick em 1932)

iv) Múon (Anderson e Neddermeyer, que também utilizaram os RC que inicialmente essa partícula foi chamada de méson e depois, tivemos a descoberta de outro méson π , que passou a se chamar de méson μ , e hoje chamada de *múon*). Aqui, pode-se mencionar a trajetória do César Lattes e a detecção das físicas - Elisa Frota-Pessôa e Neusa Amato- com os trabalhos experimentais no CBPF.

v) A relevância tecnológica oferecida pelo aprimoramento e surgimento dos aceleradores de partículas e da consolidação da física nuclear. Temos o Van de Graaff (1931) e o Ciclotron (1936);

vi) A técnica de emulsões nucleares, protagonizada durante muitos anos por Elisa Frota-Pessôa e Neusa Amato no Brasil, ressalta a rede de colaboração das mulheres microscopistas e físicas.

Cumpramos ressaltar que os princípios de *design* precisam evidenciar a importância da História da Ciência para falar sobre átomos e suas partículas e subpartículas. Assim, o/a professor/a terá o papel de fazer com que seus alunos reflitam e discutam os aspectos típicos da natureza do conhecimento científico e as relações de gênero que os atravessam. Outro aspecto relevante é a imagem da ciência e dos cientistas na sociedade, principalmente a imagem da mulher cientista ou da mulher na ciência, sua trajetória e ascensão, bem como a relevância das redes de colaborações e discussões entre os cientistas.

Princípio #4: Incentivar os alunos a expandirem sua reflexão para os diversos temas considerados importantes para uma educação anti-opressão a partir da explicação e discussão dos Efeitos Matilda (ROSSITER, 1993), Labirinto de Cristal e Teto de Vidro (LIMA, 2003; 2008; 2011) e Efeito Elisa para compreender como os fenômenos patriarcalismo, machismo, misoginia, racismo e entre outros se manifestam no campo da física. Ademais, tem-se como expectativa que os alunos potencializem seus repertórios para uma visão mais amadurecida da ciência, sobretudo, a partir de uma perspectiva crítica e humanista das relações de opressão existentes na comunidade científica e na sociedade em geral. Para tal, torna-se necessário que reflexionem de forma criativa e coletiva, respeitando as diversidades a partir de um olhar crítico acerca das inúmeras realidades existentes, principalmente das minorias. Sendo assim, a proposta didática necessita orientar os educandos e educandas a:

i) Reconhecer a importância da igualdade de gênero;

ii) Identificar que os processos históricos das ciências são compostos por diferentes grupos sociais;

iii) Identificar as contribuições de mulheres no desenvolvimento científico do país, principalmente no que se refere a história de vida e contribuições de Elisa Frota-Pessoa e Neusa Amato;

iv) Compreender e identificar a desigualdade de gênero como um problema a ser combatido no cotidiano;

v) Participação ativa e crítica durante as discussões e sempre respeitando a fala do outro;

vi) Desenvolvimento das atividades e discussões propostas em sala de aula.

Para aferir o desenvolvimento da turma, é necessário que o professor acompanhe os alunos durante todas as atividades e verificar se cada aluno é capaz de compreender a relevância do papel da mulher na sociedade, principalmente, no que concerne os diversos contextos e momentos históricos do desenvolvimento científico.

Considerando que Elisa Frota-Pessôa defendia (e atuava de modo ferrenho nesse sentido) que os alunos precisavam ter contato com a experiência de laboratório ao longo da sua formação, ou seja não somente o ensino teórico como também a experiência prática seria fundamental no ensino de Física, julgamos importante trazer uma seleção de atividades que proporcionam uma abordagem lúdica a fim de facilitar o ensino desse módulo e encantar os estudantes pela disciplina da Física, como sonhou Elisa Frota-Pessôa.

Nesse sentido, gostaríamos de oferecer, para encerrar esta seção, uma seleção de sugestões de ideias e materiais didáticos dinâmicos e atuais que possibilitarão a elaboração de aulas interativas e lúdicas a fim de apresentar e ilustrar os conceitos elencados dentro de cada Princípio que vimos anteriormente de forma criativa e original.

1. Criação de maquetes para a representar modelos atômicos e as partículas e subpartículas com massinhas de modelar.

2. Trabalhos de discussões conceituais voltados para NdC (Natureza da Ciência): apresentação de vídeos e documentários, leitura de artigos e livros de divulgação científica que servirão para estimular a pesquisa do assunto.
3. Estudo de Raios Cósmicos e a Origem da Vida (PARRA; OLIVEIRA, 2019). Os autores detalham a SD neste link chrome-extension://efaidnbmninnibpcajpcgclclefindmkaj/https://propg.ufabc.edu.br/mnpef/documentos/Produtos_2019/Produto_FranciscoParra.pdf. O estudo traz, ainda, links complementares de vídeos, textos, entre outros materiais para discutir o assunto.
4. Uma forma de apresentar de maneira lúdica os conceitos de Raios Cósmicos é a construção de um detector de RC de baixo custo, Câmara de Nuvens/Wilsons (CABRAL *et al*, 2022). <https://www.scielo.br/j/rbef/a/YhWSHhwDqWCWryrwMLKt49L/>
5. Uso da Transposição Didática, abordagem metodológica e teórica que parte do pressuposto que o conhecimento físico original passa por processos de adaptações e transformações para que seja possível uma melhor compreensão por parte dos estudantes. A Transposição Didática (TD) é esse processo de transformação do conhecimento (que será chamado de saber). Neste trabalho, disponível no link <https://repositorio.unb.br/handle/10482/23156> Sousa (2016) propõe a inserção de discussões de física de partículas a partir de um material paradidático. O autor disponibiliza, ainda, materiais complementares como textos, atividades argumentativas, exercícios elementares, *slides* para aulas e questionários.
6. Ainda usando essa mesma metodologia da Transposição Didática, temos uma SD acessível pelo link <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/4437?show=full> para o ensino de Raios Cósmicos em que os autores realizam um minicurso para professores e as atividades realizadas foram escolhidas para fazer parte de um produto educacional. Neste trabalho, Saran (2013) trabalha com dados reais do Observatório Pierre Auger da Argentina, para entender, por exemplo, como se calcula a trajetória de um RC. Antes, é feita toda uma discussão matemática e física sobre Ordem de Grandeza e Escalas de Grandeza. A partir dos dados calculados, é construída posteriormente uma maquete das posições ou direções que as partículas dos raios atingem a superfície terrestre.

Ainda sobre conceitos para o ensino de Raios C3smicos, seguem algumas sugest3es de temas complementares, inspirados nos trabalhos de Elisa Frota-Pess3a e Neusa Amato:

i) Considerando que a F3sica Moderna trabalha com n3meros com grandes quantidades de casas decimais, sugerimos atividades sobre o assunto da Ordem de Grandeza e Notac3o Cient3fica.

ii) Um estudo sobre Altas energias - Entender o significado da Ordem de Grandeza da energia associada aos RC e dos eventos estudados em F3sica de Altas Energias. Aqui, sugerimos que o/a professor/a apresente as duas formas de calcular a velocidade de um objeto a partir de sua energia cin3tica, que 3 a energia associada ao movimento dos copos. Para baixas energias, utilizamos a f3rmula cl3ssica e, para altas energias temos a f3rmula relativ3stica.

Vale sinalizar, a t3tulo de encerramento desta secc3o, as limita3es da presente proposta de intervencc3o. Em primeiro lugar, 3 preciso de antem3o reforcc3ar que se trata de uma fase preliminar, ou seja, os *Princ3pios de Design* aqui apresentados carecem de aplica3o pr3tica para a sua valida3o e aperfei3oamento, respeitando a premissa principal desta abordagem de pesquisa que 3 a sua caracter3stica c3clica e de natureza iterativa (PAIVA, 2019). A proposta apresentada aqui, portanto, 3 apenas o in3cio ou a primeira etapa de todo um ciclo que caracteriza *a pesquisa em Design Educacional*, que s3 far3 sentido na medida em que cada um dos Princ3pios for testado e avaliado, na pr3tica da sala de aula, por meio da cria3o de Sequ3ncias Did3ticas a serem formatadas a crit3rio de cada professor/a, de acordo com a necessidade e o perfil de cada turma, respeitando a abordagem de uma educa3o human3stica.

A segunda e 3ltima limita3o tem a ver com o fato de que o cumprimento dos objetivos explicitados em cada um dos princ3pios de *design* acima elencados est3o condicionados 3 necessidade de que o/a professor/a tenha em mente a import3ncia de contextualizar e inserir no processo de ensino e aprendizagem a desconstru3o da ideia de que a Ci3ncia seja algo imut3vel e formada por “g4nios do sexo masculino abencc3ados por uma luz divina”. Ao contr3rio, a Ci3ncia 3 um produto hist3rico e cultural, sempre forjado sob condi3es hist3ricas, pol3ticas e culturais espec3ficas.

3.6 CONSIDERA33ES FINAIS

Neste estudo, exploramos as potencialidades da inserção das trajetórias e das contribuições de mulheres nos currículos escolares de Física do Ensino Médio, disciplina integrante da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Através da proposta de intervenção a partir de *Princípios de Design* que desenhamos com a utilização da metodologia *Design-Based Research*, acreditamos ter efetuado um duplo movimento, ou seja, contribuído para a diminuição de duas importantes lacunas existentes hoje no ensino de física: a primeira refere-se à inclusão da Física de Raios Cósmicos na agenda curricular de física do Ensino médio e a segunda refere-se à inserção da temática de gênero no ensino de física por meio das trajetórias de duas físicas pioneiras na história da institucionalização da física no Brasil, Elisa Frota-Pessôa e Neusa Amato.

A reflexão de base teórico-epistemológica que tecemos a fim de evidenciar e compreender a problemática da invisibilização das trajetórias e contribuições de mulheres nos currículos escolares de Física (e das ciências de modo geral) nos levou a identificar o fenômeno político e social que passamos a denominar Efeito Elisa, em homenagem à essa professora pioneira no ensino da Física no Brasil e que foi a primeira física experimental do Brasil. Situamos o novo fenômeno na esteira de fenômenos já identificados e amplamente discutidos pela teoria e pela epistemologia feminista, os quais mapeiam a exclusão das mulheres e o machismo estrutural nas ciências, como o Labirinto de Cristal (LIMA, 2008; 2013), o Efeito Matilda (ROSSITER, 1993) e o Efeito Teto de Vidro (ROSSITER, 1993; HARDING, 1996; SCHIEBINGER, 2001).

A partir do cruzamento entre essas teorias de base feminista e estudos brasileiros atuais dedicados à denunciar e criticar a exclusão da temática de gênero nos processos de aprendizagem - e, mais especificamente, na BNCC e nos livros didáticos de Física (CARTAXO, 2012; BESSA-OLIVEIRA; ORTIZ, 2020; LEITE; CASTRO; FERRARI, 2021; ROSA; SILVA, 2015; CLOZATO; SILVA DE ABREU, 2022; MACHADO DE SOUZA; MELLO CARPES, 2018), concluímos que a invisibilidade das trajetórias de cientistas mulheres nos currículos de ciências, sobretudo nos currículos de física, tem sua origem no sistema patriarcal excludente através do qual as culturas científicas foram sendo moldadas historicamente, mas desemboca em uma nova era da educação, na qual tanto professores e professoras quanto alunos e alunas têm questionado, cada vez mais, o motivo dessa ausência e, assumindo uma postura de

protagonistas dos processos de aprendizagem, têm buscado conhecimento e referências autonomamente, fazendo na maioria das vezes uso da metodologia *Design-Based Research* para transformar e aprimorar os processos de aprendizagem, tornando-os mais inclusivos - pelo menos é o que têm demonstrado as pesquisas de autoras mais recentes, a exemplo de Cartaxo (2012), Linhares (2018), Santana e Pereira (2021), Lima (2008; 2013), Tenreiro-Vieira e Vieira (2013), Vidor *et al* (2020) entre outros.

As evidências sugerem a triste constatação de que, ainda hoje, é como se apenas aos homens fosse dada permissão para que sejam imortalizados pela História e, conseqüentemente, reconhecidos - quando não reverenciados - nos currículos escolares. A constatação deste fato levou-nos a pensar em uma nova categoria de análise que desse conta de abarcar esse fenômeno comum a todas as mulheres cientistas, pesquisadoras e docentes que integram o universo acadêmico da Física. Afinal, a invisibilidade das mulheres no ensino dessa disciplina é, indiscutivelmente, uma barreira a ser superada com vistas ao combate da desigualdade de gênero na ciência (CARTAXO, 2012; LINHARES, 2018; BESSA-OLIVEIRA; ORTIZ, 2020; LEITE; CASTRO; FERRARI, 2021).

A motivação para o desenvolvimento deste estudo está baseada na premente necessidade de mudanças sociais e políticas no campo da Física no sentido da “diminuição das desigualdades de oportunidades que interferem diretamente nas carreiras de cientistas mulheres” (LINHARES, 2018 p. 24), a fim de que a participação feminina nessa área seja finalmente equivalente à masculina e, mais do que isso, para que a equidade de gênero nas ciências seja finalmente conquistada.

Esperamos que a inclusão das discussões da temática de gênero a partir da perspectiva da trajetória de mulheres na física contribuam para potencializar o raciocínio crítico nas aulas de física. Em outras palavras, o presente estudo é um esforço no sentido de contribuir para a construção de uma agenda educacional que reflita a diversidade social e promova a equidade de gênero e a representatividade feminina, ao mesmo tempo em que busca apontar caminhos e estratégias para construir aulas de física mais dinâmicas e inclusivas.

4.7 REFERÊNCIAS

ADICHIE, Chimamanda Ngozi. *O perigo da história única*. São Paulo: Companhia das Letras, 2019.

BELTRAMINI, Luisa de M. CEPellos, Vanessa M. PEREIRA, Jussara Jéssica. *Mulheres jovens, “teto de vidro” e estratégias para o enfrentamento de paredes de cristal*. Rev adm empres [Internet]. 2022; 62 (Rev. adm. empres., 2022 62(6)):e2021–0073. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0034-759020220608>> Acesso em 04 abr. 2023.

BESSA-OLIVEIRA, Marcos Antônio. ORTIZ, Marcela dos Santos. *BNCC - Caminhos e (Im)possibilidades para gênero: porque a educação escanteou as mulheres e seus corpos?* Educação em Revista, Marília, v.21, p. 73-88, 2020, Edição Especial.

BORSATTO, Jaqueline May. *Mulheres na física: uma análise dos livros didáticos de física do PNL D 2018*. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2018.

BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília, 2018.

CABRAL, R. B. S. et al.. *A câmara de nuvens como estratégia pedagógica para o ensino de raios cósmicos*. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 44, p. e20210397, 2022.

CARTAXO, Sandra Maria Carlos. *Gênero e ciência: um estudo sobre as mulheres na Física*. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Política Científica e Tecnológica. Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências. Campinas, 2012.

CLOZATO LARA, C.; SILVA DE ABREU, G. *As Mulheres nos Livros Didáticos de Ensino Médio: Avanços e Desafios de Representatividade*. Revista Ensin@ UFMS, v. 3, n. 7, p. 65-85, 20 dez. 2022.

FONSECA, T. L. *O livro didático de História: Lugar de memória e formador de identidades*. In: Simpósio Nacional da Associação Nacional de História, 20, Florianópolis, 1999. História: fronteiras/Associação nacional de História. São Paulo: Humanitas, FFLCH, ANPUH, 1999.

GARCIA, Marta I. González; SEDEÑO, Eulalia Pérez. *Ciência, tecnologia e gênero*. In: Santos, Lucy Woellner dos. et al. *Ciência, tecnologia e gênero: desvelando o feminino na construção do conhecimento*. Londrina: IAPAR, 2006.

Grupo de Estudos Multidisciplinares da Ação Afirmativa - GEMAA. *Dados de participação das mulheres na ciência*. Disponível em <<https://gemaa.iesp.uerj.br/infografico/participacao-de-mulheres-na-ciencia/>> Acesso em 13 mai. 2023.

HARDING, Sandra. *Ciencia y feminismo*. Barcelona: Morata, 1996.

KANT, Immanuel. *Crítica da razão pura*. São Paulo: Abril Cultural, 1994.

KELLER, Evelyn Fox. *Gender and science: Origin, history, and politics*. Osiris, v. 10, p. 26-38, 1995.

_____. KELLER, Evelyn Fox. *Qual foi o impacto do feminismo na ciência?* Cadernos Pagu, n. 27, p. 13-14, 2006.

LEITE, Lara Casarim; CASTRO, Roney Polato de; FERRARI, Anderson. *Gênero na BNCC de Ciências da Natureza: buscando brechas para outros currículos*. REnBio - Revista de Ensino de Biologia da SBEnBio - ISSN: 1982-1867- vol. 14, n. 1, p. 390-409, 2021 Disponível em <<https://renbio.org.br/index.php/sbenbio/article/view/491/153>> Acesso em 11 mai. 2023.

LIMA, Carlos Alberto da Silva. Homenagem à professora Elisa Frota-Pessôa. 2003. In: SAITOVITCH, Elisa Maria Baggio *et al* (org). *Mulheres na física: casos históricos, panoramas e perspectivas*. São Paulo: Editora Livraria da Física (1ª ed.) 2015. p. 115-126. Disponível em http://www1.fisica.org.br/gt-genero/images/arquivos/Mulheres_Pioneiras_/livro-mulheres-na-fisica.pdf Acesso em 09 mai. 2023.

LINHARES, Maria Lucia de Camargo. *Elisa Frota-Pessoa: a textualização de suas (auto)representações e questões de gênero nas ciências*. Dissertação (mestrado em Educação Científica e Tecnológica). Universidade Federal de Santa Catarina, 2018.

LIMA, Stefanelli Betina. *O labirinto de cristal: as trajetórias das cientistas na Física*. Rev Estud Fem [Internet]. 2013 Sep; 21(Rev. Estud. Fem., 2013 21(3)):883–903. Disponível em <<https://www.scielo.br/j/ref/a/v7m9qdqJPRMhSmyhny7kQgq/?lang=pt>> Acesso em 04 abr. 2023.

_____. *Quando o amor amarra: reflexões sobre as relações afetivas e a carreira científica*. Revista Gênero. Niterói, v.12, n.1, p. 9-21, 2. sem. 2011. <<https://periodicos.uff.br/revistagenero/article/view/31128>> Acesso em: 04 abr. 2023.

_____. *Teto de vidro ou labirinto de cristal? As margens femininas das Ciências*. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em História. Universidade de Brasília - UnB, 2008.

LINHARES, Maria Lucia de Camargo. *Elisa Frota-Pessoa: a textualização de suas (auto)representações e questões de gênero nas ciências*. Dissertação (mestrado em Educação Científica e Tecnológica). Universidade Federal de Santa Catarina, 2018.

MACHADO, Maria Clara Ferreira; DE SOUZA, Mauren Assis; MELLO-CARPES, Pâmela Billig. *Mulheres na ciência: divulgando possibilidades de carreira científica com escolares*. Revista Ciência em Extensão, v. 14, n. 1, p. 43-53, 2018.

MARTINS, Milene Rodrigues; BUFFON, Alessandra Daniela. *A História da Ciência no currículo de Física do Ensino Médio*. Actio: Docência em Ciências, v. 2, n. 1, p. 420-437, 2017.

MATTA, Alfredo Eurico R. SILVA, Francisca de Paula S. da. BOAVENTURA, Edivaldo Machado.. *Design-based Research ou Pesquisa de Desenvolvimento: metodologia para pesquisa aplicada de inovação em educação do século XXI*. Revista da FAEEBA – Educação e Contemporaneidade, Salvador, v. 23, n. 42, p. 23-36, jul./dez. 2014. Disponível em: <http://educa.fcc.org.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0104-70432014000200023&lng=es&nrm=iso> Acesso em 04 abr. 2023.

PAIVA, Ayane de Souza. *Princípios de design para o ensino de biologia celular: pensamento crítico e ação sociopolítica inspirados no caso de Henrietta Lacks*. Tese (Doutorado), Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, Instituto de Física, Universidade Federal da Bahia / Universidade Federal de Feira de Santana, 2019.

PARRA, Francisco A. OLIVEIRA, Marcelo A. Leigui de. *Raios Cósmicos e a origem da vida: uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de raios cósmicos no Ensino Médio*. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) da UFABC - Universidade Federal do ABC, 2019.

PAULO NETO, Jonas Guimarães. PARENTE, Nória Nabuco. MACEDO, Diego Ximenes. Modern and contemporary Physics teaching in the perception of Sobral public network teachers. *Research, Society and Development*, 9(7): 1-34, 2020.

PINTO, Érica Jaqueline Soares. *Gênero e escolha de cursos superiores: perspectivas de estudantes de ensino médio do Liceu Paraibano*. 2014. 133 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-graduação em Educação, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2014.

PINTO, Érica Jaqueline Soares; AMORIM, Valquíria Gila de. *Gênero e Educação Superior: um estudo sobre as Mulheres na Física*. In: REUNIÃO NACIONAL DA ANPED, 37o, 2015, Florianópolis. Anais... Florianópolis: UFSC, 2015. p. 01-17.

ROSA,K; SILVA, M. R. G. Feminismos e Ensino de Ciências: análise de imagens de livros didáticos de Física. *Revista Gênero*, v. 16, n. 1, p. 83-104, 2015. Disponível em: <<https://periodicos.uff.br/revistagenero/article/view/31226/18315>>. Acesso em 28 ago. 2023.

ROSSITER, Margaret W. *The Matthew Matilda effect in science*. *Social studies of science*, v. 23, n. 2, p. 325-341, 1993.

_____. Rossiter, Margaret W. A twisted tale: women in the physical sciences in the nineteenth and twentieth centuries. In: Nye, Mary Jo (ed.). *The modern physical and mathematical sciences*. Cambridge University Press, 2003. v.5. p.54-71. (The Cambridge History of Science)

_____. *Women's Work in Science, 1880-1910*. *Isis*, v. 71, n. 3, p. 381-398, 1980.

SALOMÃO, João Pedro Quaresma Castro. ARAUJO, Rafael Rodrigues de. MACKEDANZ, Luiz Fernando. Um estudo bibliográfico sobre metodologias no ensino de física moderna e contemporânea. *Arquivos do Mudi*, v. 24, n. 3, p. 233-243, 2020.

SANTANA, Carolina Queiroz. SANTOS, Laura Sued Brandão. *Gênero e ciência: acadêmicas feministas que escreveram a história*. *Cad. Gên. Tecnol.*, Curitiba, v. 13, n. 42, p. 170-184, jul./dez. 2020. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/cgt>>. Acesso em: 04 abr. 2023.

SANTANA, Carolina Queiroz. PEREIRA, Letícia dos S. O caso Alice Ball: uma proposta interseccional para o Ensino de Química. *Quím. nova esc.* – São Paulo-SP, BR Vol. 43, N° 4, p. 380-389, nov. 2021 Disponível em <<http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160246>> Acesso em 04 abr. 2023.

SARAN, Marina Cláudia Brustello. *Astrofísica de partículas na sala de aula: uma sequência de ensino e aprendizagem sobre raios cósmicos para o ensino médio*. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, 2013. 129 f.

SCHIEBINGER, Londa. *O feminismo mudou a ciência?* Bauru: Edusc, p. 32, 2001.

_____. *Mais mulheres na ciência: questões de conhecimento*. História, Ciências, Saúde-Manguinhos, v. 15, p. 269-281, 2008.

SEPULVEDA, Claudia. SILVA, Indianara. Narrativas dissidentes: contribuições da História das Mulheres para uma educação anti-opressão. In: GALIETA, Tatiana. *Temáticas sociocientíficas na formação de professores*. 1. ed. - São Paulo: Livraria da Física, 2021.

SILVA JUNIOR, José Francisco da. Interação do Docente de Física com seus Alunos na Utilização das TIC's no Ensino de Física de Partículas Elementares Através de Jogos Digitais. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 11, 2022.

SILVEIRA, Maria Lucimar Alencar de Sousa. A (in) visibilidade da produção científica feminina nos livros didáticos de biologia, física, química e matemática do ensino médio aprovados no PNL D para o período de 2009 a 2020 na cidade de Caçu-GO. Dissertação (Mestrado em Educação para Ciências e para Matemática) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Campus Jataí, 2019.

SOUSA, Willian Ferreira de. *Inserção de conceitos de Física de Partículas Elementares no Ensino Médio por meio de um material paradidático*. 2016. 86 p. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade de Brasília – UnB, Brasília, 2016.

TENREIRO-VIEIRA, Celina; VIEIRA, Rui Marques. Literacia e pensamento crítico: um referencial para a educação em ciências e em matemática. *Revista Brasileira de Educação*. v. 18 n. 52, p. 163-242, 2013. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/236017735_Literacia_e_pensamento_critico_um_referencial_para_a_educacao_em_ciencias_e_em_matematica>. Acesso em: 04 abr. 2023.

VAN DEN AKKER, Jan. Principles and Methods of Development Research. In: VAN DEN AKKER, Jan *et al.* (Ed.), *Design approaches and tools in education and training*. Boston: Kluwer Academic, 1999. p. 1-14.

VIDOR, Carolina de Barros *et al.* Quais são as Representações de Problemas e os Pressupostos sobre Gênero Subjacentes à Pesquisa em Gênero na Física e no Ensino de Física? Uma revisão Sistemática de Literatura. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*. 2020, p. 1095–1132 Disponível em <doi: 10.28976/1984-2686rbpec2020u10951132> Acesso em 04 abr. 2023.

ZABALA, Antoni. *A prática educativa: como ensinar*. Penso Editora, 2015.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho de tese buscou apresentar as contribuições de mulheres brasileiras - Elisa Frota-Pessôa e Neusa Amato aptas a comporem uma possível rede de especialistas na área de Raios Cósmicos na América Latina e a compreender de que maneira o trabalho desempenhado por elas, nos laboratórios do Brasil, desenvolveu-se no sentido de contribuir para avanços científicos em Física e em outras áreas da Ciência.

Foram três as principais lacunas de pesquisa sobre as quais nos debruçamos ao longo do desenvolvimento desta tese, cada uma correspondendo às seguintes áreas do conhecimento: i) a História de duas mulheres pioneiras - Neusa Amato e Elisa Frota-Pessôa na Institucionalização da Física no Brasil; ii) a atualização do currículo escolar de Física (e, por conseguinte, dos livros didáticos do PNLD) - para a qual desenhamos uma proposta de inclusão da Física de Raios Cósmicos, a partir da perspectiva de gênero, ou seja, das contribuições e das trajetórias das físicas Neusa Amato e Elisa Frota-Pessôa; e iii) o campo da Crítica Feminista da Ciência (ou, poderíamos evocar, ainda, o campo mais abrangente no qual tal Crítica está situada, que é o das epistemologias feministas), a partir do qual construímos uma reflexão crítica em torno da invisibilização de mulheres cientistas nos currículos escolares - especial, no currículo de Física.

Ao longo da pesquisa, enfatizou-se o resgate histórico das contribuições de mulheres na física brasileira, colaborando, desta forma, para uma visão de história inclusiva, política e de maior relevância social e científica, e que esses ideais possam ser transpostos para o ensino de física nas escolas. Aqui, especificamente, desenvolvemos alguns parâmetros para que propostas sejam construídas a partir disso, para uso de docentes do Ensino Médio, baseada em inspirações feministas e na metodologia *Design Based Research* para propor princípios de *design* visando a construção de SDs em Física de Raios Cósmicos.

Tal esforço pode ser justificado pela necessidade de propor uma crítica ao ensino tradicional da física e da historiografia das Ciências brasileiras que, repetidas vezes, invisibilizou o trabalho científico produzido por mulheres durante os processos de institucionalização das Ciências e, em especial, da Física. A historiografia tradicional oferece

uma perspectiva dos fatos de um grupo restrito; a fim de rompermos com a hegemonia e o protagonismo único masculino, tornam-se necessárias discussões que apresentem perspectivas de trabalho de mulheres, especificamente, em Física.

Por fim, tomamos como base referenciais da teoria feminista (HOOKS, 2019) e da Crítica Feminista à Ciência (KELLER, 2006), entre outros autores e autoras, para tecer uma reflexão teórico-epistemológica que parte da questão-problema da invisibilização das mulheres na História da Ciência e, especificamente, nos currículos escolares, e que culminou na identificação e na proposição do *Efeito Elisa*. O Efeito Elisa situa-se na esteira dos debates feministas dos quais derivam-se fenômenos análogos e já notadamente consolidados como o Efeito Matilda, o Efeito Teto de Vidro, o Efeito Labirinto de Cristal e o Efeito Camille Claudel. A proposta de nomear o fenômeno em homenagem à física Elisa Frota-Pessôa se deve ao fato de ela ter sido uma ferrenha defensora de um modelo de ensino de Física que contemplasse a formação prática e crítica dos alunos, não somente teórica. Além de ter incentivado o ingresso de muitas mulheres nos cursos de Física, Elisa foi uma exímia e admirada professora de Física, reconhecida por defender o “binômio “aula teórica” / “trabalho experimental”. Seu aluno, o professor Carlos Alberto Lima, em uma homenagem dedicada à Elisa proferida em 2003 e publicada no livro “Mulheres na física: casos históricos, panoramas e perspectivas” em 2015, nos fornece o seguinte relato acerca da prática docente de Elisa:

[...] os alunos mais destacados (todos, no caso dos alunos da Elisa) da Física da FNF_i, recebiam problemas experimentais e, autonomamente, buscavam soluções para os mesmos, exercitando ao limite sua criatividade e engenhosidade experimental. Ali, lembro-me nitidamente, éramos levados a conjugar nossa compreensão dos princípios fundamentais da Física que discutíamos em classe (nossas aulas com Elisa eram sempre verdadeiros fóruns de discussão) com a interpretação de dados experimentais para gerar uma análise crítica do fenômeno físico que estivéssemos estudando. Este binômio “aula teórica” / “trabalho experimental” era a base do ensino da Física para Elisa, bem distanciado do ensino livresco, tomista, insípido e despido totalmente da emoção da descoberta, portanto uma metodologia aniquiladora da criatividade e da curiosidade, irmãs siamesas da descoberta científica. Neste binômio, impulsionado à exaustão em sua estratégia de ensino universitário, Elisa vivia seus melhores momentos como professora e como cientista, pois formava Escola. (LIMA, 2015 p. 117-118).

Ter se dedicado com tanto afincado a “formar Escola”: este foi o motivo principal que nos inspirou a nomear o conceito que desenvolvemos nesta tese em homenagem à Elisa. Além disso,

Elisa foi uma grande incentivadora do ingresso de mulheres na Física. Considerada a primeira física experimental do Brasil, Elisa é reconhecida também por ter sido uma das fundadoras do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas e uma das principais referências na pesquisa sobre Raios Cósmicos no Brasil e na América Latina.

Ao longo do trabalho, pudemos nos aprofundar nas trajetórias e contribuições de duas físicas brasileiras que dominaram as pesquisas e a técnica de emulsões nucleares no Brasil na década de 1940: Elisa Frota-Pessôa e Neusa Amato. Elas foram igualmente responsáveis por orientar e liderar o trabalho de dezenas de mulheres microscopistas dos laboratórios de Emulsões Nucleares, no Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF).

A pesquisa em questão surgiu da inquietação em relação ao desenvolvimento histórico das habilidades experimentais de mulheres envolvidas em pesquisas físicas pioneiras no Brasil. Suas trajetórias permaneceram invisíveis devido ao viés sexista na historiografia das ciências. Concentramos nosso estudo em Elisa Frota-Pessôa e Neusa Amato, que compartilham a dedicação à técnica de emulsões nucleares em pesquisas sobre Raios Cósmicos. Essas pesquisas tiveram início nos anos 1940 com o físico brasileiro César Lattes, que ganhou prestígio por seus resultados com o método, produzindo o *méson* (ou *píon*) em 1947 em Bristol, Inglaterra, e artificialmente no ano seguinte em Berkeley, EUA, usando o mais poderoso acelerador de partículas da época (TAVARES; GURGEL; VIDEIRA, 2020).

Durante esse período, Elisa Frota-Pessôa e Neusa Amato lideraram o trabalho nos laboratórios de emulsões nucleares, junto a grupos de microscopistas mulheres. Elas influenciaram gerações de físicos e físicas, além de co-fundarem o Laboratório de Espectroscopia Nuclear do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. Elisa Frota-Pessôa é reconhecida como a primeira física teórica do Brasil, enquanto Neusa foi a primeira pesquisadora mulher contratada pelo CBPF. Suas descobertas pioneiras no campo dos raios cósmicos deram início a esse novo campo de pesquisa no país.

Como vimos, curiosamente, a primeira publicação científica do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF) em 1950 foi realizada por duas jovens mulheres, Elisa Frota-Pessôa e Neusa Amato, contrariando as expectativas em uma área predominantemente masculina na época (BEZERRA; BARBOSA, 2016). O CBPF, uma instituição privada liderada por Lattes, foi fundado em 1949 em resposta à Era Nuclear, independente das universidades. Em 1952, o

Conselho Nacional de Pesquisas (hoje CNPq) foi criado, um marco importante na história científica brasileira. Um dos primeiros projetos de Lattes ao retornar ao Brasil foi estabelecer Chacaltaya como um departamento do CBPF, devido ao interesse na pesquisa de partículas com radiação cósmica em altitudes elevadas (VIEIRA, 2009).

Os trabalhos científicos no CBPF começaram quando Lattes assumiu como diretor científico em 1949. Ele trouxe uma câmara de nuvens para Chacaltaya, presente de Marcel Schein da Universidade de Chicago, com apoio da UNESCO. Especialistas como Giuseppe Occhialini e Ugo Camerini também foram trazidos ao Brasil (VIEIRA; VIDEIRA, 2011).

Destaca-se a criação da Divisão de Emulsões Nucleares, liderada por Elisa Frota-Pessôa e Neusa Amato. Elas estudaram o decaimento do pión a partir de análises experimentais, contribuindo para a teoria da universalidade da força fraca (VIEIRA; VIDEIRA, 2011). Além disso, impulsionaram a pesquisa em Raios Cósmicos no Brasil, usando emulsões nucleares. A técnica das emulsões nucleares, embora desafiadora, contava com equipes majoritariamente compostas por microscopistas mulheres, inicialmente sem formação específica.

A respeito do trabalho dessas equipes de mulheres microscopistas, gostaríamos de relatar a nossa dificuldade em obter mais informações sobre elas e apontar essa mesma falta como sendo uma importante lacuna de pesquisa, que deixaremos em aberto e que, esperamos, possa inspirar futuras pesquisas nas intersecções entre a História das Mulheres na Ciência e os Estudos de Gênero.

A trajetória, o trabalho e até mesmo os nomes dessas mulheres microscopistas pioneiras tão importantes para o avanço da Física Experimental no Brasil seguem, lamentavelmente, invisibilizadas pela História, na medida em que muito pouco desses trabalhos ficou preservado nos arquivos históricos ou na memória coletiva. Eu confesso que sou tão apaixonada pelo trabalho dessas mulheres microscopistas que cheguei a ter um projeto aprovado para um doutorado sanduíche no México sobre essa temática - que, infelizmente, não se materializou, por motivos pessoais.

No México, as microscopistas trabalhavam com outra técnica; elas utilizavam o Gerador de Van de Graaff e não a técnica de Emulsões Nucleares, como as microscopistas do Brasil, sobre as quais, infelizmente, sabemos tão pouco. É um tema que eu mesma gostaria muito de investigar em trabalhos futuros, mas acerca do qual, até o momento da finalização da escrita

desta tese, não há material nenhum, a não ser o artigo que eu cito nesta tese e alguns registros fotográficos. A propósito, cheguei a entrar em contato com uma das (pouquíssimas) microscopistas vivas e ela me disse não se recordar de nada do que fez naquela época. Não pude encontrar fontes sobre elas nem mesmo em minhas pesquisas nos arquivos do CBPF e do Museu de Astronomia e Ciências Afins - MAST no Rio de Janeiro. O que encontrei sobre elas durante minha visita aos arquivos dos referidos institutos em maio de 2023 foi um mural feito em homenagem a elas, que expõe alguns poucos registros fotográficos da época e traz algumas informações sobre o trabalho realizado por elas. Compartilho esses registros na seção de Anexos desta tese.

Trago esse relato acerca da minha dificuldade em encontrar fontes históricas sobre essas dezenas de mulheres cientistas não para lamentar ou me justificar. Mas, sim, porque é precisamente diante de adversidades como essas que não devemos nos conformar! O silêncio e o apagamento das histórias dessas mulheres microscopistas e de tantas outras mulheres cientistas não devem nos desestimular e sim, nos encorajar no sentido de desbravar esses antigos e empoeirados caminhos de pesquisa, quase esquecidos, que poderão culminar em novas possibilidades de pesquisa, novas descobertas.

A existência deste silêncio, cumpre ressaltar, configura-se na verdade como um dado crucial desta nossa pesquisa, pois ele nos revela ao menos duas coisas importantes. A primeira delas é a necessidade mesma de que mais pesquisas e mais investigações históricas sejam levadas a cabo no sentido de resgatar essas tantas histórias de mulheres cientistas esquecidas e negligenciadas. Hoje, não temos ainda noção da proporção do tamanho e da grandeza da nossa História. O que sabemos é que boa parte dela continua soterrada e cabe a nós, cientistas, historiadoras, antropólogas, acadêmicas feministas desterrar essas histórias e essas memórias, trazê-las à tona e fazê-las presentes na escrita da nossa própria História - a História das Mulheres na Ciência, história essa comum a todas nós.

A segunda coisa importante para a qual gostaria de chamar atenção tem a ver com o fato de que este mesmo silêncio é mais do que um mero dado científico apontando para uma lacuna; ele é em si mesmo o próprio reflexo da profunda e histórica opressão de gênero que perpassa a vivência das mulheres na ciência, na medida em que nos comunica a *presença* latente de uma *ausência* importante e significativa. Ele aponta para o fato de que a História das Mulheres na Ciência é a História das ausências, é a história da opressão sexista e misógina, é a história do

machismo estrutural que sistematicamente invisibiliza e exclui a participação e as contribuições de mulheres.

Que os brilhantes e cada vez mais reconhecidas trajetórias de Elisa e Neusa e, em contrapartida, que o silêncio acerca das trajetórias dessas dezenas de microscopistas, aqui tão explícito, tão concreto e tão palpável possam reverberar em nós com paixão e indignação, nos movendo na luta pelo combate à desigualdade de gênero, seja na ciência, seja em toda e qualquer esfera seja ela pública ou privada. Que tais ausências do passado contribuam para fortalecer a nossa presença e nosso argumento, no presente, acerca da importância de nós, cientistas e acadêmicas mulheres ocuparmos cada vez mais os espaços que sim, são nossos e nos cabem por direito. Desta maneira, poderemos garantir que a nossa história, daqui para frente, jamais seja novamente apagada, rasurada, silenciada ou negligenciada.

REFERÊNCIAS

Academia Brasileira de Ciências tem primeira mulher na presidência em 105 anos. CNN Brasil. Publicado em 04 mai. 2022. Disponível em <<https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/academia-brasileira-de-ciencias-tem-primeira-mulher-na-presidencia-em-105-anos/>> Acesso 12 jun 2023.

ARONOVICH, Lola. Prefácio. IN: LERNER, Gerda. *A Criação do Patriarcado: História da opressão das mulheres pelos homens*. São Paulo: Cultrix, 2019.

BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília, 2018.

CABRAL, Raphaella Bahia Soares *et al.* *A câmara de nuvens como estratégia pedagógica para o ensino de raios cósmicos*. Revista Brasileira de Ensino de Física [online]. 2022, v. 44 [Acessado 11 Maio 2023], e20210397. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2021-0397>>

HAHNER, June E. *A mulher brasileira e suas lutas sociais e políticas: 1850-1937*. São Paulo: Brasileira, 1981.

HOOKS, Bell. *Teoria Feminista: da margem ao centro*. São Paulo: Perspectiva, 2019.

IBGE: Mulheres têm mais acesso ao ensino superior, mas ainda são minoria em áreas como engenharia e TI. ABRAFI. Publicado em 05 mar. 2021.

Disponível em <<https://www.abrafi.org.br/index.php/site/noticiasnovo/ver/4373/educacao-superior>> Acesso em 12 jun. 2023.

KELLER, Evelyn Fox. Qual foi o impacto do feminismo na ciência? *Cadernos Pagu*, n. 27, p. 13-14, 2006.

LERNER, Gerda. *A Criação do Patriarcado: História da opressão das mulheres pelos homens*. São Paulo: Cultrix, 2019.

LIMA, Carlos Alberto da Silva. Homenagem à professora Elisa Frota-Pessôa. 2003. In: SAITOVITCH, Elisa Maria Baggio *et al* (org). *Mulheres na física: casos históricos, panoramas e perspectivas*. São Paulo: Editora Livraria da Física (1ª ed.) 2015. p. 115-126. Disponível em http://www1.fisica.org.br/gt-genero/images/arquivos/Mulheres_Pioneiras_/livro-mulheres-na-fisica.pdf Acesso em 14 mai. 2023.

LUGONES, MARÍA. *Colonialidad y Género*. Tabula Rasa, Bogotá, n. 9, p. 73-102, Dec. 2008. Disponível em <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-24892008000200006&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 13 abr. 2023.

PARRA, Francisco A. *Raios cósmicos e a origem da vida: Uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de Raios Cósmicos no Ensino Médio*.

Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) - Universidade Federal do ABC - UFABC, 2019.

PERROT, Michelle. Escrever a história das mulheres. In: *Minha História das Mulheres*. Tradução de Ângela M.S Corrêa. São Paulo: Contexto, 2007.

_____. *As mulheres ou os silêncios da história*. Tradução de Viviane Ribeiro. Bauru. EDUSC. 2005, 520p.

QUIJANO, Aníbal. “Colonialidade do poder, eurocentrismo e América Latina”. In: LANDER, Edgardo (org). *A colonialidade do saber: eurocentrismo e ciências sociais. Perspectivas latinoamericanas*. CLACSO, Buenos Aires, Argentina. 2005.

ROSSITER; MARGARET. Writing women into Science. In: MONROE, Jonathan (Ed.). *Writing and revising the disciplines*. Cornell University Press, 2002.

SAFFIOTI, Heleieth; VARGAS MUÑOZ, M. Novas perspectivas metodológicas de investigação das relações de gênero. *Mulher em foco*, v. 6, 1991.

SARAN, Marina Cláudia Brustello. *Astrofísica de partículas na sala de aula: uma sequência de ensino e aprendizagem sobre raios cósmicos para o ensino médio*. Dissertação (Mestrado em Ciências Exatas e da Terra) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2012.

SCHIEBINGER, Londa. *O feminismo mudou a ciência?* Bauru: Edusc, p. 32, 2001.

SEGATO, Rita Laura. Género y colonialidad: en busca de claves de lectura y de un vocabulario estratégico descolonial. In BIDASECA, Karina; VASQUEZ LABA, Vanessa (orgs). *Feminismos y poscolonialidad: descolonizando el feminismo desde y en America Latina*. Buenos Aires: Editora Godot, 2011.

SOIHET, Rachel. História das mulheres e história de gênero: um depoimento. *Cadernos Pagu*, n. 11, 1998.

SOUSA, Willian Ferreira de. *Inserção de conceitos de Física de Partículas Elementares no Ensino Médio por meio de um material paradidático*. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade de Brasília – UnB, Brasília, 2016.

SUNKEL, Osvaldo. Introducción: La interacción entre los estilos de desarrollo y el medio ambiente en América Latina. In: SUNKEL, O.; GLIGO, N. *Estilos de desarrollo y medio ambiente en la America Latina*. Cidade do México: Fondo de Cultura Economica, 1980.

WALSH, Catherine. Interculturalidad Crítica/Pedagogia decolonial. In: *Memórias del Seminario Internacional “Diversidad, Interculturalidad y Construcción de ciudad”*, Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional 17-19 de abril de 2007.

ANEXO I - CADERNO DE IMAGENS



Imagem I - Elisa Frota-Pessoa nasceu no Rio de Janeiro em 17 de janeiro de 1921. É física e autora de trabalhos internacionalmente importantes a partir de seus estudos com emulsões nucleares. É uma das desbravadoras do ensino da física no Brasil e uma das fundadoras do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF). É membro da Academia Brasileira de Ciências e professora emérita do CBPF. Fonte: Linhares (2018 p. 172).



Imagem II - Neusa Margem (Campos dos Goytacazes, 29 de agosto de 1926 – Rio de Janeiro, 2 de maio de 2015), foi uma física, uma das pioneiras no estudo de física de partículas no Brasil. Foi condecorada patrona da Academia Líbano Brasileira de Letras, Artes e Ciências, ocupando a cadeira 23. Fonte: Academia Líbano Brasileira de Letras, Artes e Ciências. Disponível em <https://synapsedesign.com.br/academiateste/portfolio-item/mansour-chalita/> Acesso em 13 jun. 2023.

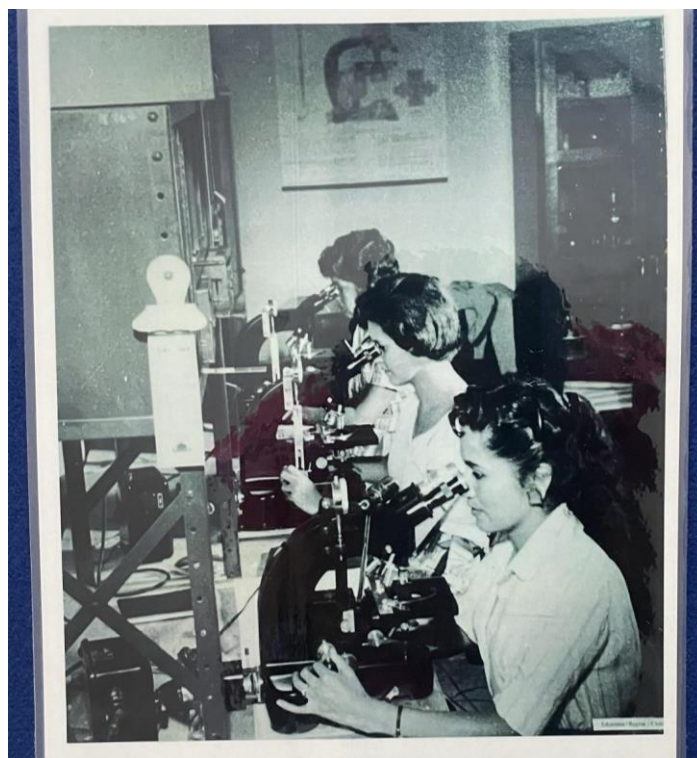


Imagem III - Microscopistas Edsonina, Regina e Clotilde da equipe de Elisa e Neusa, CBPF, década de 1960. Fonte: reprodução da autora de arquivo do MAST em maio de 2023.

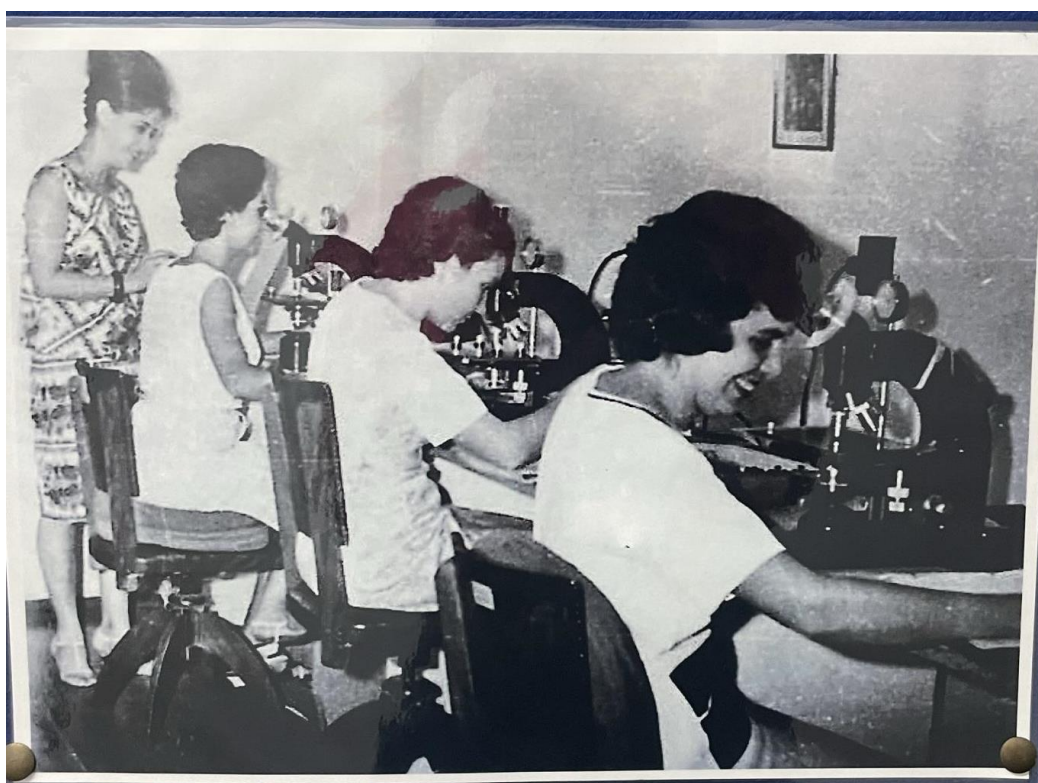


Imagem IV - Microscopistas Edsonina, Therezinha e Dulce, equipe de Elisa e Neusa, CBPF, década de 1960. Fonte: reprodução da autora de arquivo do MAST em maio de 2023.

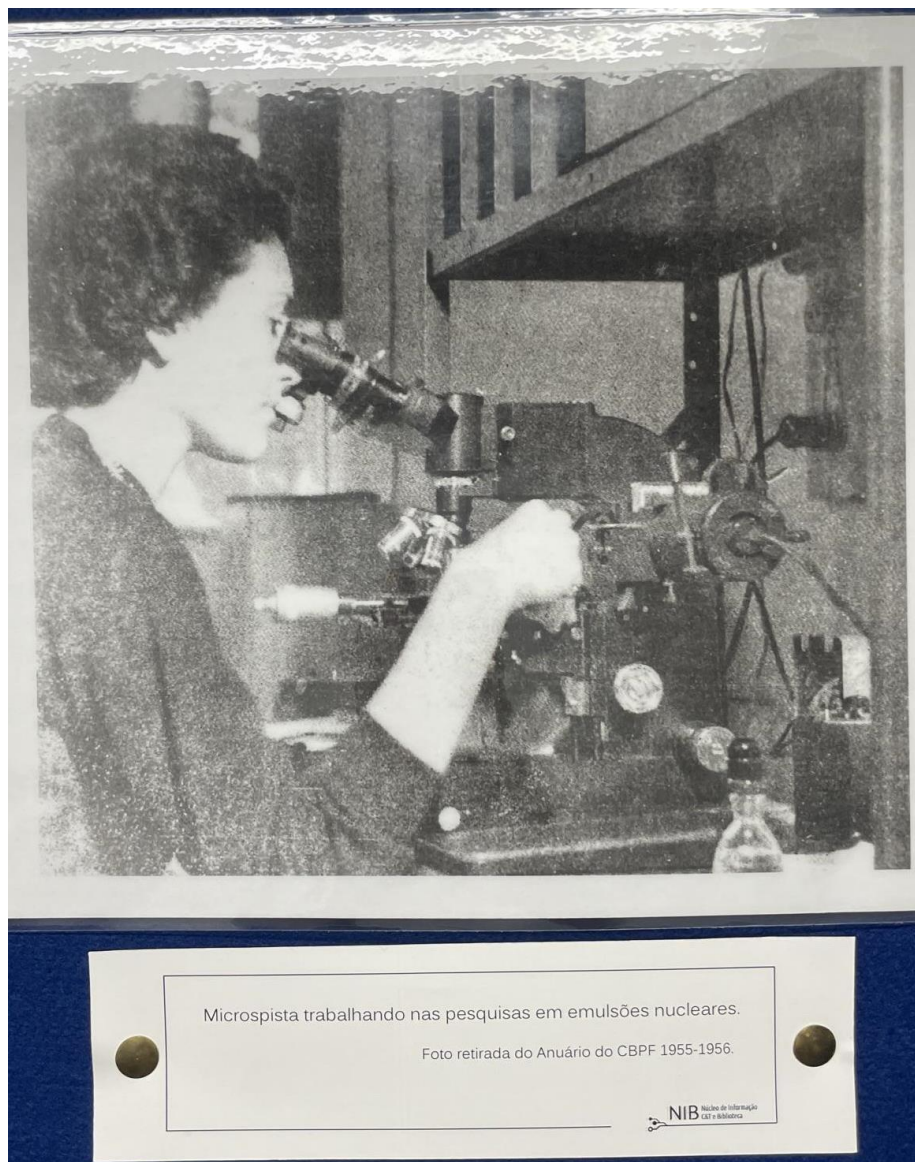


Imagem V - “Microscopista trabalhando nas pesquisas em emulsões nucleares. Foto retirada do Anuário do CBPF 1955-1956”. Nome da microscopista não informado. Fonte: reprodução da autora de arquivo do MAST em maio de 2023.

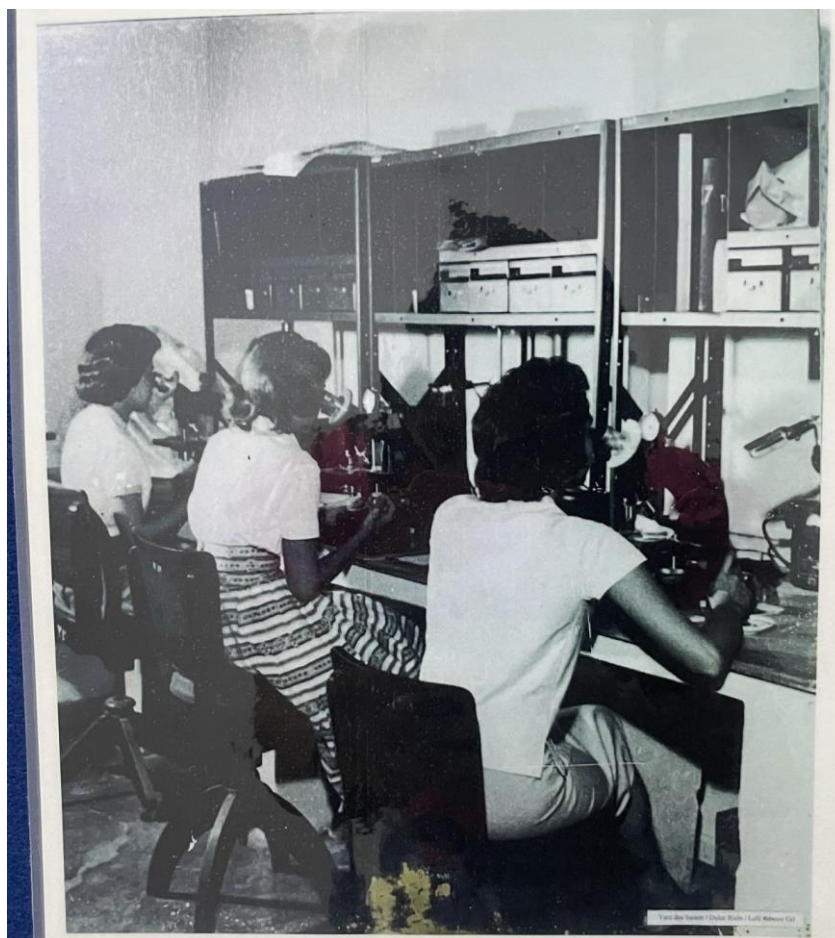


Imagem VI - Microscopistas Yara dos Santos, Dulce Rielo e Lelé Ribeiro Gil. CBPF, década de 1960. Fonte: reprodução da autora de arquivo do MAST em maio de 2023.



Imagem VII - Microscopistas do CBPF, década de 1960. Fonte: reprodução da autora de arquivo do MAST em maio de 2023.

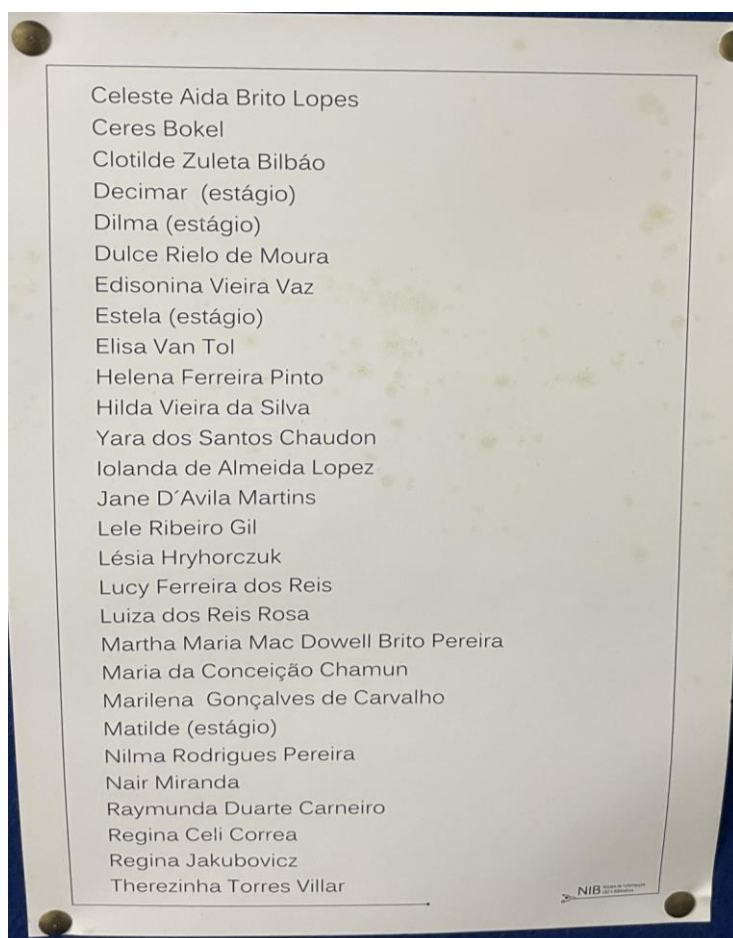


Imagem VIII - Relação dos nomes das microscopistas do CBPF, década de 1960. Fonte: reprodução da autora de arquivo do MAST em maio de 2023.

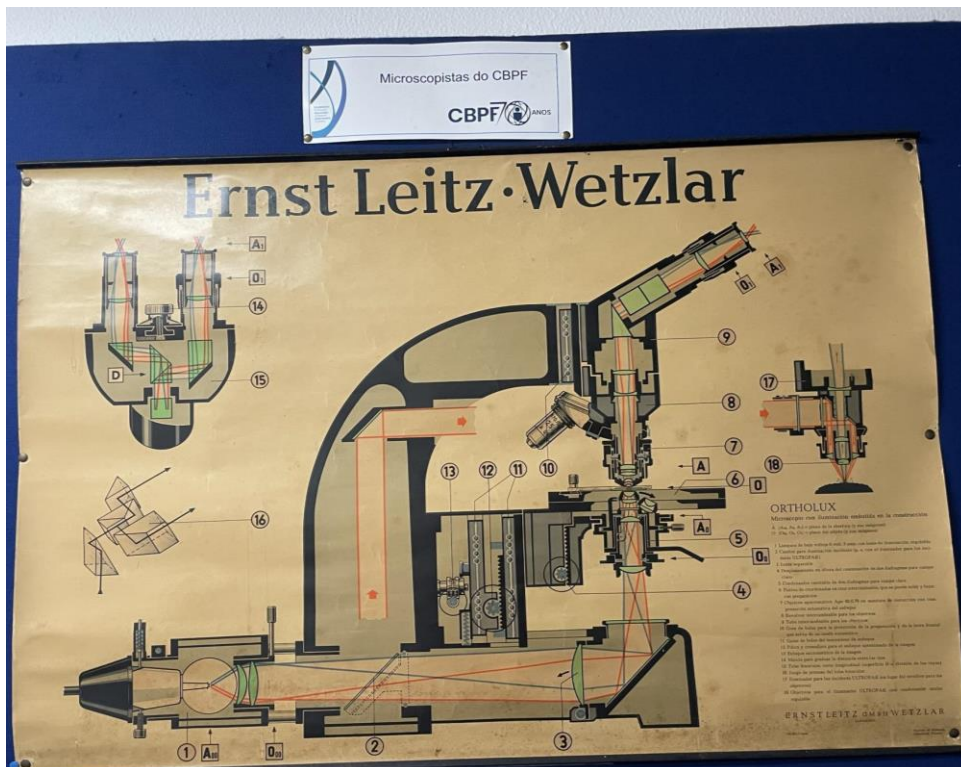


Imagem IX - Ilustração do equipamento utilizado pelo grupo de microscopistas do CBPF, na década de 1960. Fonte: reprodução da autora de arquivo do MAST em maio de 2023.