

Neusa Amato e suas contribuições para as pesquisas em raios cósmicos no Brasil

Neusa Amato and her contributions about cosmic ray research in Brazil

Laura Sued Brandão Santos^{*1}, Indianara Silva¹

¹Universidade Estadual de Feira de Santana, Departamento de Física, Feira de Santana, BA Brasil.

Recebido em 01 de junho de 2024. Revisado em 20 de agosto de 2024. Aceito em 15 de setembro de 2024.

Este artigo investiga a trajetória e as contribuições de Neusa Amato para a física brasileira em diálogo com os estudos de gênero e ciência. Neusa Amato, uma das pioneiras na pesquisa com emulsões nucleares no Brasil, teve um papel fundamental na institucionalização da física no país, especialmente no estudo de raios cósmicos e física de partículas. Utilizando uma metodologia baseada em levantamento de literatura secundária, bem como uma entrevista concedida por Neusa ao Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), construímos uma narrativa histórica que destaca a importância de suas publicações e sua liderança no Laboratório de Emulsões Nucleares do CBPF e na Colaboração Brasil-Japão (CBJ). A análise também enfoca os desafios enfrentados por Neusa como mulher cientista em um campo dominado por homens, sublinhando as barreiras de gênero que marcaram sua carreira. Este trabalho contribui para uma historiografia da ciência no Brasil ao trazer à luz a relevância das contribuições de Neusa Amato para a institucionalização da física brasileira.

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

This article investigated the trajectory and contributions of Neusa Amato to Brazilian physics in dialogue with gender and science studies. Neusa Amato, one of Brazil's pioneers in nuclear emulsion research, played a fundamental role in the country's institutionalization of physics, especially in the study of cosmic rays and particle physics. Using a methodology based on primary and secondary literature review, as well as an interview granted by Neusa to the Brazilian Center for Research in Physics (CBPF), we constructed a historical narrative that highlights the importance of her publications and her leadership in the Nuclear Emulsions Laboratory of CBPF and the Brazil-Japan Collaboration (CBJ). The analysis also focuses on Neusa's challenges as a female scientist in a male-dominated field, underscoring the gender barriers that marked her career. This work contributes to the historiography of science in Brazil by bringing to light the relevance of Neusa Amato's contributions to the institutionalization of Brazilian physics.

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

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 [1].

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 [2]. De acordo com Knobel et al., “[...] as mulheres tiveram uma atuação importante, entretanto, muitas vezes invisível na construção da física no Brasil” [3].

*Endereço de correspondência: laurasantos08@gmail.com

Mesmo figurando em um contexto histórico marcado por uma implacável discriminação e exclusão de gênero, a física Neusa Amato¹ 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 hegemônica masculina da época. O físico Alfredo Marques, ao relatar sobre a contribuição de Elisa Frota-Pessôa e Neusa Margem, chega a afirmar que “não é um 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”. Marques, apesar de não se considerar um historiador, dedicou-se à produção de biografias e textos memorialistas sobre seus colegas no final de sua carreira [4].

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 [4–6].

Diante disto, este artigo tem como objetivo apresentar a trajetória e as contribuições da brasileira Neusa Amato para a física, a fim de contribuir 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 190 trabalhos.

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 [7–10] para, em seguida, tecermos uma crítica que diz respeito à 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 [4–6, 11], 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, utilizamos uma fonte primária, uma entrevista com duração de mais de uma hora, gravada em vídeo e 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. Além da entrevista, o acervo incluía fotos e arquivos pessoais de Neusa Amato. Parte dessa entrevista pode ser vista no YouTube.²

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.

Ao analisar a trajetória de Neusa Amato, é essencial compará-la com outra pioneira da física no Brasil para contextualizar sua importância e destacar suas contribuições únicas. Enquanto Elisa Frota-Pessôa se destacou principalmente por suas pesquisas em radioatividade e emulsões nucleares, Neusa Amato teve uma abordagem mais diversificada, contribuindo significativamente para o desenvolvimento de estudos em física teórica. Ambas tiveram papéis centrais na criação de novas áreas de estudo no país, mas como colaborações de Neusa, como sua coautoria com Elisa no primeiro artigo do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), demonstram sua capacidade de integrar diferentes vertentes da física. Essa complementaridade entre as duas mostras como Neusa não apenas sofreu, mas também expandiu o caminho que Elisa ajudou a pavimentar, consolidando-se como uma figura igualmente fundamental para a física brasileira.

Neusa Amato possui uma trajetória que se destaca por vários motivos. Além de ser coautora do primeiro artigo do CBPF, ela foi responsável pela manutenção do Laboratório de Emulsões Nucleares do CBPF por muitos anos. Essa responsabilidade incluiu a gestão de uma técnica complexa e crucial para o estudo das interações de raios cósmicos, o que colocou o Brasil em uma posição de destaque internacionalmente.

Outro ponto importante foi sua liderança na Colaboração Brasil-Japão (CBJ). Embora a CBJ tenha contado com a participação de pesquisadores brasileiros de várias instituições, incluindo a USP e a UNICAMP, e tenha tido Cesar Lattes como diretor da parte brasileira do projeto, Neusa Amato foi coordenadora apenas das atividades do programa desenvolvidas no CBPF. Sob sua coordenação no CBPF, a CBJ realizou descobertas significativas e contribuiu de maneira importante para o entendimento das partículas elementares, sendo uma das colaborações internacionais mais duradouras e

¹ 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.

² Parte da entrevista concedida por Neusa Amato ao professor Cássio Vieira pode ser vista no YouTube, disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=WwKHmVenFik>.

produtivas do CBPF. Essa colaboração não só fortaleceu a pesquisa científica no Brasil, mas também estabeleceu um elo importante entre cientistas brasileiros e japoneses, promovendo um intercâmbio de conhecimentos e técnicas.

Neusa também teve um papel fundamental na formação de novos cientistas. Ela treinou diversas gerações de pesquisadores e microscopistas, muitos dos quais se tornaram físicos renomados. Seu compromisso com a educação e a formação de jovens cientistas ajudou a fortalecer a base da física experimental no Brasil.

Neusa Amato se destaca pela longevidade de sua carreira no CBPF, sua liderança em projetos internacionais e seu papel crucial na manutenção e desenvolvimento do Laboratório de Emulsões Nucleares. Enquanto Elisa foi uma figura central no início da física experimental no Brasil, ambas fizeram contribuições importantes em suas áreas, Neusa continuou a desenvolver e expandir essas bases ao longo de várias décadas, consolidando o prestígio do CBPF e contribuindo para a formação de novos cientistas.

Portanto, ao considerar o impacto de suas publicações, sua liderança em colaborações internacionais e sua dedicação à formação de novos cientistas, podemos afirmar que Neusa Amato é uma das físicas pioneiras mais importantes na história da física no Brasil. Sua trajetória exemplifica a excelência científica e a superação de barreiras significativas em um campo dominado por homens, justificando assim seu reconhecimento como uma das mais importantes pioneiras da física no Brasil.

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.

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 [12, 13]. 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 [14]. 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 [15–17].

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 [1]. 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 [18].

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 [19].

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 [20].

Assim, contrariando todas as probabilidades, 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-Pessoa³ e Neusa

³ Elisa Frota-Pessoa (1921–2018) é considerada a primeira física experimental brasileira, uma das fundadoras do Centro Brasileiro

Amato (então Margem), em uma área estritamente masculina, sobretudo naquela época [21]. 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 múon⁴. Com tais descobertas, estabeleceu-se debates acalorados que durariam exatamente uma década sobre as características dessas novas partículas, culminando assim, no que ficou conhecido como Clube do Méson, constituído por um grupo de físicos ao qual Yukawa pertencia [22].

A descoberta de uma nova partícula, o méson, se deu a partir dos esforços de César Lattes⁵, 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 era sabido 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 [22].

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.

⁴ 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).

⁵ 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.

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 próton⁶. 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 [22].

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 reconhecem sua contribuição para a descoberta do méson π (pión), enquanto outra reconhece seu papel na geração artificial dessa mesma partícula em 1948 [23].

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 no CBPF [4].

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 Neusa Amato é convidada para integrar o seletivo grupo de pesquisadores do recém-criado departamento de Emulsões Nucleares do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), em 1949, aos 23 anos. Elisa Frota-Pessôa, que era cinco anos mais velha e já havia concluído uma pós-graduação na USP, foi professora de Neusa na FNF i e sugeriu a Lattes que a convidasse. Nesse período inicial, Neusa atuou como assistente de Elisa, ganhando mais autonomia com o passar dos anos. Mesmo que a introdução da técnica tenha se dado posteriormente à origem dela, datada 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

⁶ Este deveria ser cerca de 2 mil vezes mais ‘pesado’ que o elétron. Aproximadamente 200 vezes a massa do elétron.

em física de partículas, elementares e física nuclear [24]. Um ano após sua entrada no CBPF, Neusa publica, juntamente com Elisa Frota-Pessoa, o primeiro estudo do CBPF, um marco significativo para a instituição. No entanto, apesar da importância do trabalho, ele terminou tendo pouca visibilidade internacional por ter sido publicado em português nos Anais da Academia Brasileira de Ciências, uma revista de circulação restrita. A escolha pela publicação em uma revista nacional reflete as pressões institucionais e as coerções da ciência na época, que frequentemente relegavam as contribuições das mulheres a um papel secundário. Essa situação exemplifica como, ao longo da história, as mulheres muitas vezes desempenharam papéis anônimos e invisíveis, apoiando os homens que estavam no centro do palco [47].

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 estranhas⁷ pelos físicos ingleses George Dixon Rochester e Clifford Charles Butler. Os grupos de pesquisa de várias partes do mundo lançaram-se ao programa de investigações sobre partículas estranhas, expondo emulsões nucleares à radiação 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 [4, 25]. 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 cooperação entre a USP, a UNICAMP, o CBPF e instituições japonesas, como 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 (Figura 1).

⁷ 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 [26].



Figura 1: 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 no CBPF 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 [22]. A partir de 1969 Neusa Amato assume a coordenação do CBJ no CBPF, 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.

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 [5]. 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 (FNFfi) da Universidade do Brasil [26]. A futura física teve um importante auxílio do professor Süsskind 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 Süsskind 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 Süsskind, 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 [27].

Tendo sido destaque como aluna de Física, foi convidada pelo professor César Lattes para trabalhar com a professora Elisa Frota-Pessôa no recém fundado CBPF [5]. 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, perai, 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] [27].

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 [27].

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, atual professora de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro, e Sérgio.

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 [11]. 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” [27].

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 [5].

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 [4, 5].

Em maio de 2015, Neusa Amato foi oficialmente reconhecida como uma pioneira da Física no Brasil em uma série de eventos e publicações que revisitaram sua trajetória e contribuições. Esse reconhecimento ocorreu no contexto de um movimento mais amplo de valorização histórica das mulheres na ciência, que buscava resgatar figuras femininas que, como Neusa, foram muitas vezes subvalorizadas ou invisibilizadas ao longo de suas carreiras. A nomeação de Neusa como pioneira da física foi o resultado de décadas de contribuições significativas para o campo, como seu trabalho ao lado de Elisa Frota-Pessôa no primeiro artigo do CBPF, sua dedicação à pesquisa e ensino, e sua influência sobre as gerações subsequentes de cientistas. Essa distinção em 2015 reflete a maior visibilidade que as mulheres na ciência têm recebidas, corrigindo lacunas históricas e oferecendo um reconhecimento mais justo e formal de suas conquistas.

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



Figura 2: A microscopista Teresinha, Professor Arata e Professora Neusa – CBPF março de 1997. Fonte: Arquivo do MAST. Registro do arquivo feito pela autora em 2023.

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 [27].

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 [4]. Ela faleceu em 02 de maio de 2015, aos 88 anos de idade (Figura 2).

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 uma significativa repercussão na comunidade científica e acadêmica nacional e internacional. Na Física, em particular, mostrou 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 [4].

A esse aspecto inicial da sua carreira nós observamos algumas barreiras concernentes aos processos de

segregação institucional [1]. 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 FNF, 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 [4].

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 [5]. 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 [5].

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 [22]. 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 [6].

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 [4].

O grupo liderado por Neusa deu contribuições importantes [4]. A física acolheu de forma honrosa e gentil todos os pesquisadores que tiveram sua passagem pelo CBPF [5], como no caso do professor Francisco Mendes de Oliveira Castro⁸ e de numerosos professores visitantes japoneses, dentre esses o físico Mituo Taketani⁹ 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

⁸ 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 [28].

⁹ 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 [28].

de análise de interações da radiação cósmica através da observação dos chuviscos eletromagnéticos desenvolvidos em câmaras de emulsões¹⁰, 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 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 [5]. 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 [5].

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”, 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 [29].

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” [29]. 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 [4]. A própria Neusa relata, com humor: “[...] olha, eu posso dizer assim, parece até que eu quero me esnobar, 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” [27].

Vale mencionar o relato de um episódio divertido concedido 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 [27].

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? [27]

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

¹⁰ 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 [5].

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 [5].

A física era determinada e possuía um grande carisma que rodeava todos à sua volta [5]. 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 [4].

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 [4].

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.

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 méson π^+ , 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 [5].

Um dos principais resultados das primeiras análises das emulsões trazidas por Lattes foi a determinação com precisão de maior probabilidade de decaimento do pión 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 traços dos mésons que foram detectados 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 [30].

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 do primeiro artigo do CBPF estava mais diretamente relacionada à urgência de apresentar resultados e consolidar rapidamente o nome da instituição. Embora o artigo tenha sido solicitado e aceito por uma revista americana, Cesar Lattes optou por não seguir os critérios de alterações e preferiu publicá-lo rapidamente na Academia Brasileira de Ciências, acreditando que seria mais importante para o CBPF, ainda em seus primeiros anos, demonstrando resultados concretos para a comunidade científica nacional. Lattes estava liberado com a possibilidade de firmar o CBPF no cenário científico brasileiro, o que, segundo ele, parecia mais estratégico naquele momento. 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 [31].

A decisão de Lattes, por mais pragmática que tenha sido para o fortalecimento imediato do CBPF, resultou em uma frustração para Elisa, pois o trabalho perdeu parte de seu impacto ao não figurar inicialmente em uma publicação internacional. A urgência de consolidar uma instituição recém-criada pesou sobre a decisão de Lattes, mas isso teve implicações sobre o reconhecimento mais amplo e internacional dos resultados da pesquisa. Essa escolha crítica ilustra o conflito entre a ambição científica individual e os interesses institucionais emergentes na época. Nesse sentido, o excerto acima foi extraído de uma entrevista da física Elisa Frota-Pêsoa, 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 [26, 32].

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 [27].

O ano era 1955 quando o trabalho dos autores, Mário B. Aragão, Elisa Frota-Pessôa e Neusa Margem foi apresentado 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*” [33]. 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 autorradiografia¹¹. 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 [33].

Segundo o depoimento de Neusa Amato, o trabalho sobre o alcance do voo do mosquito foi o primeiro em que ela e Elisa Frota-Pessôa utilizaram emulsões nucleares. No entanto, uma análise crítica revela que esse trabalho ocorreu após a chegada de César Lattes ao Brasil, trazendo emulsões de Berkeley, e não antes, como pode ter sido sugerido pela memória da professora Neusa. De acordo com registros históricos, Elisa Frota-Pessôa começou a trabalhar com emulsões nucleares somente após sua transferência para o CBPF em 1949, quando Lattes retornou dos Estados Unidos. Neusa Amato, por sua vez, se juntou ao projeto alguns meses depois. O trabalho experimental sobre o alcance de voo do mosquito, que envolveu Mário Aragão, Elisa Frota-Pessôa e Neusa Amato, foi concluído em agosto de 1952 e resultou em uma publicação preliminar pelo CBPF. Esse estudo pioneiro contribuiu significativamente para a marcação de mosquitos e para a pesquisa em ciências médicas e biomédicas, permitindo uma análise mais

¹¹ 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.

precisa da população, distribuição e comportamento dos insetos vetores da malária. Embora a lembrança de Neusa Amato situe o início desse trabalho antes do envolvimento de Lattes com emulsões nucleares, as evidências sugerem que esse estudo se deu após a consolidação da técnica no CBPF.

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*” [34], 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.

O estudo de Neusa Amato e Elisa Frota-Pessôa sobre a irradiação de mosquitos teve um impacto significativo nas pesquisas biológicas da época e serviu de base para avanços subsequentes na utilização de radioisótopos em entomologia. A aplicação de isótopos radioativos, como o fósforo-32 (P-32) e o estrôncio-89 (Sr-89), permitiu um rastreamento preciso do comportamento dos mosquitos, incluindo seu alcance de voo e dispersão, aspectos cruciais para o controle de vetores de doenças como a malária. A técnica de “marcação” dos mosquitos revolucionou a forma como os pesquisadores podiam estudar a ecologia e a fisiologia desses insetos, proporcionando dados quantitativos sobre sua distribuição e movimentação em diferentes ambientes.

O trabalho de Leonard J. Bruce-Chwatt, que também utilizou radioisótopos para estudar o controle de mosquitos, mostrou a eficácia e versatilidade dessa técnica. Ele demonstrou que a marcação com radioisótopos era ideal para entomologia, combinando a facilidade de aplicação em massa com a persistência da marcação e a ausência de efeitos biológicos adversos significativos. Suas pesquisas confirmaram a utilidade dos radioisótopos para rastrear mosquitos e estudar a resistência a inseticidas e os efeitos biológicos da radiação [34].

Os avanços de Bruce-Chwatt foram amplamente influenciados pelo trabalho inicial de Neusa e Elisa, que estabeleceram a viabilidade da marcação radioativa em mosquitos. Essa técnica foi utilizada para investigar a transmissão de doenças, os hábitos de alimentação e os ciclos de vida dos mosquitos. Além disso, Bruce-Chwatt e outros pesquisadores expandiram a aplicação dos radioisótopos para incluir estudos sobre a genética e a ecologia das populações de mosquitos, bem como para desenvolver novos métodos de controle de pragas.

Neste contexto, o estudo de Neusa Amato e Elisa Frota-Pessôa teve um impacto significativo nas pesquisas

biológicas e serviu de base para avanços subsequentes na utilização de radioisótopos em entomologia, revolucionando a forma como os pesquisadores podiam estudar a ecologia e a fisiologia dos mosquitos. A importância dessa técnica pioneira foi amplamente reconhecida e permitiu que outros pesquisadores continuassem a expandir seu uso em novos estudos.

Complementando essa linha de pesquisa, estudos como o “*Study of the Dispersion and Flight Range of Anopheles Sergenti Theo*” e “*The Bionomics of Culex Salinarius, Coquillett*” demonstram a aplicação prática dessas técnicas inovadoras. O primeiro artigo investigou o alcance de voo e a dispersão do *Anopheles sergenti* usando isótopos radioativos, fornecendo dados essenciais para entender a dinâmica de dispersão dos vetores em regiões áridas [48]. Esse estudo mostra como os avanços tecnológicos aprimoram as estratégias de controle de vetores discutidas inicialmente em “*Practical Malariology*” [49]. Já o artigo “*The Bionomics of Culex Salinarius, Coquillett*” analisa a biologia e os hábitos do mosquito *Culex salinarius*, reforçando a importância do conhecimento detalhado dos vetores para o desenvolvimento de intervenções mais eficazes [50].

O livro “*Practical Malariology*” representa uma obra seminal na compreensão e controle da malária. Com 750 páginas de conteúdo detalhado, o livro aborda a epidemiologia da doença, ciclo de vida do parasita, características dos vetores e estratégias de tratamento e controle. Essa obra tem desempenhado um papel fundamental na formulação de políticas de saúde pública e no direcionamento de pesquisas científicas focadas na erradicação da malária.

A importância dos trabalhos de Neusa Amato e Elisa Frota-Pessôa, assim como o impacto do “*Practical Malariology*”, reside na contribuição substancial para a compreensão e controle da malária. A técnica de marcação com radioisótopos desenvolvida por Neusa e Elisa, e posteriormente aprimorada por pesquisadores como Bruce-Chwatt, permitiu avanços significativos na entomologia e no controle de vetores. Esses métodos proporcionaram uma visão detalhada dos padrões de comportamento e dispersão dos mosquitos, fundamentais para a implementação de estratégias eficazes de controle da malária. Além disso, forneceu uma base teórica e prática para profissionais de saúde, facilitando a aplicação de medidas de controle baseadas em evidências científicas robustas. Assim, tanto as técnicas inovadoras quanto o conhecimento detalhado fornecido por esses trabalhos são essenciais para a biologia e a saúde pública, contribuindo para a redução da incidência de malária e outras doenças transmitidas por mosquitos, melhorando a qualidade de vida e a saúde das populações afetadas.

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 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 γ -Hádrons Detectadas em Câmaras de Emulsão Nuclear” que discorrem sobre a tendência de alinhamento das cores mais energéticas nas superfamílias das partículas gamas e hádrons¹².

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 [36]. 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 Centauro¹³, 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 [36].

Dessa forma, os resultados obtidos pela física e demais, apontaram para um alinhamento das 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.

¹² 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 [38].

¹³ 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 [39].

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” [37]. 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 $\mu + / \mu -$ Ratio at Sea Level and the n/p e $n / (p + \pi \pm)$ Ratios” [37]. 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 $\mu + / \mu -$ 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 [40].

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 [37]. 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” [41], 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 [41].

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)¹⁴. 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*”¹⁵ na região de fragmentação e/ou um crescimento mais rápido da seção de choque do tipo $\ln 2E$ [41].

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 [11].

A CBJ ajudou a consolidar o CBPF como um centro de excelência em física de partículas elementares, contribuindo significativamente para o desenvolvimento da ciência no Brasil. Entre os resultados mais importantes dessa colaboração estão os avanços na compreensão da natureza dos raios cósmicos e o desenvolvimento de novos detectores de partículas, que permitiram a observação detalhada de partículas de alta energia. A CBJ desempenhou um papel crucial na formação

de uma geração de físicos brasileiros de alto nível, que continuaram a contribuir significativamente para a área de física de partículas elementares. A colaboração incentivou a troca de conhecimentos e técnicas entre cientistas brasileiros e japoneses, impactando a educação e formação de novos cientistas, muitos dos quais se tornaram professores e líderes em institutos de pesquisa, expandindo a física de partículas no Brasil [22].

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 [43]. 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 [44].

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

¹⁴ São analisados eventos de múltiplas partículas de alta energia pela indução de radiação cósmica na atmosfera. As partículas que chegam ao detectores 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 detectores [42].

¹⁵ 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 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.

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 [45].

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.

Ademais, “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” [43]. Em outras palavras, poderíamos dizer que, 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 [1]. 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, colocaram o Brasil no seleto grupo de países com tecnologias avançadas, como aceleradores, e recursos financeiros e humanos. Nesse contexto, a escolha das publicações analisadas neste estudo recaiu sobre os trabalhos do início dos anos 1950 e de alguns dos anos 1990, em parte pela facilidade de acesso a esses materiais, disponíveis em plataformas online, e também pelo significativo número de citações que tais publicações receberam ao longo do tempo, evidenciando seu impacto na comunidade científica. Embora as décadas de 1970 e 1980 também sejam períodos fundamentais, a dificuldade de acesso aos textos desses anos impediu uma análise mais detalhada. Contudo, ao longo de sua carreira, Neusa Amato soube adaptar-se e expandir suas áreas de pesquisa, acompanhando as mudanças no cenário científico global e respondendo às necessidades da pesquisa experimental

no Brasil. Sua evolução profissional, desde os estudos pioneiros com emulsões nucleares até a incorporação de novas tecnologias e colaborações internacionais, foi decisiva para o fortalecimento da física experimental no país, sublinhando sua capacidade de adaptação e seu papel central no desenvolvimento científico brasileiro.

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 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 [22].

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 [46].

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. A maternidade não deveria, em hipótese alguma, ser um impeditivo para a realização profissional de cientistas mulheres.

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.

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 [27].

Referências

- [1] L. Schiebinger, *O feminismo mudou a ciência?* (Edusc, Bauru, 2001).
- [2] F.F. Silva e P.R.C. Ribeiro, Bauru **20**, 449 (2014).
- [3] M. Knobel, Caderno Brasileiro de Ensino de Física **37**, 1004 (2020).
- [4] A. Marques, *Neusa Amato dos Vinte aos Oitenta* (CBPF, Rio de Janeiro, 2007).
- [5] E.M.B. Saitovitch, R.Z. Funchal, M.C.B. Barbosa, S.T.R. de Pinho e A.E. Santana, *Mulheres na física: casos históricos, panorama e perspectivas* (Livraria da Física, São Paulo, 2015).
- [6] C.L. Vieira e A.A.P. Videira, Revista Brasileira de Ensino de Física **33**, 2603 (2011).
- [7] J.C. Ribeiro, *História das Ciências no Brasil* (Melhoramentos, São Paulo, 1955).
- [8] S. Motoyama, *História das ciências no Brasil* (EU, São Paulo, 1979).
- [9] A.A.P. Videira, *Historiografia e história da ciência. Escritos* (Revista da Casa de Rui Barbosa, Rio de Janeiro, 2007), v. 1.
- [10] J.M.F. Bassalo, *As Raízes da Física Brasileira* (CBPF, Rio de Janeiro, 1990).
- [11] H. Melo e L. Rodrigues, *Pioneiras da ciência do Brasil* (Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, Rio de Janeiro, 2013).
- [12] S. Wilkinson, *Feminist social psychology: Developing theory and practice* (Open University Press, Philadelphia, 1986).
- [13] U. Osterkamp, Theory & Psychology **19**, 167 (2009).
- [14] T.R. Lino e C. Mayorga, Saúde & Transformação Social / Health & Social Change **7**, 96 (2016).
- [15] M.W. Rossiter, *Women scientists in America: Struggles and strategies to 1940* (JHU Press, Maryland, 1982).
- [16] M.W. Rossiter, Social studies of science **23**, 325 (1993).
- [17] E.F. Keller, Cadernos Pagu **27**, 13 (2006).
- [18] S. Beauvoir, *O Segundo sexo* (Nova Fronteira, Rio de Janeiro, 2009).
- [19] J.W. Scott, Porto Alegre **20**, 2 (1995).
- [20] A. Veiga-Neto e G.C. Branco, *Foucault: Filosofia & Política* (Autêntica, Belo Horizonte, 2011).
- [21] G. Bezerra e M.C. Barbosa, *Mulheres na Física no Brasil* (Sociedade Brasileira de Física – 50 anos, Rio de Janeiro, 2016).
- [22] C.L. Vieira, *Um mundo inteiramente novo se revelou: A técnica das emulsões nucleares*. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro (2009).
- [23] A.A.P. Videira, *Historiografia e história da ciência* (Revista da Casa de Rui Barbosa, Rio de Janeiro, 2007), v. 1.
- [24] C.L. Vieira e A.A.P. Videira, Fenix: Revista de História e Estudos culturais **4**, 1 (2011).
- [25] H.D. Tavares, A. Bagdonas e A.A.P. Videira, Historical Studies in the Natural Sciences **50**, 248 (2020).
- [26] H.P. Melo e L. Rodrigues, *Pioneiras da ciência do Brasil* (Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, Rio de Janeiro, 2006).
- [27] N. Amato, *Entrevista concedida ao CBPF em 28 de janeiro de 2009* (Arquivo pessoal do prof. Cássio Vieira, Rio de Janeiro, 2009).
- [28] A. Marques e L.A. Medeiros, *Relembrando Oliveira Castro* (Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, Rio de Janeiro, 1997).
- [29] A.M.F. Endler, *Perseverança: minha história como uma das primeiras pesquisadoras na área de física no Brasil* (CBPF, Rio de Janeiro, 2021).
- [30] E. Frota-Pessôa e N. Margem, Academia Brasileira de Ciências **22**, 372 (1950).
- [31] M. Borba, *Elisa Frota-Pessoa, suas pesquisas com emulsões nucleares e a Física no Brasil* (Cosmos & Contexto, Rio de Janeiro, 2012).
- [32] M.L. Moreira e L. Velho, Cadernos Pagu **35**, 279 (2010).
- [33] M.B. Aragão, E. Frota-Pessôa e N. Margem, Revista Brasileira de Malariologia **10**, 525 (1956).
- [34] L.J. Bruce-Chwatt, *Bulletin of the World Health Organization* **15**, 491 (1956).
- [35] R.A. Mukhamedshin, *Bull. Soc. Sci. Lettr. Lodz, Ser. Rech. Def* **16**, 61 (1994).
- [36] N. Amato, F.M.O. Castro, R.H.C. Maldonado, H.M. Portella e A.S. Gomes, em: *Investigação sobre Correlação Angular de Partículas em Famílias Gamma – Hadron Detectadas por Câmara de Emulsão Nuclear* (Calgary, 1993).
- [37] H.M. Portella, R.H.C. Maldonado, A. Gomes, C.E.C. Lima, C.N. Ferreira, A.M.M. Lima, J.D.R. Lopes, E.M. Fernandes, A. Pacheco, M.A. Guimarães et al., *Hadron rich cosmic-ray families detected by emulsion chamber* (ICRC, Calgary, 1993).
- [38] P.A. Tipler e G. Mosca, *Física para cientistas e engenheiros: física moderna: mecânica quântica, relatividade e a estrutura da matéria* (Livros Técnicos e Científicos, Rio de Janeiro, 2006).

- [39] S.L.C. Barroso, *Análise de eventos Centauro*. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas (2001).
- [40] S.Q. Brunetto, *Um estudo do comportamento das componentes hadrônicas da radiação cósmica na atmosfera em altas energias*. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas (1990).
- [41] N. Amato, C.E.C. Lima, H.M. Portella, R.H.C. Maldonado e A.S. Gomes, em: *A Teoria dos Semigrupos e a Difusão das Componentes II Hadrônica e Eletromagnética na Atmosfera* (Minas Gerais, 1997).
- [42] J.A. Chinelatto, *Determinação das Características Principais e Análise de um evento ("Ursa Maior") de energia observada da ordem de 10 15 eV, detectado pela Câmara de Emulsões Nucleares, Filmes de Raio-X e Chumbo n.º 15 da Colaboração Brasil-Japão*. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas (1981).
- [43] M.P. Grossi e C.A. Rea, *Teoria feminista e produção de conhecimentos situados: ciências humanas, biológicas, exatas e engenharias*, editado por I. Lowy (Tribo da Ilha, Devires, Salvador, 2020).
- [44] H.P. Melo, L. Rodrigues, Cienc. Cult., São Paulo **70**, 3 (2018).
- [45] L. Scavone, Cadernos Pagu **16**, 137 (2001).
- [46] Comunicado de imprensa, *Cerimônia em homenagem aos 80 anos da Profa. Neusa Amato* (Centro Braileiro de Pesquisas Físicas – CBPF, Rio de Janeiro, 2006).
- [47] M.L.C. Linhares, *Elisa Frola-Pessoa: a textualização de suas (auto)representações e questões de gênero nas ciências*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis (2018).
- [48] A.A. Abdel-Malek, M.A. Abdel-Aal, Bulletin of the World Health Organization **35**, 968 (2024).
- [49] P.F. Russell, L.S. West, R.D. Manwell e G. Macdonald, *Practical Malariology* (Oxford University Press, Oxford, 1963).
- [50] F.J. Murphey, *The bionomics of Culex salinarius, Coquillett*. Tese de Doutorado, University of Delaware, Delaware (1961).