

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE MATEMÁTICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE MATEMÁTICA

MULHERES NA RELATIVIDADE GERAL, 1945–1968:
TRAJETÓRIAS, PROJETOS E O RENASCIMENTO DA TEORIA

Juliana Youssef Fernandes Silva

Rio de Janeiro – RJ

Setembro 2024

**MULHERES NA RELATIVIDADE GERAL, 1945–1968:
TRAJETÓRIAS, PROJETOS E O RENASCIMENTO DA TEORIA**

Juliana Youssef Fernandes Silva

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Matemática do Instituto de Matemática da Universidade Federal do Rio de Janeiro como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Ensino de Matemática.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Hartz Maia

Rio de Janeiro – RJ

Setembro 2024

CIP - Catalogação na Publicação

S586m Silva, Juliana Youssef Fernandes
Mulheres na relatividade geral, 1945–1968:
trajetórias, projetos e o renascimento da teoria /
Juliana Youssef Fernandes Silva. -- Rio de Janeiro,
2024.
82 f.

Orientador: Thiago Hartz Maia.
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do
Rio de Janeiro, Instituto de Matemática, Programa
de Pós-Graduação em Ensino de Matemática, 2024.

1. Relatividade Geral. 2. Gênero. 3. História da
Física. 4. História da Matemática. I. Maia, Thiago
Hartz, orient. II. Título.

Elaborado pelo Sistema de Geração Automática da UFRJ com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a), sob a responsabilidade de Miguel Romeu Amorim Neto - CRB-7/6283.

Aprovada em 25/09/2024

Thiago Hartz Maia

Doutor – IM/UFRJ, Presidente

Antonio Augusto Passos Videira

Doutor – UERJ

Carla Rodrigues Almeida

Doutora – UFBA

Ivã Gurgel (suplente)

Doutor – USP

Resumo

Nesta dissertação, apresentamos dois estudos sobre físicas e matemáticas que pesquisaram acerca da teoria da relatividade geral. Nos capítulos 1 e 4 apresentamos, respectivamente, a introdução e a conclusão desta dissertação. No capítulo 2, realizamos um levantamento de mulheres que trabalharam com relatividade geral de 1945 a 1968. Ao todo, identificamos 41 mulheres que se enquadram nessa categoria. Identificamos os temas com os quais trabalharam, os grupos de pesquisa dos quais elas participaram e os professores e professoras que orientaram as suas pesquisas. Enfocamos, em particular, as trajetórias das mulheres que trabalharam sobre relatividade geral de 1945 a 1959, período no qual essa teoria passou por uma intensa renovação conhecida na literatura da história da ciência como o “renascimento” da relatividade geral. No capítulo 3, analisamos em mais detalhes duas dessas cientistas, que desempenharam um papel importante nesse “renascimento”, a saber, as francesas Cécile DeWitt-Morette e Marie-Antoinette Tonnelat. Elas organizaram, respectivamente, conferências de relatividade geral em Chapel Hill, nos Estados Unidos, em 1957, e em Royaumont, na França, em 1959. Buscamos compreender como foram suas respectivas formações em física, como participaram dos diversos ambientes acadêmicos pelos quais passaram e de que forma se inseriram e contribuíram para o estabelecimento de uma nova comunidade de pesquisa em relatividade geral nos anos 1950.

Palavras-chave: Relatividade Geral; Gênero; História da Física; História da Matemática.

Abstract

In this master thesis, we present two studies of women physicists and mathematicians who conducted research on general relativity. Chapters 1 and 4 provide the introduction and conclusion of the thesis, respectively. Chapter 2 offers a survey of women who worked on general relativity from 1945 to 1968, identifying a total of 41 women in this field. We examine the specific topics they researched, the research groups they were involved in, and the professors who supervised their work. A particular focus is placed on the trajectories of women who contributed to general relativity between 1945 and 1959, a period marked by a significant renewal of the theory, often referred to in the history of science as the “renaissance” of general relativity. In Chapter 3, we look in more detail at two such French scientists who played an important role in this “renaissance”: Cécile DeWitt-Morette and Marie-Antoinette Tonnelat. They organized, respectively, conferences on general relativity in Chapel Hill, USA, in 1957, and in Royaumont, France, in 1959. We seek to understand how they were trained in physics, how they participated in various scientific environments they moved through, and how they helped establish a new research community in general relativity in the 1950s.

Keywords: General Relativity; Gender; History of Physics; History of Mathematics.

Agradecimentos

A conclusão desse trabalho é o resultado de um esforço coletivo, e é com imensa gratidão que o dedico a todos que, de alguma forma, contribuíram para minha jornada acadêmica.

Primeiramente, gostaria de agradecer aos meus pais Fátima e Paulo. Vocês são a minha base, a minha fortaleza. Obrigada pelo incentivo constante e por acreditarem que eu era capaz mesmo quando eu mesma não sabia. A dedicação, o carinho e o apoio de vocês foram fundamentais para que eu chegassem até aqui.

Aos meus avós, Dilu, Renato e Aziz, que se fazem presentes sempre. Espero ser um orgulho para vocês e conseguir mostrar sempre o quanto vocês são importantes. Dedico um agradecimento especial a minha avó Izaura, em memória, por ter me apresentado ao mundo dos livros, da leitura e dos estudos.

Gostaria de agradecer ao meu noivo, Theo, pelo apoio incondicional, pelo amor e paciência em todos os momentos desta caminhada. Sua presença foi essencial para que eu conseguisse chegar até este, superando qualquer desafio.

Ao meu orientador, Thiago Hartz, sou imensamente grata por sua orientação, paciência e comprometimento ao longo de todo o processo de desenvolvimento desta dissertação.

À professora Carla Rodrigues Almeida e ao professor Antonio Augusto Passos Videira por terem aceitado participar da banca desta dissertação e pelas contribuições que deram à minha pesquisa na qualificação e na defesa.

Sumário

Resumo	5
Abstract.....	6
Agradecimentos	7
Capítulo 1 Introdução	9
1.1. Apresentação dos problemas desta pesquisa	9
1.2. O que será discutido no segundo capítulo	10
1.3. O que será discutido no terceiro capítulo	13
Capítulo 2 Levantamento das mulheres que pesquisaram sobre relatividade geral de 1945 a 1968	19
2.1. Introdução.....	19
2.2. As mulheres na física e na matemática do século XX.....	21
2.3. Metodologia.....	24
2.4. Discussão sobre as fontes	25
2.5. Análises quantitativas.....	27
2.5. Mulheres na Relatividade Geral antes da década de 1950	37
2.6. As mulheres no “renascimento” da teoria da relatividade geral.....	40
Capítulo 3 Cécile Morette-Payen, Marie-Antoinette Tonnellat e o renascimento da relatividade geral	43
3.1. A formação de uma nova comunidade de relatividade geral	43
3.2. A trajetória de Cécile Morette	46
3.3. A trajetória de Marie-Antoinette Tonnellat	70
Capítulo 4 Conclusões.....	75
Bibliografia.....	78

Capítulo 1

Introdução

1.1. Apresentação dos problemas desta pesquisa

No período do pós-Segunda Guerra Mundial, ocorreram algumas mudanças significativas na física e na matemática. Diversas áreas de pesquisa foram desenvolvidas, entre as quais, a teoria das interações nucleares, a teoria quântica de campos, a teoria da relatividade geral, a geometria diferencial, as equações diferenciais parciais, a teoria das distribuições e a física-matemática.

Concomitantemente a essa multiplicação dos campos do saber, houve um aumento expressivo no número de cientistas, que fez com que as comunidades de físicos e de matemáticos se dividissem em pequenas subcomunidades, levando a uma especialização crescente e ao isolamento dessas subcomunidades, que passaram a ter valores, métodos e procedimentos próprios (Joas e Hartz, 2020). Houve também um aumento expressivo na circulação internacional de cientistas. Segundo o historiador Pierre Verschueren (2019),

é inegável que a circulação de ideias ocorreu em escala global por muito tempo, por meio de vários intermediários, como a difusão, em larga escala, de revistas científicas e a cultura do internacionalismo científico. Mas foi somente após 1945 que a circulação de indivíduos, e com eles as práticas experimentais e os métodos organizacionais, tornou-se crítica no mundo das ciências físicas. (VERSCHUEREN, 2019, p. 3)

Outra mudança significativa foi a consolidação dos Estados Unidos como potência científica hegemônica na Europa ocidental e nas Américas, momento marcado pela polarização entre os blocos capitalista e socialista e pela Guerra Fria. Essas mudanças produziram uma reorganização das ciências físicas, tanto do ponto de vista institucional quanto no que se refere às teorias e aos problemas que estavam em pauta. Além disso, considerando um aumento significativo do número de mulheres nas ciências, os anos após 1945 apontam para uma redução das desigualdades de gênero na sociedade.

Os estudos sobre mulheres são cada vez mais presentes na história das ciências. No Brasil, as historiadoras Indianara Silva, Leticia Pereira e Carolina Santanna, da Universidade Federal da Bahia (UFBA), em seu trabalho "Contribuições para escrita de biografias de mulheres nas ciências a partir das experiências de Keller, Ferry e Goldsmith", analisam o papel das biografias na história das mulheres na ciência.

A partir das experiências de Evelyn Fox Keller, Georgina Ferry e Barbara Goldsmith na escrita das biografias de Barbara McClintock, Dorothy Hodgkin e Marie Curie, respectivamente, o texto enfatiza que essas narrativas vão além da simples celebração de conquistas, revelando também os desafios e as estratégias que permitiram às cientistas prosperar em ambientes historicamente dominados por homens. Com isso, as autoras do trabalho defendem a realização de biografias feministas, rompendo com um modelo de biografia de mulheres estereotipado ou idealista.

acreditamos que o principal objetivo da biografia feminista é fornecer uma variedade de exemplos de projetos existenciais de mulheres cientistas – narrativas por meio das quais podemos nos identificar com outras mulheres que foram confrontadas com escolhas existenciais e lutaram para viver na e com a ciência. (SANTANA, PEREIRA e SILVA, 2022, p. 5)

Assim, nessa dissertação, buscamos investigar e compreender como se deu a participação de mulheres em um campo específico das ciências, a relatividade geral, entre as décadas de 1930 e 1960. Essa investigação se deu a partir de dois caminhos. No capítulo 2, através de um mapeamento de mulheres físicas e matemáticas presentes da comunidade de relatividade geral no período. No capítulo 3, através de um estudo biográfico das cientistas francesas Marie-Antoinette Tonnellat e Cécile Morette-Payen.

1.2. O que será discutido no segundo capítulo

A teoria da relatividade geral, proposta por Albert Einstein em 1915, em um primeiro momento interessou somente a um grupo bastante restrito de físicos e matemáticos, tais como Arthur Eddington, Erwin Freundlich, Emmy Noether e David Hilbert. A verificação espetacular, realizada na observação do eclipse solar de 1919, em Sobral, no Ceará, das previsões dessa teoria acerca da deflexão da luz trouxe um enorme renome para Einstein (Pais, 1995, p. 357-370). Entretanto, o interesse na teoria nos seus primeiros trinta anos foi bastante limitado. Deixaram-se a ela alguns físicos, na maioria colaboradores de Einstein, como Peter Bergmann e

Leopold Infeld, e alguns matemáticos, como Élie Cartan e André Lichnerowicz, mas não chegou a se formar, nessa época, uma comunidade de relatividade geral. Segundo o historiador Jean Eisenstaedt, teria havido uma virada no interesse sobre essa teoria em 1955 (Eisenstaedt, 1986).

Como parte das celebrações de cinquenta anos da teoria da relatividade especial e de quarenta anos da teoria da relatividade especial, diversos físicos próximos a Einstein – como André Mercier e Wolfgang Pauli – decidiram organizar uma conferência em Berna, na Suíça. Essa conferência foi a primeira vez que a comunidade de pesquisadores em relatividade geral se reuniu. Ela foi marcada por um grande pesar: Einstein, que era o principal convidado, falecera poucos meses antes, em 18 de abril de 1955. Havia poucos jovens presentes, com algumas notáveis exceções, como a jovem francesa Yvonne Choquet-Bruhat. De todo modo, esse evento de Berna foi tomado por Eisenstaedt (1986) como sendo o primeiro indício da consolidação de uma nova comunidade científica em torno da relatividade geral.

A conferência de Berna foi sucedida pela conferência *The Role of Gravitation in Physics*, ocorrida em Chapel Hill, em North Carolina, EUA, e organizada pela física e matemática francesa Cécile Morette Payen¹ em 1957 (DeWitt-Morette, 1957; DeWitt-Morette & Ruckles, 2017); e pela conferência *Les théories relativistes de la gravitation*, ocorrida em Royaumont, França, e organizada por Lichnerowicz e por Marie-Antoinette Tonnellat em 1959 (Lichnerowicz & Tonnellat, 1962). Essas duas conferências, diferentemente da conferência de Berna, reuniram dezenas de jovens pesquisadores em relatividade geral e, com isso, foram instrumentais na consolidação de uma comunidade de pesquisadores – físicos e matemáticos – em relatividade geral.

A cientista Cécile Morette Payen propõe uma explicação do motivo pelo qual a pesquisa em relatividade geral tivesse sido negligenciada até esse momento. Segundo ela,

(1) a falta de diretrizes experimentais, (2) as dificuldades matemáticas encontradas no estudo de campos não-lineares, e (3) a experiência de repetidos fracassos iniciais em estender a teoria da relatividade geral de uma maneira permanentemente interessante. Um renovado interesse no assunto começou a se desenvolver recentemente, e a conferência de Chapel Hill ofereceu uma

¹ Conforme explicaremos mais adiante, optaremos por chamar a cientista Cécile DeWitt-Morette por seu nome de solteira, Cécile Morette-Payen, atendendo a um pedido que ela própria fez em um texto autobiográfico, à exceção em casos de referências bibliográficas.

oportunidade para os poucos físicos que trabalham ativamente na área - alguns mantendo um interesse nela apesar de suas dificuldades, outros tendo se engajado recentemente em seu estudo, muitas vezes a partir de um novo ponto de vista - para discutir os resultados preliminares obtidos e apresentar novas linhas de abordagem (DeWitt-Morette, 1957).

Foi, entretanto, um físico chamado Clifford Will que, em um livro publicado em 1986, criou a expressão que se tornou corrente na literatura de física e de história da física para designar o crescimento do interesse pela teoria da relatividade geral: o “renascimento da relatividade geral” (Will, 1993, p. 3). Segundo ele, esse renascimento não teria ocorrido nos anos 1950, mas sim nos anos 1960. Alguns anos depois, um grupo de físicos renomados utilizou a expressão no título de um volume em homenagem ao Dennis Sciama (Ellis, Lanza e Miller, 1993). Esse livro popularizou a expressão, que se tornou então corrente na comunidade de física.

A expressão “renascimento da relatividade geral” foi adotada primeiramente pelos historiadores David Kaiser (1998) e Daniel Kennefick (2007). Em 2015, com o centenário da teoria da relatividade geral e o aumento significativo de estudos sobre o tema, a expressão foi ainda mais difundida (cf. Blum, Lalli e Renn, 2015; Blum, Lalli e Renn, 2016; Blum & Hartz, 2017; Lalli, 2017; Blum, Lalli e Renn, 2020). Após esses trabalhos, se convencionou que o renascimento da teoria da relatividade geral teria ocorrido nos anos 1950, sobretudo em meio às conferências de Berna, Chapel Hill e Royaumont. No entanto, recentemente, o físico Hubert Goenner colocou a expressão “renascimento da relatividade geral” em questão, mostrando que não teria havido exatamente um renascimento dessa teoria nos anos 1950, mas sim um crescente interesse a partir de 1945 (Goenner, 2017).

Tendo em vista esse contexto historiográfico, buscaremos, no segundo capítulo desta dissertação, mapear as mulheres que participaram desse período de renovação dos interesses das comunidades de matemática e física na teoria da relatividade geral. Identificamos 41 mulheres que trabalharam sobre relatividade geral de 1945 a 1968. Algumas realizaram doutorado na área, outras realizaram doutorado em áreas correlatas e depois se interessaram por relatividade geral. Uma delas não chegou a se doutorar no período, trabalhando com programação de computadores em relatividade numérica, uma área então em plena ascensão.

Apresentaremos essas 41 mulheres, buscando descrever suas trajetórias e seus projetos teóricos. Daremos particular ênfase às mulheres que trabalharam na teoria antes de 1960, mencionando apenas brevemente as que as sucederam nos anos 1960. Essa escolha se deve menos

a um recorte intencional e mais à imensa escassez de fontes que nos permitam estudar as trajetórias de parte considerável dessas cientistas.

Como referencial teórico, utilizaremos o trabalho *Contribuições para escrita de biografias de mulheres nas ciências a partir das experiências de Keller, Ferry e Goldsmith*, das historiadoras da Universidade Federal da Bahia (UFBA) Carolina Santana, Indianara Silva e Letícia Pereira, publicado pelos Cadernos Pagu, em 2022. Este trabalho analisa o papel das biografias na história das mulheres na ciência.

Para coleta de dados, utilizamos de listas simples (contendo nomes, cargos que ocupam, qualificações individuais, ...), além de genealogias e dicionários biográficos. O levantamento dos seus nomes foi feito com base em diversas fontes, em particular com os boletins da *International Society on General Relativity and Gravitation*, publicados regularmente pelo físico francês André Mercier de 1961 a 1968. Esses boletins buscavam mapear a comunidade de matemática e física ativa na teoria da relatividade geral, sendo uma fonte preciosa de informações para quem trabalha com a História da teoria da relatividade geral. Assim, a escolha do ano de 1968 como sendo o final do período a ser analisado ocorreu devido às limitações das fontes. Além dos boletins, também foram consultados os trabalhos de Lalli (2017) e Goenner (2014) além dos anais da conferência de Royaumont.

Assim, no capítulo 2, buscaremos responder à seguintes questões. Como se deu o ingresso de mulheres na comunidade de relatividade geral entre as décadas de 1930 e 1960? Quantas mulheres trabalharam com relatividade geral nesse período? Como a identificação dessas cientistas podem contribuir para uma análise da história da relatividade geral sob uma perspectiva de gênero?

1.3. O que será discutido no terceiro capítulo

Conforme mencionamos no início deste capítulo, o final dos anos 1940 foi um período no qual diversas áreas de pesquisa foram desenvolvidas, tais como a teoria das interações nucleares, a teoria quântica de campos, a teoria da relatividade geral, as equações diferenciais parciais, a teoria das distribuições e a física-matemática. Poucos foram os cientistas que compreenderam e conseguiram participar dos desenvolvimentos em todas essas áreas. Entre eles, estava a física e matemática francesa Cécile Morette (1922-2017).

Figura 1 - Cécile Morette-Payen em seu casamento, 1951.



Fonte: Página institucional sobre a história da University of Texas at Austin (<https://www.utphysicshistory.net/>)

Cécile Andrée Paule Morette nasceu no dia 21 dezembro de 1922, em Paris, na França, filha de André Pierre Ernest Morette (1879-1931) e Marie-Louise Claire Ravaudet (1888-1944). Sua vida foi marcada profundamente pela Segunda Guerra Mundial, tanto no âmbito pessoal quanto no âmbito profissional. No período de outubro de 1944 a janeiro de 1946, Morette trabalhou no Laboratório de Irène Joliot-Curie e Frédéric Joliot-Curie, no Collège de France. A oferta já estava feita antes do acontecimento do Dia D. Apesar do laboratório ser experimental, Morette trabalhava como a teórica da casa, auxiliando Joliot no preparo de suas aulas e palestras, além de responder cartas de seus colegas teóricos.

Sentindo-se profundamente despreparada para desempenhar a função, Cécile buscou aprofundar seus estudos no Instituto de Estudos Avançados de Dublin, em Dublin, na Irlanda, onde permaneceu de janeiro de 1946 até 1947. Em seguida, de 1947 a 1948, ela realizou, sob a supervisão de Christian Møller, um pós-doutorado no Instituto de Física Teórica da Universidade de Copenhague, que fora criado por Niels Bohr em 1921. Em todos os três lugares – Paris,

Dublin e Copenhague – ela trabalhou com física de partículas, mais especificamente com a teoria de mésons.

Em 1948, ela se mudou da Europa para os Estados Unidos. A convite de Robert Oppenheimer – o renomado físico norte-americano que havia coordenado o projeto Manhattan –, ela foi para o Instituto de Estudos Avançados de Princeton (IAS), onde Oppenheimer era diretor. A partir de Princeton, a trajetória pessoal e profissional de Morette sofreu uma profunda reviravolta. Lá, conheceu o físico norte-americano Bryce DeWitt, com quem viria a se casar. Foi também a partir de Princeton que ela concebeu e executou o projeto ambicioso de criar, em 1951, uma escola de verão na França, que viria a ser conhecida como *École de physique des Houches*.

Em 1951, após a criação da escola de verão, Morette casou-se com Bryce DeWitt. Juntos, se mudaram para Mumbai, na Índia, onde ambos trabalharam como pesquisadores no Instituto Tata. Um ano depois, seu marido conseguiu um emprego na Universidade da Califórnia, em Berkeley, e o casal voltou aos Estados Unidos. O casal permaneceu em Berkeley de 1952 a 1955, até que ambos conseguiram, em 1955, empregos na Universidade da Carolina do Norte em Chapel Hill, também nos Estados Unidos, até 1971. No ano seguinte, ambos se tornaram professores na Universidade do Texas em Austin, onde permaneceram até o final de suas vidas.

Assim, durante a sua trajetória, ela circulou por diversos grupos de pesquisa – incluindo o laboratório de Irène e Frédéric Joliot-Curie em Paris, o instituto de Walter Heitler em Dublin, o instituto de Niels Bohr em Copenhague e o instituto de Robert Oppenheimer em Princeton. Além disso, ela foi a protagonista, junto com seu marido, da criação do *Institute for Field Physics* em Chapel Hill, organizando a segunda grande conferência sobre a teoria da relatividade geral. Nesses diversos ambientes acadêmicos, Morette teve contato com diversas vertentes da física, que fizeram com ela transitasse entre diversas áreas de pesquisa, passando pela física nuclear, pela física matemática e pela teoria da relatividade geral.

Inicialmente educada, nos anos 1940, em meio a um grupo experimental para ser a teórica de um importante laboratório de física de mésons, ela passou para um grupo de física teórica – em Dublin e em Copenhague – e, por fim, nos anos 1950, passou a se interessar por relatividade geral. Mas foi na física matemática, em particular na formulação matemática das integrais de caminho de Feynman, que ela fez as suas principais contribuições científicas.

Tendo em vista essa fascinante trajetória pessoal e o fato de se tratar de uma mulher, em um período no qual a atividade científica era, ainda mais do que hoje, marcada pela marginalização e exclusão das mulheres, o segundo capítulo desta dissertação analisa a trajetória pessoal e profissional de Morette buscando compreender como ela circulou nesses diversos ambientes acadêmicos e como incorporou em sua pesquisa as diversas vertentes teóricas com as quais teve contato.

Analisamos também as suas migrações entre áreas de pesquisa. Inicialmente sua pesquisa era voltada à análise teórica de experimentos de partículas elementares, mais especificamente sobre a teoria de mésons, temáticas típicas da física europeia dos anos 1930 e 1940. No decorrer dos anos 1945-1951, ela mudou de área de pesquisa, passando a trabalhar com física-matemática e relatividade geral. Ela se familiarizou rapidamente com as novas teorias que vinham dos Estados Unidos – em particular com o trabalho do físico norte-americano Richard Feynman (1918-1988), tornando-se no início dos anos 1950 uma profunda conhecedora das chamadas integrais de caminho de Feynman. Discutiremos, assim, como ela mudou de áreas de pesquisa, passando de uma física tipicamente europeia para uma física atualizada com os novos valores teóricos vindos dos Estados Unidos, em um momento de consolidação da hegemonia deste país na Europa ocidental e nas Américas.

Por fim, analisaremos ocorrências da vida profissional e pessoal de Morette sob uma perspectiva de gênero. Essa análise busca evidenciar como o preconceito continuava presente na comunidade científica mesmo após um significativo aumento de mulheres na física e na matemática.

Durante toda a pesquisa, Cécile será referenciada pelo seu nome de nascimento, respeitando uma decisão da própria cientista, descrita em seu livro *The Pursuit of Quantum Gravity: Memoirs of Bryce DeWitt from 1946 to 2004*, publicado em 2011.

Uso meu nome em francês para indicar que meu trabalho como física e como esposa são independentes um do outro. O conceito de uma pessoa, ou de um objeto, assumindo diferentes funções em diferentes contextos não é incomum. Em matemática, um operador é definido apenas respectivamente ao espaço vetorial em que ele atua. O mesmo é verdade nas relações humanas. Como mãe e como esposa, o comportamento de uma pessoa pode ser diferente. O rótulo “cônjugue” foi indevidamente associado às minhas qualificações como

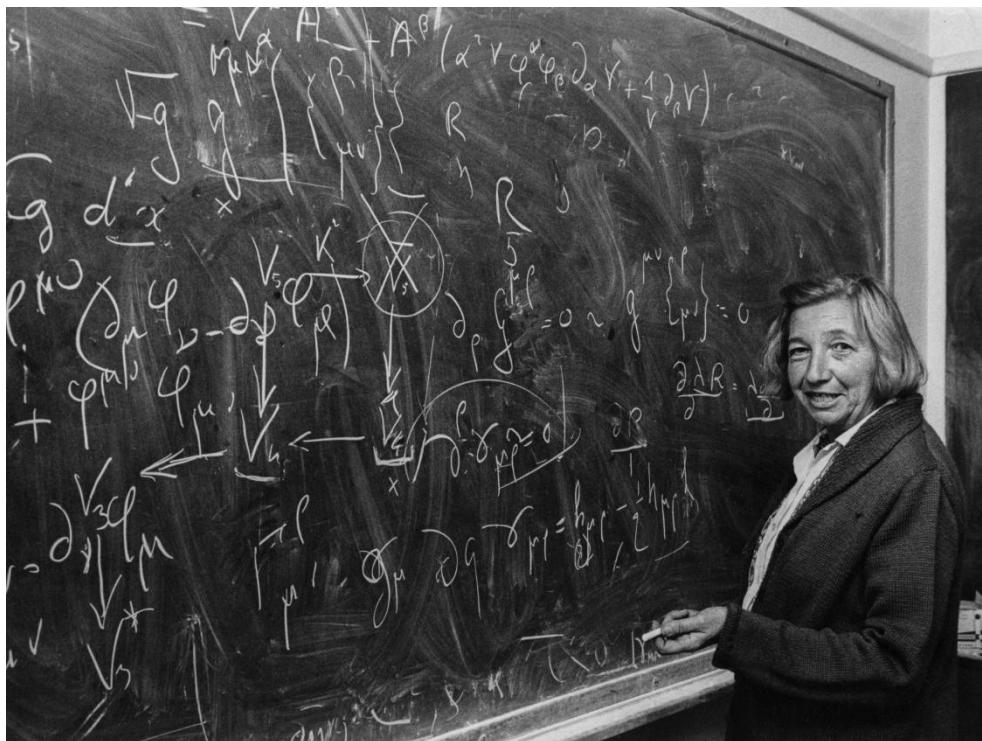
física, e os regulamentos anti-nepotismo foram invocados [pela University of North Carolina at Chapel Hill em 1967] para negar-me um cargo no mesmo departamento que meu marido. O conceito “conflito de interesses” às vezes é usado de maneira inadequada. Meu nome em francês, conforme registrado em minha certidão de nascimento, é “Cécile Andrée Paulette Morette-Payen, veuve DeWitt”. Prefiro “épouse” (esposa) a “veuve” (viúva). As certidões de nascimento francesas são atualizadas para refletir a estado civil de um indivíduo. (DEWITT-MORETTE, 2011b, p. ix. Tradução nossa.)

Outra cientista que será apresentada no capítulo 3 será a francesa Marie-Antoinette Tonnelat. Nascida em 5 de março de 1912 em Charolles, na França, ela iniciou seus estudos no liceu de Chalon-sur-Saône e, finalizou, no Lycée Louis-le-Grand, localizado no centro de Paris. Em seguida, foi admitida na *École Centrale*. A cientista Stamatia Mavrides escreveu, no obituário de Tonnelat dos *Annales de l'Institut Henri Poincaré*, que ela foi aceita em uma época em que essa conquista era rara entre mulheres.

No ano de 1935, Tonnelat entrou para o laboratório do físico francês Louis de Broglie (1892-1987) no Instituto Henri Poincaré, em Paris. A conexão com de Broglie rendeu a cientista sua tese de doutorado, escrita em 1939 e defendida em 1941, que teve como tema uma descrição quântica da propagação da luz em espaços curvos. Pouco depois, em colaboração com de Broglie, ela fez uma comparação da equação relativística de uma partícula de spin 2 e a equação de Einstein da relatividade geral na forma linearizada (ou seja, com pequenas deformações do espaço-tempo em torno do espaço plano de Minkowski), argumentando em defesa da ideia de que o mediador da interação gravitacional deveria ser uma partícula não massiva de spin 2.

Tonnelat começou a trabalhar com teoria da relatividade na década de 1940. Ainda nessa década, Tonnelat passou um tempo em Dublin trabalhando com o físico austríaco Erwin Schrödinger (1887-1961) na teoria do campo unificado de Einstein-Schrödinger. Dentre as contribuições da cientista para a relatividade geral estão os trabalhos: *La théorie du champ unifié d'Einstein et quelques-uns de ses développements*, publicado em 1955; *Les théories unitaires de l'électromagnétisme et de la gravitation*, de 1965; *Les principes de la théorie électromagnétique et de la Relativité*, de 1959; *Les vérifications expérimentales de la relativité Générale*, de 1964.

Figura 2 – Marie Antoinette Tonnellat no Instituto Raymond Poincaré



Fonte: Louis MONIER/Gamma-Rapho via Getty Images

Além das publicações, Tonnellat atuou como professora na Faculdade de Ciências da Universidade de Paris desde 1954 e ficou conhecida pela organização da Conferência de Relatividade Geral e Gravitação de 1959, ocorrida em Royaumont, em colaboração com o físico francês André Lichnerowicz. A partir dessa conferência, a cientista ocupou o lugar de presidente do comitê de Relatividade Geral e Gravitação. Na década de 1970, Marie-Antoinette Tonnellat foi convidada para vir ao Brasil, especificamente na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), com a física Stamatia Mavrides. Tonnellat faleceu em 3 de dezembro de 1980, em Paris.

A pesquisa de Cécile Morette se baseia em materiais arquivísticos coletados nos Estados Unidos e na Dinamarca, incluindo correspondências e fotografias; em artigos e relatos autobiográficos publicados pela própria cientista; assim como em entrevistas. Sobre Tonnellat, há uma escassez de fontes, o que nos levou a nos basearmos, principalmente, em obituários.

Capítulo 2

Levantamento das mulheres que pesquisaram sobre relatividade geral de 1945 a 1968

2.1. Introdução

O debate sobre a presença de mulheres nas ciências e seu reconhecimento já foi proposto por diversas autoras. O livro *Women Becoming Mathematicians*, da matemática Margaret A. M. Murray, publicado pela MIT Press em 2001, debate a construção profissional de mulheres matemáticas das décadas de 1950, 1960 e 1970 diante dos obstáculos sociais e institucionais. Já o livro *Pioneering Women in American Mathematics: The Pre-1940 PhD's*, das autoras Judy Green e Jeanne LaDuke, publicado pela American Mathematical Society e pela London Mathematical Society, em 2009, identifica todas as mulheres norte-americanas que obtiveram PhDs em matemática antes de 1940.

No Brasil, uma discussão sobre maneiras de representar mulheres cientistas em pesquisas acadêmicas foi proposta pelas pesquisadoras brasileiras Carolina Santana, Letícia Pereira e Indianara Silva. No trabalho “Contribuições para escrita de biografias de mulheres nas ciências a partir das experiências de Keller, Ferry e Goldsmith”, publicado pelo Cadernos Pagu, em 2022, essas pesquisadoras da Universidade Federal da Bahia analisam o papel das biografias na história das mulheres e das ciências e ressaltam a importância de se pensar e criar biografias feministas, apresentado anteriormente.

De forma a colaborar com o debate e complementar os estudos sobre mulheres cientistas na história, neste capítulo, realizaremos um levantamento e um mapeamento das mulheres que trabalharam sobre a teoria da relatividade geral no período de 1945 a 1968. Utilizamos como fonte os boletins da *International Society on General Relativity and Gravitation*, publicados regularmente pelo físico francês André Mercier de 1961 a 1968. Consultamos esses arquivos nos originais depositados nos arquivos da *Niels Bohr Library and Archives* do Center for History of Physics, em College Park, Maryland; e também na versão digitalizada disponível no site da Springer. Esses boletins foram redigidos por Mercier com um intuito de fazer um catálogo

de nomes, instituições, endereços e publicações de todas as pessoas que estivessem trabalhando ou tivessem trabalhado com teoria da relatividade geral. Complementamos as informações com alguns nomes obtidos na bibliografia secundária, notadamente nas obras de Lalli (2017), Goenner (2014) e nos anais da conferência de Royaumont.

No total, identificamos 41 mulheres que trabalharam com a teoria da relatividade geral entre 1945 e 1968, as quais listamos a seguir, em ordem alfabética do sobrenome:

1. Madge Gertrude Adam
2. Eliane Blancheton
3. Judith Richman Blankfield
4. Liane Bouché
5. Elisa Brinis-Udeschini
6. Eleanor Margaret Burbrigde
7. Josette Charles
8. Yvonne Choquet-Bruhat
9. Marion D. Cohen
10. Lucette Defrise-Carter
11. Cécile Morette
12. Aina Elvius
13. Liana Fortini-Baroni
14. Pamela A. Geisler
15. Franca Maria Graiff
16. Laura Gostusso
17. Françoise Hennequin
18. Elizabeth Hilton
19. Aline Huke
20. Bruria Kaufman
21. Antonina Kowalska
22. Christine Krogh
23. Sylvie Lederer
24. Lillian Lieber
25. Laura Martuscelli
26. Françoise Maurer
27. Stamatia Mavrides

28. Roza Michalska
29. Luigia Mistrangioli
30. Fatma Moalla
31. Cecilia Payne-Gaposchkin
32. Maria Pastori
33. Edith Schaffhauser-Graf
34. Monique Signore-Poyet
35. Charlotte Soergel-Fabricius
36. Aline Surin
37. Virginia Trimble
38. Marie-Antoinette Tonnellat
39. Alice Vaillant
40. Judith Winogradzki
41. Barbara A. Zimmermann

Neste capítulo, faremos uma breve apresentação sobre as 41 cientistas encontradas, buscando descrever, na medida do possível, suas trajetórias e seus projetos teóricos. Antes, porém, faremos uma reflexão sobre a situação de mulheres na física e na matemática no século XX.

2.2. As mulheres na física e na matemática do século XX

A interseção entre os campos de História da Matemática e História das mulheres é notoriamente pequeno. A afirmação é fruto do trabalho de Schwarzbach (2015) sobre mulheres matemáticas na França em meados do século XX. A autora essa afirmação ao notar que no período entre Hipátia de Alexandria (? - 415 d.C) e Emmy Noether (1882-1935), são poucas as mulheres que se conhecem a contribuição para o desenvolvimento da ciência.

Na matemática, de acordo com o trabalho de Margaret A. M. Murray (2023), olhar para as mulheres matemáticas no século XX precisa considerar uma época na história em que as mulheres tinham menos direitos e não eram bem-vindas na comunidade. Com isso, os trabalhos na área buscam “compreender como as mulheres daquela época foram capazes de perseverar e prosperar como matemáticas” (MURRAY, 2023, p.450).

Na física, o trabalho da física e matemática norte-americana Dorothy W. Weeks (1960) apresenta algumas causas para a mudança da inserção de mulheres na ciência a partir da década de 1950. Segundo ela,

as causas dessas mudanças são necessariamente conjecturais—casamento precoce, o rápido crescimento da física com a necessidade de mais físicos, as atitudes mutáveis da opinião pública, a diminuição dos preconceitos em relação às mulheres na física, e a consciência pública de que pessoas treinadas em ciência e engenharia são um recurso nacional muito necessário, estando entre as muitas dessas causas. (WEEKS, 1960, p. 22)

Baseando-se nesses trabalhos, esta seção tem como objetivo estabelecer um breve panorama dos estudos de gênero sobre trajetórias de mulheres na física e na matemática no século XX. Particularmente, buscaremos investigar se há alguma mudança significativa na presença de mulheres nas áreas da física e da matemática a partir de meados do século XX.

Poucas são as pesquisas quantitativas sobre mulheres na matemática e na física do século XX. No entanto, alguns dados insinuam uma mudança perceptível na participação feminina nas ciências a partir da década de 1950. Na matemática, os dados coletados apontam que a quantidade de mulheres que conquistavam seu doutorado em matemática nos Estados Unidos aumentou significativamente a cada década.

A tabela 1 mostra um comparativo de gênero, em números absolutos e em percentual, de matemáticos que conquistaram o doutorado a partir da década de 1920. Nela, é possível observar que da década de 1950 a década de 1960, o número de mulheres doutoras em matemática mais do que triplicou. Quando comparada à década de 1970, o aumento é ainda mais significativo.

No entanto, na física, a física Joanna Behrman, no trabalho justifica que a disciplina passou por mudanças contrárias no século XX, em comparação com o século anterior. Segundo ela,

No alvorecer do século XX, mais da metade dos estudantes de física do ensino médio eram mulheres, mas em 1950 apenas 20–30% eram. Como parte de um cenário de mudança na indústria e no ensino superior, muitas escolas pararam de exigir aulas de física para a graduação, e a física começou a ser percebida cada vez mais como uma disciplina masculinizada (BERHMAN, 2022, p. 35)

Tabela 1 – Comparativo entre número de homens e mulheres que fizeram doutorado nos Estados Unidos por década

Years	Total Awarded	Men		Women	
		Number	Percent	Number	Percent
1920–1924	114	93	81.6	21	18.4
1925–1929	238	210	88.2	28	11.8
1930–1934	396	334	84.3	62	15.7
1935–1939	384	333	86.7	51	13.3
1920–1939	1,132	970	85.7	162	14.3
1940–1944	364	321	88.2	43	11.8
1945–1949	471	427	90.7	44	9.3
1950–1954	1,059	1,008	95.2	51	4.8
1955–1959	1,266	1,208	95.4	58	4.6
1940–1959	3,160	2,964	93.8	196	6.2
1960–1964	2,082	1,967	94.5	115	5.5
1965–1969	4,325	4,077	94.3	248	5.7
1970–1974	6,187	5,684	91.9	503	8.1
1975–1979	4,690	4,107	87.6	583	12.4
1960–1979	17,284	15,835	91.6	1,449	8.4
1980–1984	3,591	3,060	85.2	531	14.8
1985–1989	3,765	3,137	83.3	628	16.7
1990–1994	5,253	4,191	79.8	1,062	20.2
1980–1994	12,609	10,388	82.4	2,221	17.6
1920–1994	34,185	30,157	88.2	4,028	11.8

Fonte: Harmonand Soldz 1978, tabela 26 (1920–1958); National Research Council, Survey of Earned Doctorates 1996 (1958–1994) in Margaret A.M. Murray (2000).

Quantitativamente, não foram encontrados estudos sobre a presença de mulheres na física durante o século XX. Uma busca realizada entre os bolsistas da *Royal Physical Society*, entre as décadas de 1920 e 1960, mostra que, nos primeiros trinta anos, apenas 6 mulheres foram bolsistas na academia. Todas as bolsistas desse período foram contempladas na segunda metade da década de 1940. A partir de 1950 até o fim da década de 1960, 18 cientistas foram contempladas com bolsa. Não foi possível realizar o mesmo estudo na *American Physical Society* por não conseguir identificar o gênero de todos os contemplados.

Tabela 2 – Número de físicas bolsistas na Royal Physical Society entre 1920 e 1970

Década	Número de físicas bolsistas
1921 – 1930	0
1931 – 1940	0
1941 – 1950	6
1951 – 1960	10
1961 – 1969	8

Fonte: Royal Physical Society

2.3. Metodologia

Na busca de refletir sobre as mulheres que trabalharam em relatividade geral no período 1945–1968, nos inspiramos inicialmente em alguns aspectos da prosopografia. Dois trabalhos foram fundamentais para a nossa compreensão desse recurso metodológico: o artigo *Prosopography*, do historiador Lawrence Stone, de 1971, e o livro *An introduction to the historiography of Science*, publicado em 1989 pelo historiador Helge Kragh.

Stone (1971) define a prosopografia como uma investigação de características comuns de um grupo de atores na história por meio de um estudo coletivo de suas vidas. Assim, é possível dizer que essa metodologia se utiliza de características individuais para fazer correlações, estando interessada em um grupo e não no indivíduo. A biografia coletiva possui como preocupação em responder quem eram os atores da história, descentralizando o foco em determinado acontecimento. De acordo com Stone (1971), compreender quem eram os personagens históricos contribui para explicar o funcionamento de uma determinada instituição; particularmente, no caso desse estudo, a constituição e a composição da comunidade científica de Relatividade Geral. Os materiais de coletas utilizados por esse recurso são, principalmente, listas simples (com nomes, endereços, cargos, qualificações, ...), dicionários biográficos e genealogias.

Neste trabalho, o levantamento do trabalho foi feito com base em diversas fontes, em particular com os boletins da *International Society on General Relativity and Gravitation*, publicados regularmente pelo físico francês André Mercier de 1961 a 1968, além dos trabalhos de Lalli (2017), Goenner (2014) e os Anais de Royaumont. Entretanto, as informações que esses

boletins nos fornecem são bastante insuficientes para traçar a biografia dessas cientistas. Assim, em vez de nos propormos fazer exatamente uma prosopografia ou uma biografia coletiva, optamos por denominar este capítulo de “levantamento”, reconhecendo que se trata de um estudo preliminar, que busca apenas identificar os nomes, deixando como perspectiva futura buscarmos traçar um quadro biográfico mais detalhado dessas 41 mulheres.

2.4. Discussão sobre as fontes

A conferência *Les théories relativistes de la gravitation*, realizada em Royaumont, na França, em 1959, determinou a criação de um comitê de Relatividade Geral e Gravitação. De acordo com o físico francês André Mercier, na introdução do primeiro boletim (1961), dentre as tarefas do comitê estariam

coordenar a colaboração em trabalhos científicos no campo da Relatividade Geral, Gravitação e assuntos relacionados, especialmente para ajudar na organização de Conferências internacionais e de outras reuniões de menor importância em todo o mundo, e promover a troca de informações úteis para todos os interessados na área. (MERCIER, 1961, v.1, p. 1)

Os organizadores da conferência de Royaumont foram os professores Marie-Antoinette Tonnelat (1912-1980) e André Lichnerowicz (1915-1998). Eles foram designados para a presidência do comitê no período de 1959 a 1962. Ao secretariado, criado para facilitar a administração do trabalho do comitê, foi designado André Mercier, professor da Universidade de Berna. Dentre os membros do comitê, estavam os físicos Bryce DeWitt (1923-2004), John Archibald Wheeler (1911-2008) e Léon Rosenfeld (1904-1974). A física e professora M. A. Tonnelat era a única mulher presente no comitê, apesar de outras cientistas trabalharem como organizadoras de conferências, como a francesa Cécile Morrete-Payen.

O comitê decidiu pela realização de boletins periódicos, com informações relevantes para cientistas envolvidos em pesquisas sobre relatividade geral e gravitação, em uma reunião no início do ano de 1961. A edição desses boletins ficou a cargo do físico francês André Mercier. O primeiro boletim foi publicado no mesmo ano da solicitação e contém um material puramente biográfico, contendo uma lista de nomes de cientistas que trabalhavam na área de relatividade geral e gravitação, com suas respectivas ocupações, colaborações e endereços.

Nos boletins, as cientistas apareciam de duas maneiras. A primeira é em lista de informações biográficas com nomes, endereços, posições em instituições, área de atuação na relatividade

geral (Figura 3) e a segunda é através de listas de listas de publicações e colaborações (Figura 4). Além disso, o documento contava com algumas abreviações, como mostrado na tabela 3, tanto nas apresentações dos cientistas, quanto para designar as áreas de atuação.

Figura 3 – Recorte da ficha de Cécile Morette no Boletim

DEWITT Cécile (Mrs.)	<u>pp:</u> Research Professor
<u>ad:</u> Dept. of Physics	
University of North Carolina	<u>s/c</u> **: L. de Broglie
CHAPEL HILL	<u>cfc:</u> Chapel Hill, Royaumont
U.S.A. (N.C.)	
<u>fr</u> **: Spin, Q, Unif (5), Math, Rad.	

Fonte: Boletim de André Mercier – volume 1

Figura 4 – Adendo a lista de publicações (ADAM, Madge G.)

ADDENDA TO LIST OF PUBLICATIONS Part I - Part IV

ADAM Madge G.

(Discussion: J.L.Synge, M.G. Adam, S. Mandelstam, L.Essen, D.W.Sciamma, G.J.Whitrow, S. Weinberg)	
The observational tests of gravita- tion theory	(Proc.Roy.Soc.A <u>270</u> , 297(304), 1962)

Fonte: Boletim de André Mercier – volume 6

Apesar de ser considerada a principal fonte de pesquisa do trabalho, outros trabalhos foram consultados para uma listagem mais completa. Um desses trabalhos foi o livro *Building the general relativity and gravitation community during the cold war*, do historiador da física Roberto Roberto Lalli, publicado em 2017 pela editora Springer. O trabalho, dentre inúmeros detalhes, comenta sobre algumas características que ajudaram na criação e na solidificação de uma comunidade científica de relatividade geral e gravitação.

Tabela 3 – Significados das informações dos boletins

Abreviações	Significado
pp:	Posição atual
ad.	Endereço de comunicação
s/c:	Estudante de/Colaborador de
fr:	Campo de pesquisa
*:	Informação não confirmada pelo cientista, mas última informação obtida
**:	Não confirmada, estimativa
cfc:	Participação de Conferências
MoC:	Membro do Comitê

Fonte: Boletins (Tradução minha)

Utilizamos também o trabalho *On the History of Unified Field Theories. Part II. (ca. 1930 – ca. 1965)* do físico Hubert F. M. Goenner, publicado em 2014 no periódico *Living Reviews in Relativity*, o qual traz alguns nomes que não podem ser encontrados no boletim de Mercier. O trabalho de Goenner apresenta um panorama geral da pesquisa na teoria dos campos unificados, no mundo, entre as décadas de 1930 e 1960. Outros trabalhos complementaram a pesquisa. Entre eles, os anais da Conferência de Relatividade Geral e Gravitação de 1959, em Royaumont, na França, e *Covered with Deep Mist, The Development of Quantum Gravity (1916-1956)* do professor inglês Dean Rickles (1977-). Nessa última fonte, o autor apresenta uma lista de PhD's em gravitação clássica e quântica anteriores a 1959.

2.5. Análises quantitativas

Passamos agora a uma caracterização do estudo realizado e dos resultados obtidos. A partir da análise das 5 fontes escolhidas, os nomes das cientistas encontrados nos trabalhos foram dispostos em uma tabela em ordem alfabética, onde organizamos os dados que encontrávamos sobre cada uma das cientistas. A tabela 4 apresenta um recorte da original. A revisão dos documentos ocorreu algumas vezes, de modo a não deixar de mencionar nenhum nome ou

repetir alguma cientista na listagem. Em algumas situações, incluímos o nome de solteira de casada de uma mesma cientista, a exemplo de Alice Vaillant.

Para a análise, adotamos os seguintes critérios de identificação:

- Nome e sobrenomes de casada (frequentemente composto) e de solteira
- Fontes em que foi mencionada
- Nacionalidade
- Datas de nascimento e de falecimento²
- Título da tese de doutorado
- Orientadores, mentores e colaboradores
- Endereço de atuação na época
- Cargo institucional na época
- Campo de atuação na relatividade geral
- Trabalhos publicados sobre relatividade geral

Ao analisar as fontes, notamos que, das 41 cientistas coletadas, a maior parte, 70%, foi encontrada nos boletins da *International Society on General Relativity and Gravitation*, conforme mostra o gráfico acima (Gráfico 1). O trabalho de Goenner (2014) contou com 53%, o do Lalli (2017) com 39% e os anais da conferência de Royaumont com 24%. Como os boletins continham 70% das cientistas encontradas, buscamos analisar a distribuição de mulheres cientistas presentes nos boletins por ano e por volume.

² Nos casos em que as cientistas já haviam falecido.

Tabela 4 – Tabela com a lista de nomes e a ocorrência nas fontes primárias e secundárias

Sobrenome, Nome	Boletins GRG [1]	Volume	Ano do Bulletin (1ª Citação)	Lalli (2017)	Goenner (2014)	Anais Royaumont
Adam, Madge Gertrude	6/3 e 14/29	6	abril 1964 (Vol.6)	Não	Não	Não
Blancheton, Eliane	Não encontrada	-	-	Não	Sim	Sim
Blankfield, Judith Richman	6/4	6	abril 1964 (Vol.6)	Não	Não	Não
Boucher, Liane	1/7 e 13/3 e 19/25	1	abril 1962 (Vol.1)	Sim	Sim	Não
Brinis-Jedeschini, Elisa	Não encontrada	-	-	Não	Sim	Não
Burbridge, Eleanor Margaret	19/26	19	janeiro, 1969	Não	Não	Não
Charles, Josette (née Renaudie)	1/10 e 19/28 e 9/12	1	abril 1962 (Vol.1)	Sim	Sim	Sim (como Renaudie)
Choquet-Bruhat, Yvonne	1/8 e 3/1 e 19/28	1	abril 1962 (Vol.1)	Sim	Sim	Sim
Cohen, Marion D.	21/10	21	setembro, 1969	Não	Não	Não
Defrise, Lucette	19/29	19	janeiro, 1969	Não	Não	Não
DeWitt-Morette, Cécile	1/12 e 19/30	1	abril 1962 (Vol.1)	Sim	Sim	Não
Elius, Aína	Co-autora de uma publicação (2/1/14) e 21/21	21	setembro, 1969	Não	Não	Não
Fortini-Baroni, Liana	Pág 6 - Documento Anexo Nacionalidades	Documento Anexo	fevereiro, 1974	Não	Não	Não
Geisler, Pamela A.	20/14	20	maio, 1969	Não	Não	Não
Graiff, Francisca Maria	11/12 e 13/17 e 14/18	11	maio, 1966	Não	Sim	Não
Gotusso, Laura	Não encontrada	-	-	Não	Sim	Não
Hennequin, Francoise	1/16 e 11/32 e 19/36	1	abril 1962 (Vol.1)	Sim	Sim	Sim
Hilton, Elizabeth	8/35	8	abril, 1965	Não	Não	Não
Huke, Aline	Não encontrada	-	-	Não	Sim	Não
Kaufman, Bruria	6/28	6	abril 1964 (Vol.6)	Não	Não	Não
Kowalska, Antonina	20/18	20	maio, 1969	Não	Não	Não
Krogh, Christine	11/13 e 11/24 e 12/44 e 12/45 e 17/43 e 18/25 e 18/48	11	maio, 1966	Sim	Sim	Não
Lederer, Sylvie	-	-	-	Não	Não	Não
Lieber, Lillian	Não encontrada	-	-	Não	Sim	Não
Martuscelli, Laura	Não encontrada	-	-	Sim	Sim	Sim
Maurer, Francoise (née Tison)	Não encontrada	-	-	Sim	Sim	Sim
Mavrides, Stamatia	1/24 e 11/25 e 12/44 e 13/46 e 14/41 e 16/35 e 17/27 e 17/43 e 18/26 e 19/44 e 20/38	1	abril 1962 (Vol.1)	Sim	Sim	Sim
Michalska, Roza (depois de 1962, Michalska-Trautman, Roza)	1/25 e 19/45	1	abril 1962 (Vol.1)	Sim	Não	Não
Mistrangioli, Luigia	Não encontrada	-	-	Não	Sim	Não
Moalla, Fatima	3/3 e 19/45	3	março, 1963	Não	Não	Não
Payne-Gaposchkin, Cecilia	7/20	7	janeiro, 1965	Não	Não	Não
Pastori, Maria	Não encontrada	-	-	Sim	Sim	Sim
Schaffhauser-Graf, Edith	9/22	9	setembro, 1965	Sim	Sim	Não
Signore-Poyet, Monique	17/16 e 19/53 e 20/40	17	maio, 1968	Não	Sim	Não
Soergel-Fabricius, Charlotte	1/31 e 17/46	1	abril 1962 (Vol.1)	Sim	Sim	Sim
Surin, Aline	1/32 e 6/2 e 10/30 e 19/54	1	abril 1962 (Vol.1)	Sim	Sim	Sim
Trimble, Virginia	Pág 6 - Documento Anexo Nacionalidades	Documento Anexo	1976	Sim	Sim	Não
Tornelat, Marie-Antoinette	1/34 e 19/56	1	abril 1962 (Vol.1)	Sim	Sim	Sim
Vaillant, Alice Vaillant ou Alice Chalib Simón)	19/58	19	janeiro, 1969	Não	Sim	Não
Winogradzki, Judith	Não encontrada	-	-	Sim	Sim	Não
Zimmerman, Barbara A.	14/28	14	maio, 1967	Não	Não	Não

Gráfico 1 – Percentual de nomes encontrados em cada fonte

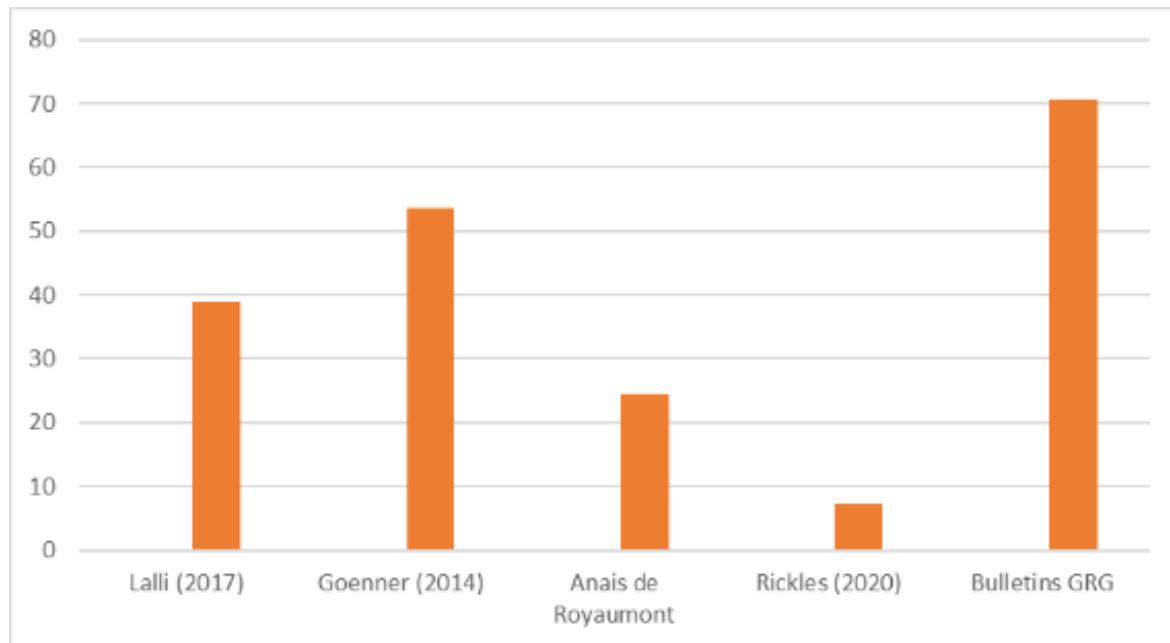


Gráfico 2 – Quantidade de mulheres cientistas por volume dos boletins

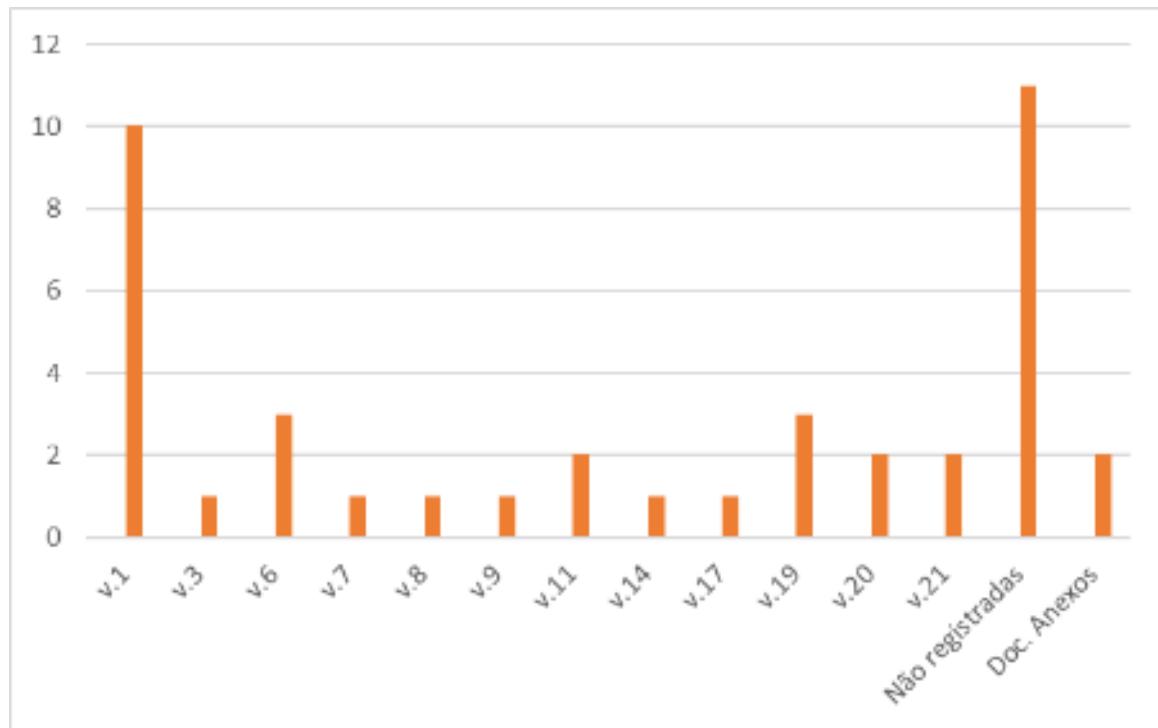
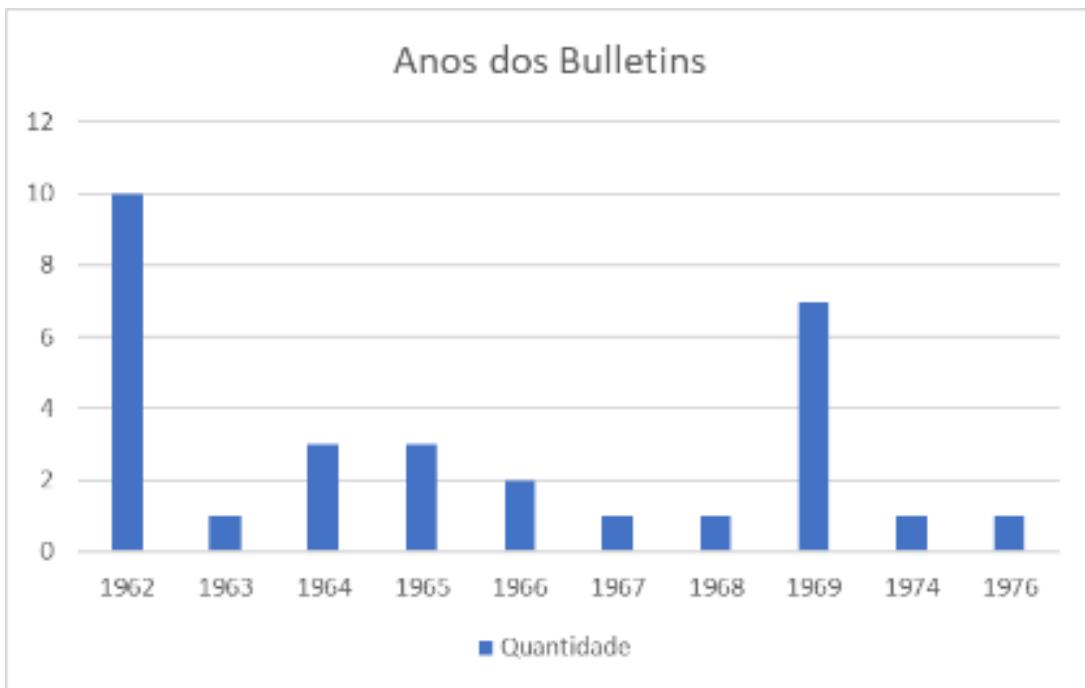


Gráfico 3 – Quantidade de mulheres cientistas por ano de publicação dos boletins



Com essa análise, conseguimos listar abaixo cientistas que não foram registradas nos boletins. São elas:

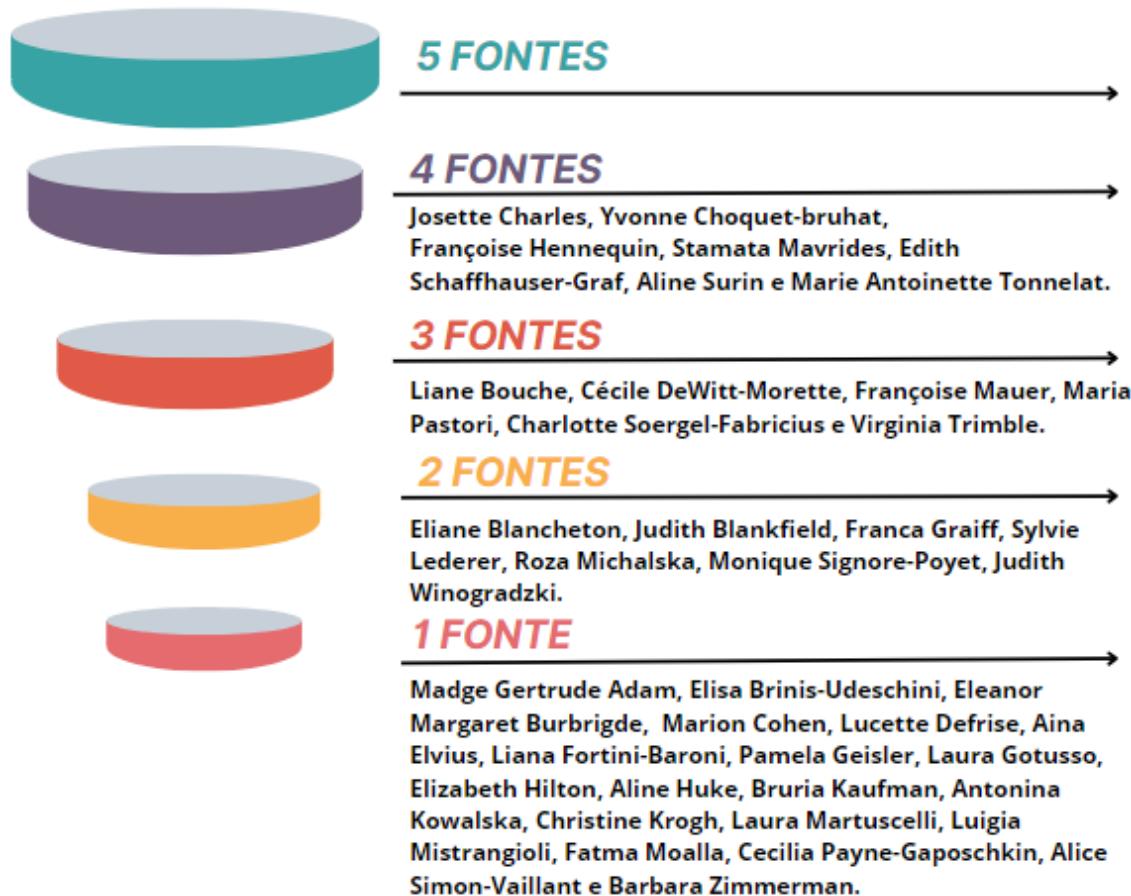
- Eliane Blancheton
- Elisa Brinis-Udeschini
- Laura Gotusso
- Aline Huke
- Bruria Kaufman
- Sylvie Lederer
- Lillian Lieber
- Laura Martuscelli
- Françoise Maurer
- Luigia Mistrangioli
- Maria Pastori
- Judith Winogradzki

Podemos conjecturar algumas justificativas para que tais cientistas não tenham seus nomes nos boletins. A primeira é dada pelo próprio André Mercier no primeiro volume dos boletins, ao dizer que as informações foram solicitadas diretamente aos cientistas e, em muitos casos, não tinha obtido resposta. Outra justificativa, como é o caso da cientista Maria Pastori e de

Bruria Kaufman, é que essas cientistas não atuavam mais no campo de relatividade geral durante a década de 1960.

A disposição da quantidade de fontes em que cada uma das cientistas aparece consta no gráfico abaixo (Gráfico 4). Observamos que nenhuma cientista foi encontrada em todas as fontes estudadas. Importante ressaltar que uma das cientistas, a matemática Lillian Lieber, não foi encontrada em nenhuma das cinco fontes e sua inclusão partiu do conhecimento de um livro, de sua autoria, sobre relatividade geral. A obra *The Einstein Theory of Relativity: A Trip to the Fourth Dimension* foi publicado originalmente em 1945.

Gráfico 4 – Disposição de cada cientista por quantidade de fontes



Em termos de nacionalidade das cientistas encontradas, a maior concentração é de francesas, italianas e norte-americanas, conforme mostra a Tabela 5. Para algumas delas, como Pamela Geisler, Christine Krogh, Sylvie Lederer, Aline Surin e Edith Schaffhauser não foram encontrados registros que indicassem a nacionalidade. Para outras, sinalizadas com um asterisco (*), a informação é incerta e foram retiradas através de citações nas fontes analisadas.

Tabela 5 – Tabela com a lista de nomes e nacionalidades.³

Sobrenome, Nome	Nacionalidade
Adam , Madge Gertrude	Norte de Londres, Inglaterra
Blancheton , Eliane	Francesa (nascida na Tunísia?)
Blankfield , Judith Richman	Norte-americana
Bouche , Liane	Francesa
Brinis-Udescchini , Elisa	Italiana*
Burbrigde , Eleanor Margaret	Britânica
Charles , Josette (née Renaudie)	Francesa*
Choquet-Bruhat , Yvonne	Francesa [5]
Cohen , Marion D.	Norte-americana
Defrise , Lucette	Belga
DeWitt-Morette , Cécile	Francesa
Elvius , Aina	Sueca
Fortini-Baroni , Liana	Italiana
Geisler , Pamela A.	?
Graiff , Franca Maria	Italiana*
Gotusso , Laura	Italiana
Hennequin , Françoise	Francesa
Hilton , Elizabeth	Britânica*
Huke , Aline	Americana
Kaufman , Bruria	Israelense
Kowalska , Antonina	Polonesa
Krogh , Christine	?
Lederer , Sylvie	?
Lieber , Lillian	Ucraniana (Império Russo)
Martuscelli , Laura	Italiana*
Maurer , Françoise (née Tison)	Francesa*
Mavrides , Stamatia	Francesa*
Michalska , Roza (depois de 1962, Michalska-Trautman , Roza)	Polonesa
Mistrangioli , Luigia	Italiana*
Moalla , Fatma	Tunísia
Payne-Gaposchkin , Cecilia	Americana (nascida Inglesa)
Pastori , Maria	Italiana
Schaffhauser-Graf , Edith	?
Signore-Poyet , Monique	Francesa
Soergel-Fabricius , Charlotte	Francesa
Surin , Aline	?
Trimble , Virginia	Norte-americana
Tonnelat , Marie-Antoinette	Francesa
Vaillant , Alice (Alice Vaillant ou Alice Chaljub Simon)	Francesa*
Winogradzki , Judith	Francesa
Zimmerman , Barbara A.	Norte Americana*

³ Legenda: (*) indica que a informação é incerta.

Sobre a formação profissional das cientistas, não foi fácil identificar os títulos das teses ou as orientações. Muitas matemáticas e físicas, em especial do grupo italiano, não foram encontrados os documentos, apenas menções aos anos das teses em algumas das fontes citadas.

No Gráfico 5, é possível identificar o número de doutorados obtidos em intervalos de 5 anos, a partir da década de 1910. É importante enfatizarmos que nem todas as teses foram em relatividade geral, mas, em muitos casos, em áreas correlatas. Esse gráfico aponta para a mesma direção do que já havia sido mencionado anteriormente sobre a participação de mulheres nas ciências em meados do século XX. Nota-se que a maioria das cientistas listadas obtiveram o doutorado a partir da década de 1950.

Gráfico 5 – Quantidade de mulheres que obtiveram o doutorado (PhD) a cada cinco anos.

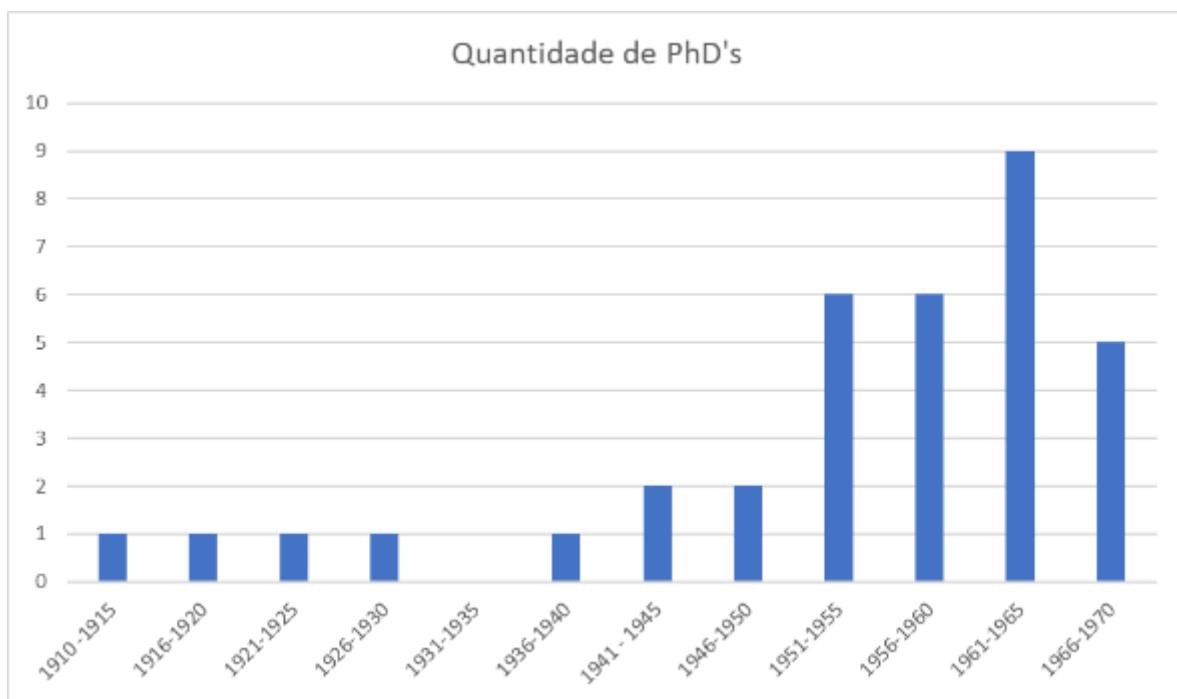


Tabela 6 – Tabela com títulos das teses de doutorado.⁴

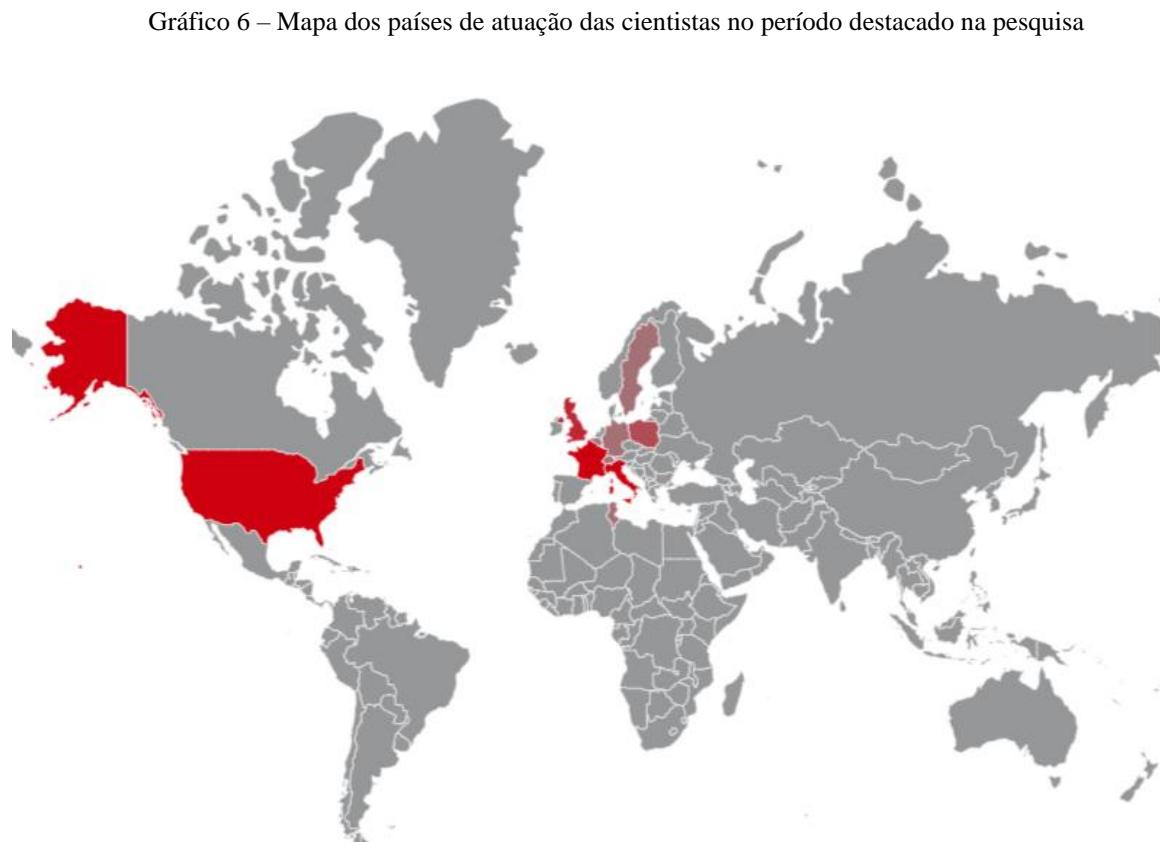
Sobrenome, Nome	Título da tese
Adam, Madge Gertrude	Behaviour of faint lines in the solar spectrum (1940)
Blancheton, Eliane	Les équations aux variations de la relativité générale (1961)
Blankfield, Judith Richman	Approximations to Einstein's Equations of General Relativity (1958)
Bouche, Liane	Une généralisation de la théorie du champ unifié relativiste d'Einstein-Schrödinger (1961)
Burris-Uedeschini, Elisa	?
Burbridge, Eleanor Margaret	Title unknown (On the spectrum of gamma Cassiopeia) - 1943
Charles, Josette (née Renaudie)	Étude mathématique d'une théorie hexadimensionnelle du champ unifié (1956/7)
Choquet-Bruhat, Yvonne	Théorème d'existence pour certains systèmes d'équations aux dérivées partielles non linéaires (1952)
Cohen, Marion D.	Tema: Schwartz distribution theory (1970) - Não encontramos o título e arquivo
Defrise, Lucette	Groupes d'isotropie et groupes de stabilité conforme dans les espaces lorentziens (1969)
DeWitt-Morette, Cécile	Contribution à l'étude des mesons - création de mesons par un choc nucléon-nucléon (1949)
Elvius, Aina	Diffraction and polarization of light by interstellar particles in spiral galaxies (1956)
Fortini-Baroni, Liana	?
Geisler, Pamela A.	Orbits in General Relativity (1965)
Graiff, Francisca Maria	Sull'integrazione sensoriale negli spazi di riemann a curvatura costante
Gotuzzo, Laura	?
Hennequin, Françoise	Etude mathématique des approximations en relativité générale et en théorie unitaire de Jordan-Thiry (1958) + Connexions linéaires sur un espace fibré principal
Hilton, Elizabeth	Problems in relativistic cosmology (1963)
Huke, Aline	Some Relativity Fields in N Dimensions (mestrado?) / An historical and critical study of the fundamental lemma in the calculus of variations (doutorado)*
Kaufman, Briuria	?
Kowalska, Antonina	Fotodezintegracja 9 Be z uwzględnieniem możliwości wbudzenia 8 Be (1962)
Krogh, Christine	?
Lederer, Sylvie	?
Lieber, Lillian	?
Martuscelli, Laura	Sopra una possibile modificazione della teoria unitaria di Einstein
Maurer, Françoise (née Tison)	Aspects mathématiques de la théorie unitaire du champ d'Einstein
Mavridis, Stamatia	Étude quantitative de l'isohémagglutination des hématies du groupe A
Michalska, Roza (depois de 1962, Michalska-Trautman, Roza)	Action principle for the motion of rotating bodies in the general theory of relativity
Mistrangioli, Luigia	?
Moalla, Fatma	Sur quelques Théorèmes globaux en géométrie finslérienne (1965)
Payne-Gaposchkin, Cecilia	Stellar atmospheres, a contribution to the observational study of high temperature in the reversing layers of stars (1925)
Pastori, Maria	?
Schaffhausen-Graf, Edith	Versuch einer 4-dimensionalen einheitlichen Feldtheorie der Gravitation und des Elektromagnetismus (1953)
Signore-Poyet, Monique	?
Soergel-Fabricius, Charlotte	?
Surin, Aline	Étude du schéma fluide parfait et des équations de mouvement dans les théories pentadimensionnelles de Jordan-Thiry et de Kaluza-Klein
Trimble, Virginia	?
Tonnelet, Marie-Antoinette	Sur la théorie du photon dans un espace de Riemann
Vaillant, Alice (Alice Vaillant ou Alice Chajlub Simon)	?
Winogradzki, Judith	Contribuição à la théorie des grandeurs physiques attachées aux particules de spin 1/2
Zimmerman, Barbara A.	?

⁴ Legenda: (*) indica que a informação é incerta.

Outra informação relevante que conseguimos encontrar com a pesquisa foi o país de atuação das cientistas durante o período estudado no trabalho. A informação está detalhada no mapa de concentração do gráfico 6. Nele, quanto mais avermelhado estiver o país, maior a quantidade de cientistas que estavam em atuação nele. Como já era esperado, as maiores concentrações de mulheres reconhecidas trabalhavam nos Estados Unidos e na Europa – com França e Inglaterra como os países de maior relevância do continente europeu.

Consideramos bastante intrigante o fato de não termos conseguido localizar, nas fontes, nenhuma mulher trabalhando com relatividade geral na América do Sul, especialmente no Brasil ou União Soviética nesse período. Essa falta de informação parece contrastar com a literatura de estudos de gênero na ciência na Rússia e na União Soviética, a qual aponta para uma participação significativa das mulheres na vida científica russa desde o final do século XIX (Valkova, 2008).

O questionamento sobre a existência de cientistas que atuavam em relatividade geral e gravitação fora do centro destacado abaixo é válido e de extrema relevância. Seria possível afirmar que não existiam mulheres trabalhando na área nos outros países? O que a falta de dados sobre esses países pode trazer de mensagem para o estudo sobre mulheres nas ciências?



2.5. Mulheres na Relatividade Geral antes da década de 1950

Dentre as mulheres pesquisadas, nove obtiveram o doutorado antes de 1950. A maioria delas veio a se envolver com a temática somente posteriormente, tendo feito o doutorado sobre outro assunto, como é o caso de Cécile Morrete-Payen. Nessa seção, destacamos sete cientistas mulheres que deram contribuições à teoria da relatividade geral já antes de 1950: Maria Pastori, Lillian Lieber, Marie-Antoinette Tonnelat, Bruria Kaufman e, em menor grau, Madge Gertrude Adam, Cecilia Payne-Gaposchkin e Eleanor Margaret Burbrigde.

Maria Pastori nasceu em 10 de março de 1885, em Milão, na Itália. Obteve a licenciatura em matemática pela *Scuola Normale Superiore* de Pisa em 1920, atuando até o ano de 1927 em escolas secundárias italianas. Obteve o doutorado em geometria diferencial na Universidade de Pisa em 1920. Tornou-se assistente da Universidade de Milão ainda em 1927 e deixou o ensino secundário ao tornar-se assistente titular de análise matemática, e mecânica racional, dois anos depois. Na década de 1930, recebeu habilitação docente em Análise Vetorial e Tensorial e também a função de Institutos de Matemática para estudantes de Química e Agronomia. Atuou como docente na Universidade de Milão até sua aposentadoria, em 1965.

Figura 5 – Maria Pastori



Fonte: MATEpristem

Sua inserção na comunidade de relatividade geral se deu a partir da tradição teórica italiana de geometria diferencial iniciada com Gregorio Ricci-Curbastro, no século XIX, e seu discípulo Tullio Levi-Civita, que deu importantes contribuições à teoria da relatividade geral no momento de seu surgimento. As publicações de Pastori na área começaram na década de 1930. Dentre as publicações, estão *Meccanica quantistica e relativita*, de 1934; *Propagazione delle azioni gravitazionali ed elettromagnetiche* e *Un tensore sestuplo isotropo che si incontra in teoria della relativita*, ambos de 1939; e *Sullo spazio della recente teoria unitaria di Einstein*, de 1954 (Ogilvie & Harvey, 2000).

O interesse pelas teorias unitárias propostas por Einstein nos anos 1940 e 1950 também orientaram as pesquisas de Marie-Antoinette Tonnellat, sobre quem falaremos de maneira mais detalhada no capítulo 3.

A terceira cientista que trabalhou com relatividade geral antes de 1950 foi Lillian Rosanoff Lieber. Nascida em 26 de julho de 1886 na cidade de Nicolaiev, na Ucrânia, muito cedo se mudou para os Estados Unidos, com cerca de quatro anos de idade. Sua formação passa pelo Barnard College, em Nova Iorque, onde obteve seu bacharelado e Columbia University, também em Nova Iorque, em que obteve seu mestrado. Além disso, obteve um doutorado em química na Clark University, em Massachusetts, em 1914.

Em 1934, Lillian iniciou sua trajetória na Long Island University ao entrar para o Departamento de Matemática. Dois anos depois, tornou-se chefe do departamento e foi nomeada professora titular em 1947. A cientista se aposentou na mesma instituição no ano de 1954, continuando a publicar durante toda a década de 1960.

O seu único trabalho em relatividade geral e gravitação é o livro *The Einstein Theory of Relativity*, publicado em 1945. A obra fornece uma introdução à teoria da relatividade de Einstein através de poesias e ilustrações feitas por seu marido, Hugh Gray Lieber (1896 – 1961).

Bruria Kaufman nasceu em Nova Iorque em 1918, migrando para a então Palestina em 1926. Após obter um bacharelado em matemática pela Universidade Hebraica de Jerusalém, em retornou aos Estados Unidos para realizar um doutorado pela Universidade de Columbia, em Nova Iorque, concluído em 1948. De 1948 a 1955 ela trabalhou no Instituto de Estudos Avançados de Princeton, colaborando com o matemático húngaro John von Neumann e colaborando e co-autorando alguns artigos com Einstein sobre aspectos matemáticos da teoria da relatividade geral

Figura 6 – Lillian R. Lieber

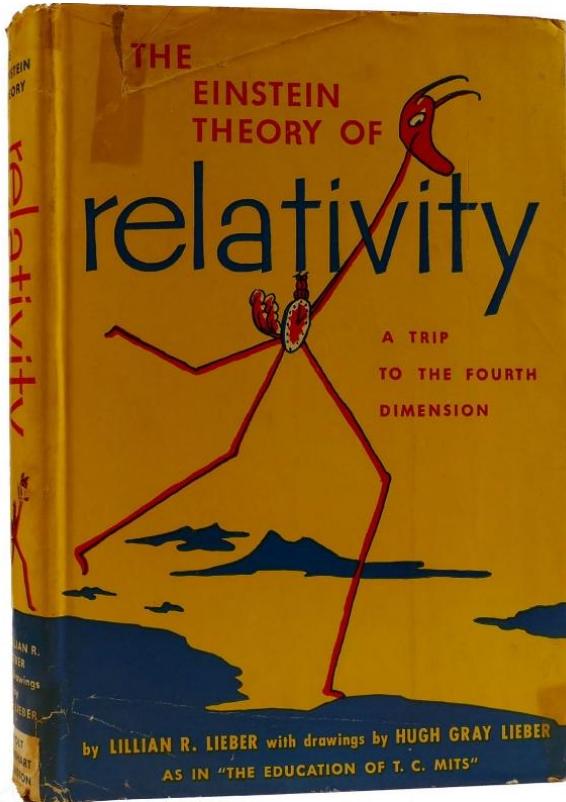


Fonte: Physics Today

Por fim, mencionamos também Madge Gertrude Adam, que concluiu, em 1940, uma tese em astrofísica intitulada “Behaviour of faint lines in the solar spectrum” na Universidade de Oxford sob a orientação provavelmente de Harry Hemley Plaskett. Ainda que a sua pesquisa principal fosse mais sobre atividade solar, sem conexão direta com relatividade geral, ela foi listada por Mercier como sendo uma pesquisadora em relatividade geral, o que nos motiva a incluí-la em nosso levantamento. Essa identificação de física solar com relatividade geral provavelmente tem sua origem na simbiose entre as áreas, em uma época na qual o *redshift* gravitacional ainda não havia sido definitivamente observado e se esperava que fosse a partir da espectroscopia solar que essa medida fosse feita.

A mesma situação ocorre com Cecilia Payne-Gaposchkin, que escreveu uma tese intitulada “Stellar atmospheres, a contribution to the observational study of high temperature in the reversing layers of stars” no Radcliffe College em 1925, e com Eleanor Margaret Burbrigde, que defendeu uma tese sobre astrofísica no University College London em 1943. Ambas são mencionadas por Mercier como sendo integrantes da comunidade de relatividade geral no início dos anos 1960.

Figura 7 – Capa do livro de Lilian Lieber, publicado em 1945



Fonte: Rare Book Cellar

2.6. As mulheres no “renascimento” da teoria da relatividade geral

No início dos anos 1950, o cenário mudou completamente. Em 1952, a matemática francesa Yvonne Choquet-Bruhat (1924-) defendeu sua tese de doutorado sob a orientação de André Lichnerowicz intitulada *Théorème d'existence pour certains systèmes d'équations aux dérivées partielles non linéaires*. A partir dos trabalhos do russo Sergei Sobolev, publicados nos anos 1930, ela mostra que a equação de Einstein, se escrita na base harmônica, tem solução e essa solução é única (Choquet-Bruhat, 2016). Este é um dos mais importantes resultados matemáticos da relatividade nos anos 1950.

Também em 1952, a física francesa Cécile Morrete-Payen publica no periódico *Physical Review*, em co-autoria com Bryce DeWitt, seu primeiro artigo sobre relatividade geral, intitulado *The Quantum Theory of Interacting Gravitational and Spinor Fields*. Nos anos seguintes, ela não se dedicará sistematicamente à relatividade geral, desenvolvendo pesquisas importantes em outras áreas. Entretanto, será organizadora da conferência de Chapel Hill, da qual falaremos

em mais detalhes no próximo capítulo. Essa conferência foi, segundo DeWitt-Morette & Ricks (2017), o primeiro encontro da nova geração de pesquisadores em relatividade geral.

Também nos anos 1950, diversas mulheres receberam seus doutorados com pesquisas em relatividade geral e temas afins ou migraram para a relatividade logo após o doutorado. Stamatia Mavrides defendeu em 1953, aparentemente na Universidade de Paris, uma tese em biologia intitulada “Étude quantitative de l’isohémagglutination des hématies du groupe A” e depois, por caminhos que não parecem claros, migrou para a física teórica, indo trabalhar com Tonnelat (Goenner, 2014, p. 122). Ambas, inclusive, viajam ao Rio de Janeiro, como professoras visitantes na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RJ), no início da década de 1970.

Em 1957, foi a vez de Josette Charles (*née* Renaudie) defender, sob a orientação de Lichnerowicz e de Tonnelat, uma tese intitulada “Étude mathématique d’une théorie hexadimensionnelle du champ unifié”. Em 1958, Françoise Hennequin também concluiu, sob a orientação de Lichnerowicz e Tonnelat, as teses “Etude mathématique des approximations en relativité générale et en théorie unitaire de Jordan-Thiry” e “Connexions linéaires sur un espace fibré principal”. Em data incerta, entre 1957 e 1959, Françoise Maurer (*née* Tison) defendeu, também na Universidade de Paris, “Aspects mathématiques de la théorie unitaire du champ d’Einstein”, provavelmente sob a orientação de Tonnelat. Judith Winogradzki defendeu em 1953 a tese “Contribution à la théorie des grandeurs physiques attachées aux particules de spin $\frac{1}{2}$ ” sob a orientação de Louis de Broglie e em seguida foi trabalhar sobre relatividade geral com Tonnelat.

As alunas de Tonnelat citadas acima nos mostram um padrão interessante. É em torno de uma orientadora que uma geração de mulheres se formou, o que nos sugere que talvez essas jovens cientistas tenham encontrado na orientadora Tonnelat mais acolhimento do que em outros espaços. O mesmo padrão se repete na Itália, onde Maria Pastori orienta Franca Maria Graiff em 1951, com a tese “Sull’integrazione sensoriale negli spazi di riemann a curvatura costante”, e Laura Martuscelli por volta de 1955, com a tese “Sopra una possibile modificazione della teoria unitaria di Einstein”.

Ainda nos anos 1950, mais precisamente em 1953, Edith Schaffhauser-Graf concluiu a sua tese na Universidade de Fribourg, na Suíça, intitulada “Versuch einer 4-dimensionalen einheitlichen Feldtheorie der Gravitation und des Elektromagnetismus”, com orientação desconhecida. Em 1956, Aina Elvius concluiu sua tese “Diffraction and polarization of light by interstellar particles in spiral galaxies” (tema mais ligado à astrofísica, mas correlato à

relatividade geral) no Stockholm college, também com orientação desconhecida. Em 1958, Judith Richman Blankfield defendeu sua tese “Approximations to Einstein's Equations of General Relativity” na University of Illinois sob a orientação de George Cunliffe McVittie. Por fim, em 1959, Charlotte Soergel-Fabricius concluiu sua tese sobre relatividade geral, cujo título desconhecemos, na Universidade de Freiburg, na Alemanha.

Ou seja, a consolidação de uma comunidade de pesquisa em relatividade geral nos anos 1950 ocorreu concomitantemente à consolidação de um número expressivo de mulheres pesquisando em relatividade geral e temas afins. De sete mulheres em 1950, chegamos a um total de ao menos dezessete mulheres trabalhando na área em 1960. Essa consolidação da comunidade de pesquisa em relatividade geral também só foi possível pela ação direta de duas mulheres, Cécile Morrete-Payen e Marie-Antoinette Tonnelat, que organizaram, respectivamente, as conferências de Chapel Hill e de Royaumont, os dois primeiros encontros dessa comunidade.

Nos anos 1960, momento no qual a comunidade de relatividade geral já estava consolidada – com a *International Society on General Relativity and Gravitation* em plena atividade e com conferências trienais regulares, primeiro em Jablonna, na Polônia, em 1962; depois em Londres, em 1965; e, por fim, em Tbilisi, na Geórgia, em 1968 – a formação de novos quadros estava consideravelmente facilitada. Fazer um doutorado em relatividade geral passou a ser visto como algo promissor para os jovens pesquisadores. Neste contexto, é natural que um grande número de novos pesquisadores entrasse na comunidade, incluindo mulheres. De fato, na primeira metade da década de 1960, nove mulheres realizaram o doutorado em relatividade geral e áreas afins (ver Gráfico 6).

Capítulo 3

Cécile Morette-Payen, Marie-Antoinette Tonnelat e o renascimento da relatividade geral

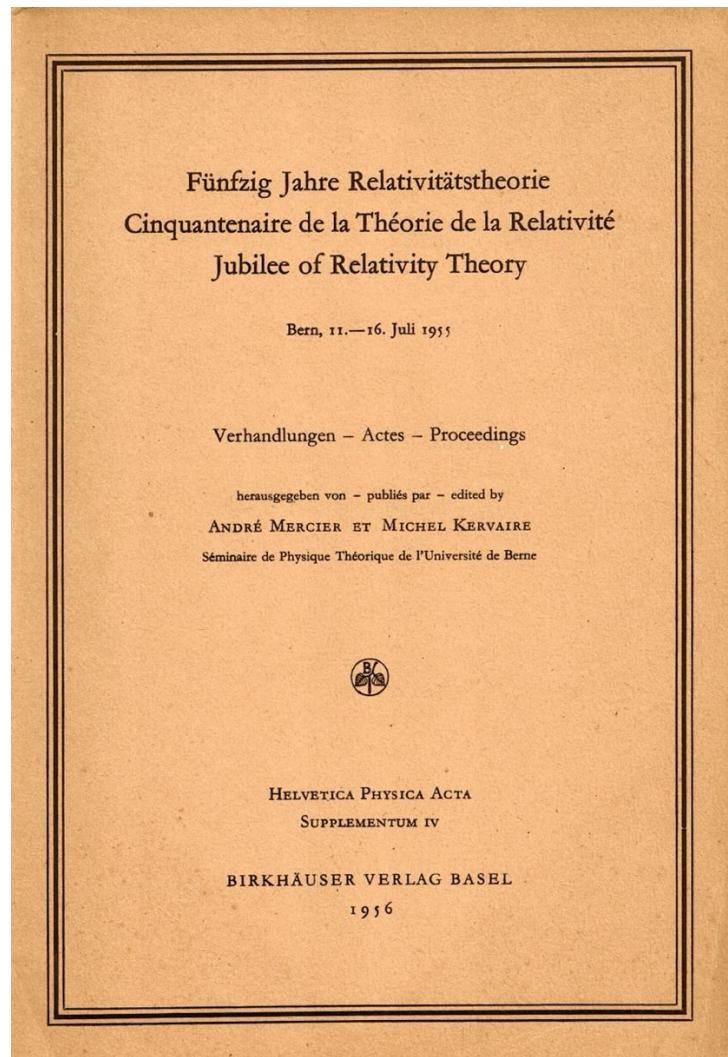
Neste capítulo, apresentamos uma análise das trajetórias das cientistas francesas Cécile Morette-Payen e Marie-Antoinette Tonnelat. No caso de Cécile, a análise se baseia em materiais arquivísticos coletados nos Estados Unidos e na Dinamarca, incluindo correspondências e fotografias, em artigos e relatos autobiográficos publicados pela própria cientista, assim como em entrevistas. Em contrapartida, no caso de Tonnelat, as informações, mais escassas, foram obtidas a partir de em obituários e em documentos de eventos. Antes de apresentarmos essa análise, fazemos uma breve revisão do debate sobre as causas do “renascimento” da teoria da relatividade geral, situando o papel desempenhado pelas duas cientistas.

3.1. A formação de uma nova comunidade de relatividade geral

O historiador Jean Eisenstaedt argumentou, com base em reminiscências dos cientistas e em alguns documentos de época, que havia de 1925 a 1955 um sentimento de que a teoria da relatividade geral se encontrava posta no ostracismo, tanto pela sua baixa capacidade preditiva – havia somente os famosos três testes clássicos da relatividade geral – quanto pela dificuldade em destronar a gravitação newtoniana, que continuava a ser utilizada no dia a dia da astronomia. Ou seja, apesar da recepção inicial calorosa que a teoria da relatividade geral teve, das críticas técnicas e das respostas elegantes que foram dadas, e do entusiasmo por vezes passional que a teoria despertou em alguns físicos, “nos anos vinte, a teoria [da relatividade geral] entra em um período extremamente curioso de sua história: uma espécie de travessia do deserto” (Eisenstaedt, 1986, p. 115).

Após esse período, teria havido, segundo diversos autores, um processo de renovação do interesse sobre a teoria da relatividade geral, o qual é frequentemente denominado “renascimento” da relatividade geral. Diversos autores propuseram caracterizações desse movimento de “renascimento”, as quais foram debatidas e criticadas (cf. Goenner, 2017). Dentre as caracterizações apresentadas do renascimento, a que nos parece mais interessante é aquela proposta

Figura 8 – Anais da Conferência de Berna

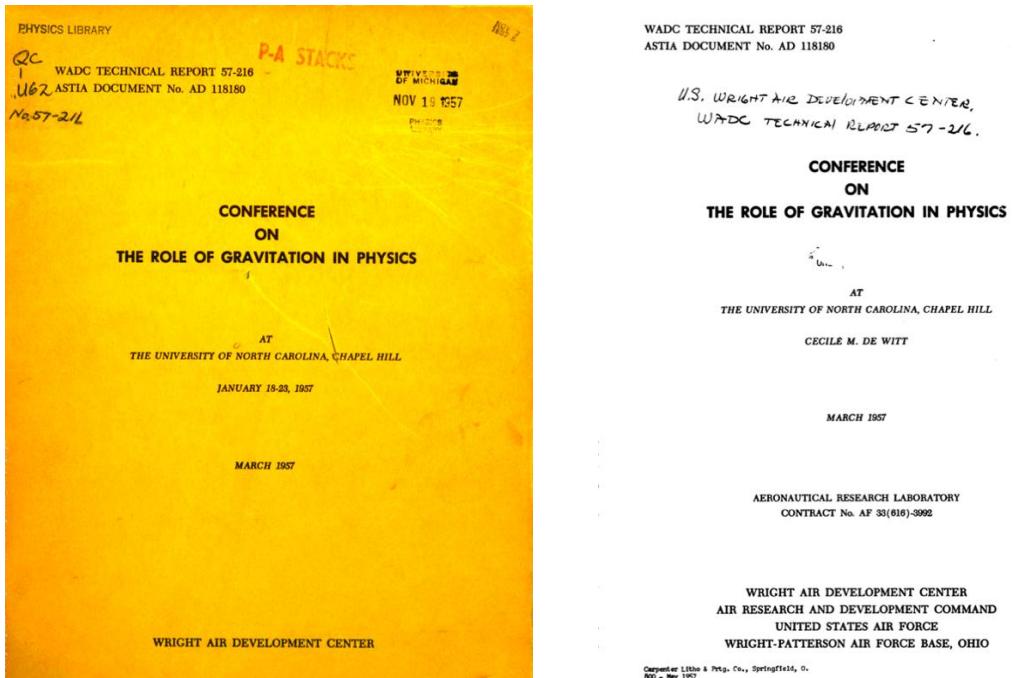


Fonte: o próprio documento.

pelo historiador Roberto Lalli, a qual enfatiza os aspectos sociológicos existentes na formação de uma comunidade de pesquisadores em relatividade geral, comunidade esta que claramente inexistia antes de 1955 (Lalli, 2017).

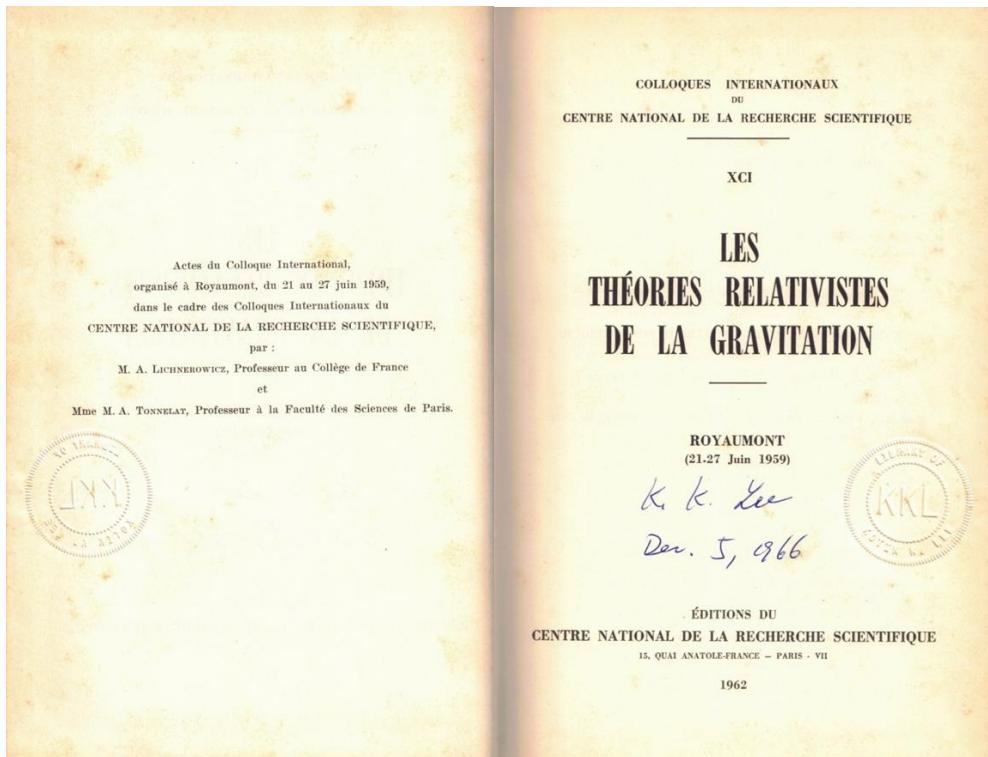
Na formação dessa comunidade, um papel central foi desempenhado pelas três primeiras conferências de relatividade geral, ocorridas em Berna, na Suíça, em 1955; em Chapel Hill, nos Estados Unidos, em 1957; e em Royaumont, na França, em 1959. Essas conferências foram organizadas, respectivamente, por André Mercier, por Cécile DeWitt-Morette e por Yvonne Choquet-Bruhat em colaboração com André Lichnerowicz. A importância dessas conferências

Figura 9 – Anais da Conferência de Chapel Hill



Fonte: o próprio documento.

Figura 10 – Anais da Conferência de Royaumont



Fonte: o próprio documento.

aliada ao fato de que duas delas tenham sido organizadas por mulheres, nos motiva a estudar mais detidamente, neste capítulo, a trajetória dessas duas cientistas.

3.2. A trajetória de Cécile Morette

Cécile André Paule Morette nasceu no dia 21 dezembro de 1922, em Paris, na França. Verschueren (2019) a considera “filha adotiva do *Corps des Mines*”, principal corpo técnico francês, até então totalmente masculino e elitista. Isso porque Cécile é filha de André Pierre Ernest Morette (1879-1931), era ex-aluno da École Polytechnique de Paris e da École des Mines. Durante anos, seu pai atuou como professor da École des Mines em Saint-Etienne e na École des Mines de Paris. Em 1923, ele foi contratado para trabalhar na Société Metallurgique de Normandie, em Caen, uma cidade localizada na região da Normandia, no norte da França.

Sua mãe, Marie-Louise Claire Ravaudet (1888-1944), cresceu na cidade francesa de Poitiers e teve a educação até o nível final do *Lycée*⁵. Quando estava se preparando para a realização de um exame, casou-se com André Morette. Juntos, Marie-Louise e André Pierre adotaram 3 meninos e tiveram mais 3 meninas de forma natural, com Cécile sendo a mais velha.

Após o falecimento de André Morette (Figura 1), em 1931, Marie-Louise casou-se com o engenheiro civil Maurice Payen (1889-1974), cujo sobrenome veio então a compor o sobrenome de Cécile, que passou a se chamar Cécile Morette-Payen. Após o falecimento do pai, embora sua família fosse ateia, Cécile se converteu ao catolicismo. Durante a década de 1930, ela integrou um grupo de meninas católicas denominado “*Catholic Girl Guide*”, que continuou clandestinamente durante a ocupação alemã na França. Em um relato melancólico, sua filha, Abigail DeWitt (2018), relata que a religião deu a Cécile um senso de propósito durante a Segunda Guerra Mundial, amenizando o horror da ocupação alemã.

Em entrevista a Toni Feder, realizada em 2008 e publicada pela Physics Today, Cécile comenta que gostaria de seguir carreira em medicina, mas como o contexto da Segunda Guerra Mundial impossibilitou o feito, graduou-se em Ciências pela Universidade de Caen. Em seguida, foi dar continuidade aos seus estudos em Paris. Com a guerra acontecendo, Morette precisou solicitar um passe para viajar com a justificativa de obter o mestrado em física em um curso de mecânica quântica.

⁵ O estudante está apto a ingressar no *lycée* após a conclusão do último ano do *collège*. Essa fase dos estudos é dividida em três níveis e ocorre, em média, dos 15 até os 18 anos.

Como era tempo de guerra e Caen ficava na zona costeira, tive que pedir um passe. E a única razão que eu poderia dar para parecer razoável era dizer que estava indo obter meu mestrado em física. Eu sabia que se estivesse [escrito] no meu passe era melhor fazer, então me inscrevi em um curso de mecânica quântica. Eu tinha ouvido vagamente o termo, mas souu bem para mim e souu muito bem para o oficial alemão. (FEDER, 2008)

A disciplina em que se matriculou era ministrada pelo físico e filósofo Jean Louis Des-touches (1909-1980). Na entrevista realizada com ela por Hartz, em 2011, ela comenta que não gostou da disciplina e, desde então, perdeu o interesse por qualquer debate sobre fundamentos ou interpretação da mecânica quântica.

O exame para o curso aconteceu no dia 6 de junho de 1944. Apesar de receber conselhos para que não fosse a Paris, devido aos perigos da Guerra, realizar um curso que não a interessava, Cécile foi.

Uma lição que aprendi durante a guerra [Segunda Guerra Mundial] é que você não sabe onde está o perigo, não sabe o que é. Se [algum compromisso] estiver na sua agenda, apenas faça-o. Eventualmente, eu estava fazendo aquele exame no dia D, então não estava em casa. E nossa casa recebeu as primeiras bombas, e todos na casa foram mortos. (FEDER, 2008)

A data em questão marca o primeiro dia de desembarque militares das tropas Aliadas na costa da Normandia durante a Segunda Guerra Mundial. Em meio a essa batalha, Caen foi intensamente bombardeada, causando as mortes de quase toda a sua família: sua avó, sua mãe e de uma das irmãs. Conforme relata DeWitt (1993), dois irmãos e uma irmã sobreviveram. Após o acontecimento, ela permaneceu em Paris, nunca retornando à antiga cidade.

Apesar de pouco comentar sobre o ocorrido e o impacto que o bombardeio teve em sua vida, Abigail DeWitt, filha de Cécile, explicita a relação da família com o Dia D em um texto romântico e melancólico sobre a mãe. De acordo com DeWitt (2018),

é uma história que não consigo parar de contar. Em todas as obras de ficção que escrevi, o dia D desempenha um papel. Em um romance, o único sobrevivente está deprimido – minha mãe, não; em outro, ela está

tendo um caso – minha mãe, não; mas o que é verdade é que a dor que minha mãe não podia permitir infeccionou da mesma forma que a depressão infecciona, sua saudade de seu lar perdido era tão dolorosa e fascinante quanto o amor inatingível. (...) depois do dia D, sua fé nunca mais foi a mesma. Embora ela continuasse indo à igreja, ela freqüentemente dizia em seus últimos anos que não sabia por que, não sabia se ainda acreditava em Deus. (DeWitt, 2018)

Em outubro de 1944, Morette foi recrutada como pesquisadora *junior* do Centro Nacional de Pesquisas Científicas (CNRS), considerado a maior instituição pública de pesquisa científica da França. Segundo Verschueren (2019), nessa época somente 15% dos pesquisadores em física do CNRS eram mulheres. Este número é ainda menor quando analisada a porcentagem em física teórica, com somente 10% dos pesquisadores sendo mulheres.

No mesmo período, Morette aceitou o convite para trabalhar no Laboratório de Irène Joliot-Curie e Frédéric Joliot-Curie, no Collège de France. Após assumir o posto de matriarca da família, Cécile decide não recusar a oportunidade de trabalho, que tinha surgido antes do bombardeio do Dia D. De acordo com ela, na entrevista realizada por Hartz, em 2011, o laboratório era gerenciado por Irène Joliot-Curie, apesar de ter sido Frédéric Joliot-Curie quem supervisionou o seu trabalho.

Na mesma entrevista, Morette comentou sobre uma “piada” proferida por Frédéric Joliot-Curie em relação a ela: “Eu fico te ensinando uma série de coisas, e depois você vai casar e isso não vai te servir de nada!” (Hartz, 2011). Apesar de reforçar que não se sentira ofendida na época, é possível questionar o motivo de recordar do comentário mais de seis décadas após o ocorrido.

Apesar da importância na carreira profissional de Cécile, DeWitt (1993) afirma que Frédéric Joliot-Curie não serviu de modelo para ela. Em sua descrição, que Frédéric era um cientista grosseiro e tinha tendênci a afirmar que “qualquer um que se preocupasse com os perigos da radiação não era um cientista dedicado” (DeWitt, 1993, p. 150). Um episódio no laboratório que se relaciona com o comentário de DeWitt (1993) e expõe os perigos de Cécile com a radiação foi a descoberta de uma fonte de nêutrons na escrivaninha para a qual a cientista havia sido designada.

Apesar do laboratório ser experimental, era esperado que Morette fornecesse um conhecimento de física teórica que ela não possuía. Sua função era de auxiliar Joliot a preparar suas aulas e palestras, além de responder cartas enviadas por colegas com trabalhos mais teóricos.

Em 1946, ainda em Paris, Cécile escreveu um livreto intitulado “L’Energie Atomique” (Energia Atômica), publicado pouco tempo depois da bomba de Hiroshima. Foi apenas a segunda publicação de Morette.

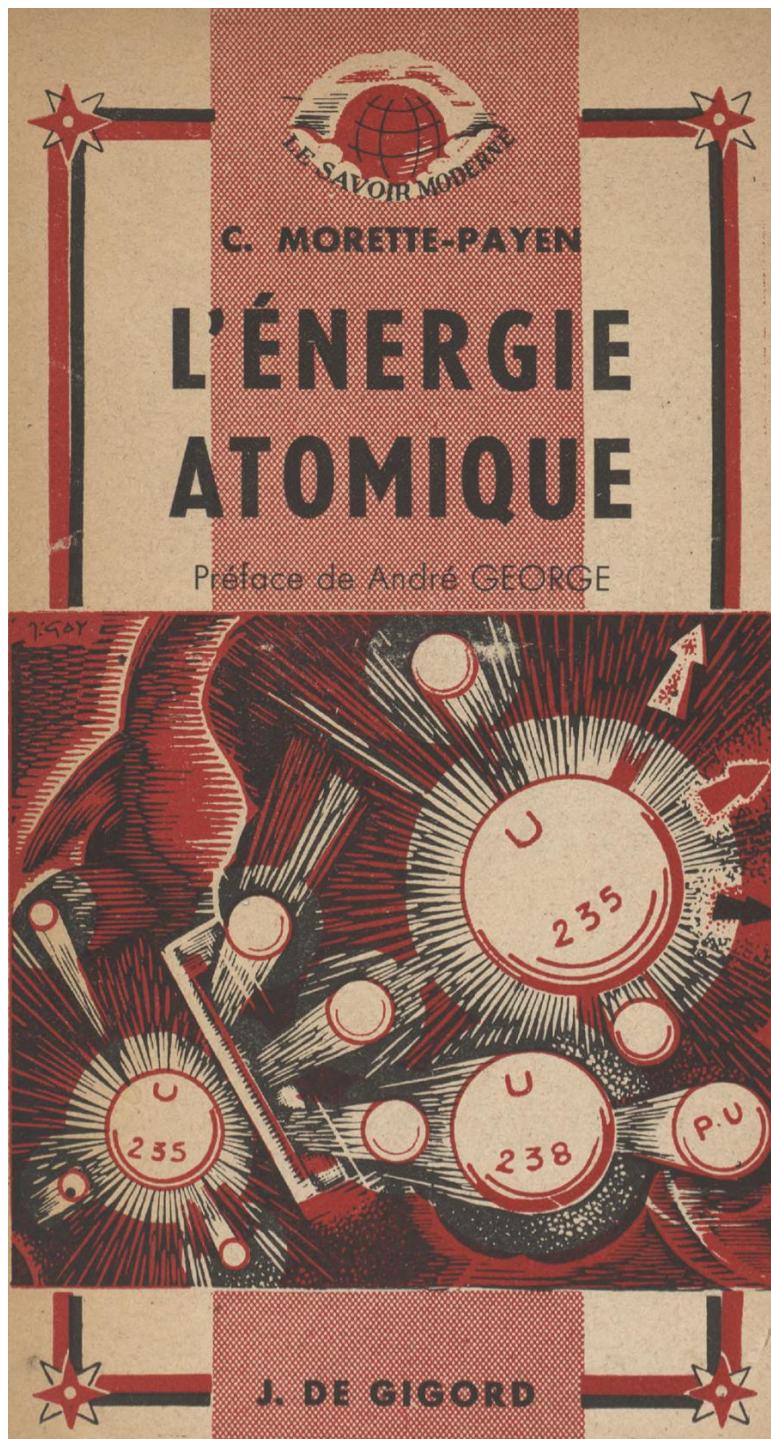
Todo mundo estava perguntando: O que é isso [Bomba atômica]? O que aconteceu? Basicamente, o livro é um curso sólido, mas rápido, de física nuclear. É uma cartilha e apresentou a energia nuclear nem como boa e nem como ruim. Foi o primeiro livro sobre o assunto na França para o público. Começa com reatores antes de ir para a bomba. Acho que meu livro foi apenas uma pequena ajuda para que a palavra “nuclear” não tivesse um impacto negativo na França. (Feder, 2008)

Em busca de aprofundar seus estudos em física teórica, Morette seguiu para o Instituto de Estudos Avançados de Dublin (DIAS), na Irlanda, em janeiro de 1946. O Instituto foi fundado em 1940, inspirado fortemente no modelo do Instituto de Estudos Avançados de Princeton (IAS). DIAS é considerado um dos poucos Institutos do mundo que, assim como IAS, deu enfoque nas ciências naturais e matemáticas.

Segundo DeWitt-Morette (2005), o físico alemão Walter Heitler contactou Frédéric Joliot-Curie assim que a comunicação com a França foi reestabelecida após a Segunda Guerra Mundial pedindo que lhe sugerisse algum cientista interessado a ingressar no Instituto.

Joliot me perguntou se eu queria ir para Dublin. Esta oportunidade não poderia ter sido mais oportuna para mim. Eu havia ingressado no laboratório de Joliot no College de France em outubro de 1944 e percebi o abismo entre a pesquisa atual em física teórica na França e no mundo, realizada nos Estados Unidos, Canadá e Reino Unido. Também percebi que estava totalmente despreparada para servir como a "teórica da casa" que Joliot queria para seu laboratório. Aceitei prontamente e com entusiasmo a oferta de Joliot. Tão rapidamente quanto permitiram os regulamentos do pós-guerra, eu estava em Dublin. (DEWITT-MORETTE, 2005).

Figura 11 - Capa do livro *L'Énergie Atomique*, publicado em 1946.



Fonte: *L'Énergie Atomique*.

Em Dublin, Cécile teve a oportunidade de conhecer e trabalhar com Peng Huan-wu. Segundo DeWitt-Morette (2005), o primeiro contato com o físico se deu na sala de estudos do Instituto quando começava a trabalhar com o tema de seu projeto de doutorado – teoria de mésons. Huan-wu auxiliou Cécile durante todas as fases de sua pesquisa, revisando seus

cálculos, sugerindo novas abordagens a problemas aparentemente intratáveis. Em 1947, Cécile e Peng escreveram dois artigos em conjunto: “*Cross sections for production of artificial mesons*”, publicado na *Nature* 160 e “*On the production of mesons by nucleon – nucleon collisions*”, publicado na *Proceeding of the Royal Irish Academy* no ano seguinte.

Morette defendeu sua tese de doutorado em março de 1947, recebendo o título pela Universidade de Paris. Com a supervisão de Walter Heitler, sua tese tinha como título “*Contribution à l'étude des mésons – creation de mésons par un choc nucléon-nucléon*”. Para a obtenção do título, também foi apresentada uma resenha sobre a Matriz S de Heisenberg, inspirada no trabalho do físico chinês Hu Ning.

Após a conclusão do doutorado, Morette foi convidada por Niels Bohr para integrar o Instituto de Física Teórica da Universidade de Copenhague por um ano. Sob supervisão do físico e químico dinamarquês Christian Møller (1904-1980), continuou com seus estudos em física das partículas, em particular, sobre a teoria de mésons. Pouco se tem registrado sobre a passagem de Morette por Copenhagen (ver Figuras 12 e 13).

Em 1948, por indicação de Heitler, Robert Oppenheimer convida Cécile para o Instituto de Estudos Avançados de Princeton (IAS), onde era diretor. Julius Robert Oppenheimer nasceu em 22 de abril de 1904, na cidade de Nova York. Filho de imigrantes alemães, Oppenheimer graduou-se em Harvard, em 1925, com a maior das honras. O físico concluiu seu doutorado na Universidade de Göttingen, na Alemanha, em 1927.

Em 1942, Oppenheimer foi nomeado para o Projeto Manhattan, desenvolvido pelos Estados Unidos com a finalidade de construir as primeiras bombas atômicas. Oppenheimer supervisionou a construção de um dos laboratórios desenvolvidos em locais secretos, em Los Alamos, onde reuniu um grupo de talentosos e renomados físicos para trabalhar na bomba atômica. Por conta de sua liderança neste projeto, ele é reconhecido como o “pai” da bomba atômica. Oppenheimer atuou como professor de física na Universidade da California, Berkeley e no Instituto de Tecnologia da California. Além disso, serviu como o terceiro diretor do Instituto de Estudos Avançados de Princeton durante dezenove anos, de 1947 a 1966.

Segundo Morette (2011), apesar de não conhecer a localização de Princeton, ela costumava dizer mais “sim” do que “não” quando se tratava de oportunidades. De licença do CNRS, pela bolsa de um ano recebida no Instituto de Física Teórica da Universidade de Copenhague, a cientista foi convidada em uma época em que o diretor Robert Oppenheimer procurava jovens pós doutorandos europeus que se beneficiariam em passar um ano no Instituto de Princeton.

Figura 12 - Caderno de visitas do Instituto Niels Bohr, Copenhagen indicando as datas de chegada (01/09/1947) e de partida (29/06/1948).

18/6 1946	✓ Dr. H. B. G. Casimir <i>pra</i> Leiden	1946	1/4 1947
2/9	✓ Professor Mrs. Ryde	1946	7/9 1947
17/9	✓ Dr. Robert Plaumann	U. S. A. 23/6 1948 + 1948	26/11 1947
21/10	✓ Dr. Brinkmann	Holland	3/10 1946
16/10	✓ Dr. J. L. Müllius	U. S. A. 1.6. 1948	3/9 1947
12/11	✓ Dr. D. Tamm	U. S. A. 1.6. 1948	14/12 1946
19/12	✓ Prof. Dr. Pauli	Zurich	2/12 1946
27/12	✓ Dr. O. Stern	U. S. A.	ca 2/12 1946
19/1	1947 ✓ H. B. G. Casimir	Leiden	24/1 1947
20/1	✓ Dr. Ernest Kauhillow	England	20/8 1947
27/1	✓ Dr. Siegfried Ollestad	Stockholm	2/2 1947
9/4	✓ Prof. Dr. G. G. Glückelberg	Prague	4/5 1947
	✓ Dr. O. R. Frisch		ca 14/4 1947
ca 15/4	✓ Prof. Randall	London	19/4 1947
25/4	✓ Dr. Gerard Leonard Klemmijen	Lund	1/6 1947
5/5	✓ Prof. René Ledoux	Brussels	17/5 1947
9/5	✓ Prof. Dr. G. Kauhnen	Pasadena	1/6 1947
4/6	✓ Prof. Mott	Birmingham	6/6 1947
1/6	✓ van Hove	Brussels	1/6 1947
1/6	✓ Dr. Rosenthal	Paris	1/6
1/7	✓ Dr. Dörrbeck	America	8/3
17/8	✓ Dr. Gerard Peilenbäck	Switzerland	1/8
2/9	✓ Dr. J. Blatner	Prague (Pragow)	1/2 1947
3/9	✓ Dr. W. Morette	Paris	29/6 1948
2/10	✓ Dr. Lucia Sisonmata	U. S. A. 25-1948	3/17 1948
2/10	✓ Dr. Abraham Pais	(Holland)	24/9 1947

Fonte: Niels Bohr Archive.

Em dois relatos, tanto em DeWitt-Morette (2011) quanto em entrevista concedida a Feder (2008), Morette especula que o convite realizado por Oppenheimer tenha sido fruto do Plano Marshall, que entrava em vigência a partir de 1948 até 1952.

Em retrospecto, acho que nos dias do plano Marshall, Oppie estava procurando por alguns jovens pós-doutorandos europeus que se beneficiariam de um ano no Instituto. (DeWitt-Morette, 2011)

Mais tarde, descobri que Oppenheimer queria fazer algo dentro do espírito do Plano Marshall, então ele escolheu dois jovens da Europa para dar cargos no instituto. (Feder, 2008).

Figura 13 - Fotografia de registro de visitante no Instituto Niels Bohr, Copenhagen, 1948.



Fonte: Niels Bohr Archive.

Em seu relato de reminiscências à revista Physics Today, DeWitt-Morette (2011) recorda alguns aspectos que estranhou em sua chegada aos Estados Unidos. Uma das situações relatadas foi a informalidade com que as pessoas eram tratadas. Inicialmente, ela se sentiu muito ofendida ao ser chamada de “Cécile” por Oppenheimer, já que só era chamada dessa forma por familiares e amigos.

Eu era Cécile apenas para minha família e amigos mais próximos; para qualquer outra pessoa, eu era “Mademoiselle Morette. Eu me senti violada e tratada como uma empregada doméstica. Hoje em dia estou feliz por ser Cécile para todos.” (DeWitt-Morette, 2011)

Uma última situação constrangedora relatada pela cientista ocorreu com o diretor Robert Oppenheimer sobre sua condição financeira. Segundo a própria Morette (DeWitt-Morette, 2011), era comum que as pessoas não conseguissem compreender alguns costumes franceses e

isso ocorreu ao confundir a profissão do pai de Cécile – que era um *Ingénieur au Corps des Mines* – com um *Ingénieur des Mines*.

Um *Ingénieur des Mines* é um engenheiro de minas, enquanto o *Ingénieur au Corps des Mines* é um dos melhores graduados da l'Ecole Polytechnique, uma das escolas de maior prestígio da França. Geralmente, encontram-se *Ingénieur au Corps des Mines* em posições de topo dos setores públicos e privados. Essa confusão culminou em Cécile se tornando pupila de Oppenheimer, o que se tornou um grande benefício para sua carreira.

Esses relatos divulgados por Morette demonstram o conflito cultural entre os Estados Unidos e a França, além de evidenciar discriminações de gênero que podem passar desapercebidas na época. Em uma das situações, Morette foi convidada para passar uma noite na casa do físico húngaro Eugene Wigner e de sua esposa, Mary Annette (Wheeler) Wigner. Recém-chegada, Cécile aceitou o convite “alegremente”, mas acabou a noite sozinha na casa da família para cuidar de Martha Wigner, filha do casal.

Nunca tinha ouvido falar em babá. O pior foi que o jantar deixado para Martha consistiu em uma salsicha e alguns palitos de cenoura; julgado do ponto de vista de uma educação francesa, isso era totalmente inaceitável para uma criança pequena. Em retrospecto, duvido que um pós-doutorando recém-chegado tivesse sido convidado para ser babá (DeWitt-Morette, 2011).

Em outros casos, Cécile relembrava situações com colegas de departamento.

Estar em um Instituto dominado por homens não era problema. (...) Lembro-me de dois episódios em que os outros pós-doutorandos me consideravam uma mulher.

Eles queriam saber se eu sabia cozinhar, e Quin Luttinger me pediu para preparar uma refeição para eles.

Jack Steinberger organizou uma caminhada noturna e se perguntou sobre minha acomodação para dormir. “Sem problemas,” eu disse. “Vou colocar uma tora entre você e eu.” Ele ainda menciona isso! (DeWitt-Morette, 2011)

Em 1949, Morette viajou ao Brasil, tema sobre o qual falaremos mais adiante. Após a volta aos Estados Unidos, ela entrou com o pedido de Green Card, um visto permanente de imigração concedido pelo governo norte-americano. Com o Green Card, Cécile conseguiria residir nos Estados Unidos pelo tempo que quisesse. No entanto, segundo relatos da própria

cientista, não era de seu interesse ficar no país, apenas visita-lo sem complicações. O documento foi emitido em 17 de setembro de 1949.

Com a volta de Cécile a Princeton, Oppenheimer ofereceu a cientista mais dois anos de permanência no Instituto. No fim de 1949, de acordo com DeWitt (1993), Cécile recebeu um convite para atuar na Universidade de Nancy, que estava em expansão sob influência do grupo Bourbaki, e, no início de 1950, foi convidada para ser professora na École Normale Supérieur, em Paris. Em ambos os casos, os convites foram recusados.

Oppie me convidou para ficar pelo segundo ano no Instituto. Ele pensou que eu estava preocupada em voltar para a França. Eu não disse a ele que Laurent Schwartz havia me convidado para ingressar na *Université de Nancy* como *Maitre de Conférences*, um cargo efetivo; mas esta posição provavelmente poderia ser adiada. (DeWitt-Morette, 2011)

A viagem a Princeton também influenciou a vida pessoal de Cécile. Durante a estadia no Instituto, Cécile conheceu o físico norte-americano Bryce DeWitt, com quem viria a se casar. Carl Bryce Seligman, futuramente Bryce Seligman DeWitt, nasceu em 8 de janeiro de 1923 no estado da Califórnia. Filho de médico e professora de matemática, DeWitt se graduou em física na Universidade de Harvard em 1943.

Ao fim dos estudos, DeWitt foi convidado por Robert Oppenheimer para compor um projeto de pesquisa secreto que era parte do projeto Manhattan. No entanto, com o objetivo de voltar a Califórnia, DeWitt declinou o convite e foi trabalhar no Calutron⁶ em Berkeley.

Em janeiro de 1946, DeWitt volta a Harvard com o objetivo de realizar o mestrado e, em seguida, o doutorado. Em 1949, o físico aceitou um novo convite de Robert Oppenheimer. Desta vez, o convite era para trabalhar no Instituto De Estudos Avançados de Princeton, na área de teoria da relatividade geral. Neste contexto, Bryce conhece Cécile. A proposta de casamento ocorreu em uma noite de 1950 enquanto ambos jantavam no apartamento de Cécile.

Minha reação instintiva (eu tinha prática) foi que não podia porque ele era um “estrangeiro”. Ele [Bryce], então, saiu de meu apartamento e voltou para a física. (...) Na manhã seguinte, tive um pensamento repentino e totalmente formado: se eu criasse uma escola de verão em um pequeno vilarejo nos Alpes franceses, onde vinte pessoas viessem para aprender os recentes

⁶ Calutron é um equipamento usado na separação do urânio. Especificamente para o Projeto Manhattan, de acordo com Weinberg (2008), o acelerador era usado para separação final do urânio-235 do urânio-238.

desenvolvimentos da física apresentados pelos próprios autores, eu teria feito algo pela França, e eu poderia me casar com Bryce. (DeWitt-Morette, 2011)

O pensamento de Cécile sobre um instituto francês não aparenta ter surgido de uma hora para outra. O físico inglês Freeman Dyson – amigo próximo de Morette – conta em cartas aos seus pais em 1949 que Morette levou um empresário francês muito rico a Princeton. Segundo Dyson (1949, in Dyson 2011),

[Cécile] insinuou [ao convidado], com bastante veemência, que a França poderia ter um instituto semelhante [ao Instituto de Estudos Avançados de Princeton]; ela disse que, se fosse nomeada diretora do instituto francês, convidaria todos nós para dar uma palestra lá. Vai ser interessante ver se alguma coisa vem disso. (Dyson 1949 in Dyson 2011).

De certo modo, a criação da escola de Les Houches foi uma iniciativa nessa mesma direção. A escola tinha como objetivo contribuir para a reconstrução do ensino da física moderna na França após o desastre da Segunda Guerra Mundial. O documento de criação de Les Houches relata que

O ensino de física teórica é, em geral, insuficiente. Nestas condições, seria bom oferecer, durante o verão, aos estudantes e jovens pesquisadores franceses e estrangeiros, uma formação básica que lhes permitisse enfrentar os problemas da física teórica moderna. (Projet d'École de Physique, p.1, antes de 1951)

Os cursos oferecidos pela escola eram programados para se adequar tanto a estudantes e pesquisadores menos experientes, permitindo que acompanhassem as aulas de maneira proveitosa, e aos pesquisadores mais experientes, ao apresentar algum assunto que conheçam parcialmente. O documento de criação também explica a opção de uma escola no verão. O período permitia que professores estrangeiros conseguissem colaborar com as aulas desfrutando a residência em uma região pitoresca e facilitaria a presença de alunos de lugares mais distantes.

A Escola de Les Houches, inicialmente conhecida como *École de physique des Houches*, foi situada acima do vale de Chamonix, com vista total para Mont-Blanc. Alunos e professores que visitavam o curso ficavam hospedados em “chalés de montanha” a poucos quilômetros da escola.

Figura 14 - Recorte de jornal sobre o casamento de Cécile Morette e Bryce DeWitt.

DINUBA SOCIAL EVENTS

Campus Romance Culminates In Paris Wedding

A romance which began on the campus of Princeton University over a year ago, culminated in a wedding in Paris, France, Wednesday morning when Bryce Seligman DeWitt claimed as his bride Mademoiselle Cecile Mortette-Payen of Paris. A large assemblage of relatives and friends, including a large number of prominent personages of the continent, were expected to witness the ceremony which was performed at 11 a.m. in the chapel of the University of Paris.

Attended by Sister
For her wedding the bride chose a gown of white silk brocade with white lilacs. She was given in marriage by her step-father, Monsieur Maurice Payen, and was attended by her sister, Mademoiselle Marianne Morette, and her small niece and nephew, Marie Ev and Joel Morette.

A luncheon followed the chapel rites and later Monsieur Payen received at a reception at a club in the French capitol.

The bride is a daughter of the late Andre Morette, Knight of the Legion of Honour, chief engineer of the French Corps of Mining Engineers and associated with metallurgy and mining interests of France. Her mother was the late Marie Louise Ravaudet, pioneer in progressive education, and her step-father is also a Knight of the Legion of Honour and is Minister of Reconstruction for the government. He is also a member of the board of several French navigation and mining companies.

Brilliant School Records
Both young people have made outstanding advancement in the studies of science and physics. She holds the degree of Doctor of Science received from the University of the Sorbonne, is an Associate Professor, French National Research Council; a past member of the Institute for advanced study at Princeton, N. J., of the Institute for theoretical physics at Copenhagen, and of the Institute for advanced studies, Dublin, Ireland.

The groom is a native of Dinuba and is the eldest son of the late Dr. Lewis L. Seligman and Mrs. Seligman. Mrs. Seligman made a plane trip to Paris to attend the wedding. In accordance with French custom, Mrs. Seligman walked down the chapel aisle with her son.



PARIS BRIDE — Bride of BRYCE SELIGMAN DE WITT at ceremony in Paris, Wednesday.

Lectures at Bombay
Bryce received his elementary education in Dinuba and San Jose. His preparatory school was Middlesex School at Concord. He is a graduate of Harvard University, Summa cum Laude, in physics. He served in the navy during World War II, receiving his pilot's wings at Pensacola. After the war he returned to Harvard for graduate work in physics and received a Ph. D degree. Under a fellowship grant from the National Research Council, he became a member of the Institute for Advanced Study at Princeton, after which he went to Zurich, Switzerland, for further study. He is now Visiting Fellow of the Tata Institute for Fundamental Research, Bom-

bay, India, where he will return with his wife in September. The two of them will direct a summer school for Theoretical Physics at Chamouix, in the French Alps. It is a part of the University of Grenoble.

Honeymoon In France
Bryce is a member of Phi Beta Kappa, Sigma Xi, scientific honor society; and of the American Association For the Advancement of Science. During his undergraduate years at Harvard, as well as Middlesex School, he was active in crew, being stroke of the Harvard crew during his senior year.

The newlyweds are spending their honeymoon in the south of France and will go to Copenhagen to attend a scientific conference before taking up their work at Chamouix for the summer.

Fonte: Arquivo do Dolph Briscoe Center, Texas, Estados Unidos.

O documento ainda ressalta a importância dessas escolas para a pesquisa científica, como ocorria já nos Estados Unidos, e reforça que a implementação desse modelo de escola na Europa contribuiria, a nível científico, para a cooperação internacional e para o prestígio francês. A escola foi oficialmente criada em 18 de abril de 1951.

Em alguns trabalhos, incluindo Verschueren (2019) e a entrevista realizada com Cécile em Mitchell (2000), a maneira como Morette conseguia o apoio de seus colegas – homens – para a criação de Les Houches é bastante comentada. Segundo Mitchell (2000), para obter o apoio necessário, Cécile daria a entender que a proposta era deles. “Ela descrevia o plano para eles e telefonava uma semana depois para dizer: ‘Ah, aquela ideia que você me contou foi ótima’” (Mitchell, 2000). Outro caso que ilustra sua estratégia é descrito por ela em DeWitt-Morette (2011).

Bati em muitas portas. (...) Bati à porta de Pierre Donzelot, então *Directeur des Enseignements Supérieurs*, tendo planejado cuidadosamente bater à porta quando sua secretária estivesse almoçando. No saguão, eu havia fingido ser uma secretária para que nenhum empregado me impedisse. Donzelot abriu a porta. Contei a ele minha história. Ele ofereceu o dinheiro imediatamente. (DeWitt-Morette, 2011)

Os cursos ministrados no primeiro ano de funcionamento da escola foram mecânica quântica, teoria quântica de campos e teoria do estado sólido. A primeira aula sobre mecânica quântica foi ministrada, em 1951, pelo físico belga e diretor da Organização Europeia para a Pesquisa Nuclear (CERN) de 1976 a 1980, Léon van Hove (1924-1990).

Outros diversos professores e pesquisadores famosos passaram por Les Houches. Dentro deles, encontram-se os vencedores do Prêmio Nobel Richard Feynman (1918-1988), Wolfgang Pauli (1900-1958) e o físico teórico Stephen Hawking (1942-2018). Outros vencedores do Prêmio Nobel e da Medalha Fields contribuíram para a reputação do local. De acordo com o site oficial de Les Houches, 60 vencedores passaram pela escola. Verschueren (2019) apresenta uma tabela que mostra a nacionalidade dos professores e palestrantes da escola e dos estudantes nos primeiros 16 anos de escola.

De acordo com os dados, professores e palestrantes dos Estados Unidos foram maioria, com 44,5%, enquanto estudantes franceses representaram 44,2%. Ao todo, em número absoluto, 200 professores lecionaram no período e 566 estudantes se matricularam em Les Houches.

Figura 15 - Cécile Morette, Jayme Tiomno (ao fundo) e colegas em Princeton, 1947.



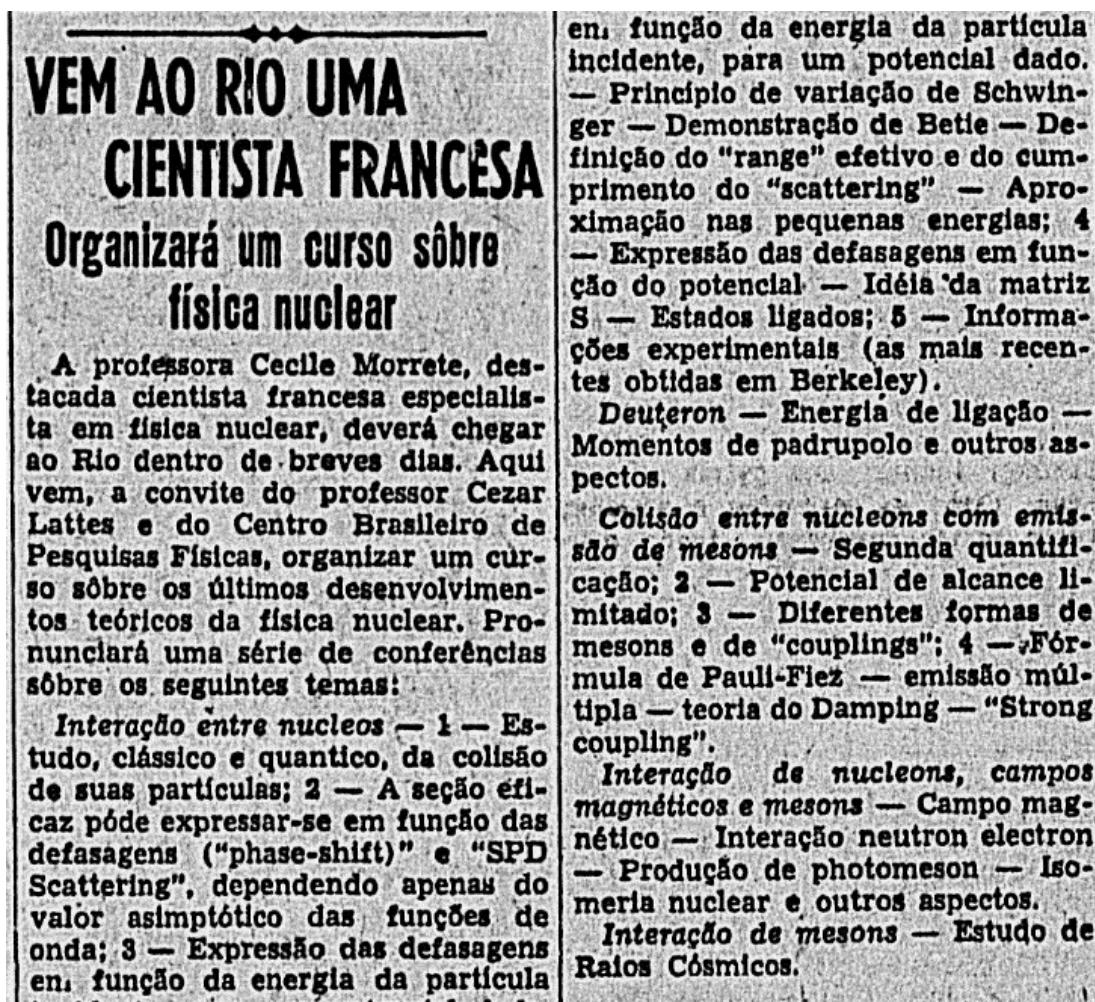
Fonte: Arquivo Jayme Tiomno, MAST.

Na semana seguinte da criação da Escola de Les Houches, Cécile Morette e Bryce DeWitt casaram em Paris, no dia 26 de abril.

No período em que esteve em Princeton, Morette concluiu três publicações. Entre elas, estão dois artigos sobre assuntos distintos. Em 1949, a publicação abordava a teoria de mésons, enquanto, em 1951, ela já se aprofundava sobre as integrais de caminho de Feynmann em seu primeiro artigo sobre o assunto.

Denominado “On the Definition and Approximation of Feynman's Path Integrals”, o artigo aborda três principais tópicos: Elementos de volume no domínio de integração de dimensão infinita; a expansão do funcional de ação em torno de seu valor para um caminho clássico e caminhos assumindo seus valores no espaço-tempo. O encantamento de Morette pelo assunto surgiu devido a alguns seminários apresentados pelo físico e matemático inglês Freeman Dyson (1923-2020) e pelo físico Richard Feynmann no Instituto, em Princeton.

Figura 16 - Matéria do jornal Correio da Manhã sobre a vinda de Cécile Morette ao Brasil, em 1949.



VEM AO RIO UMA CIENTISTA FRANCESA

Organizará um curso sobre física nuclear

A professora Cecile Morette, destacada cientista francesa especialista em física nuclear, deverá chegar ao Rio dentro de breves dias. Aqui vem, a convite do professor Cesar Lattes e do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, organizar um curso sobre os últimos desenvolvimentos teóricos da física nuclear. Pronunciará uma série de conferências sobre os seguintes temas:

1 - Interacção entre nucleos; 2 - A seção eficaz; 3 - Expressão das defasagens; 4 - função da energia da partícula incidente, para um potencial dado. — Princípio de variação de Schwin-ger — Demonstração de Bethe — Definição do "range" efetivo e do cumprimento do "scattering" — Aproximação nas pequenas energias; 5 - Expressão das defasagens em função do potencial — Idéia da matriz S — Estados ligados; 6 - Informações experimentais (as mais recentes obtidas em Berkeley).

7 - Colisão entre nucleons com emissão de mesons — Segunda quantificação; 8 - Potencial de alcance limitado; 9 - Diferentes formas de mesons e de "couplings"; 10 - Fórmula de Pauli-Fierz — emissão múltipla — teoria do Damping — "Strong coupling".

11 - Interacção de nucleons, campos magnéticos e mesons — Campo magnético — Interacção neutron-electron — Produção de photomeson — Iso-meria nuclear e outros aspectos.

12 - Interacção de mesons — Estudo de Raios Cósmicos.

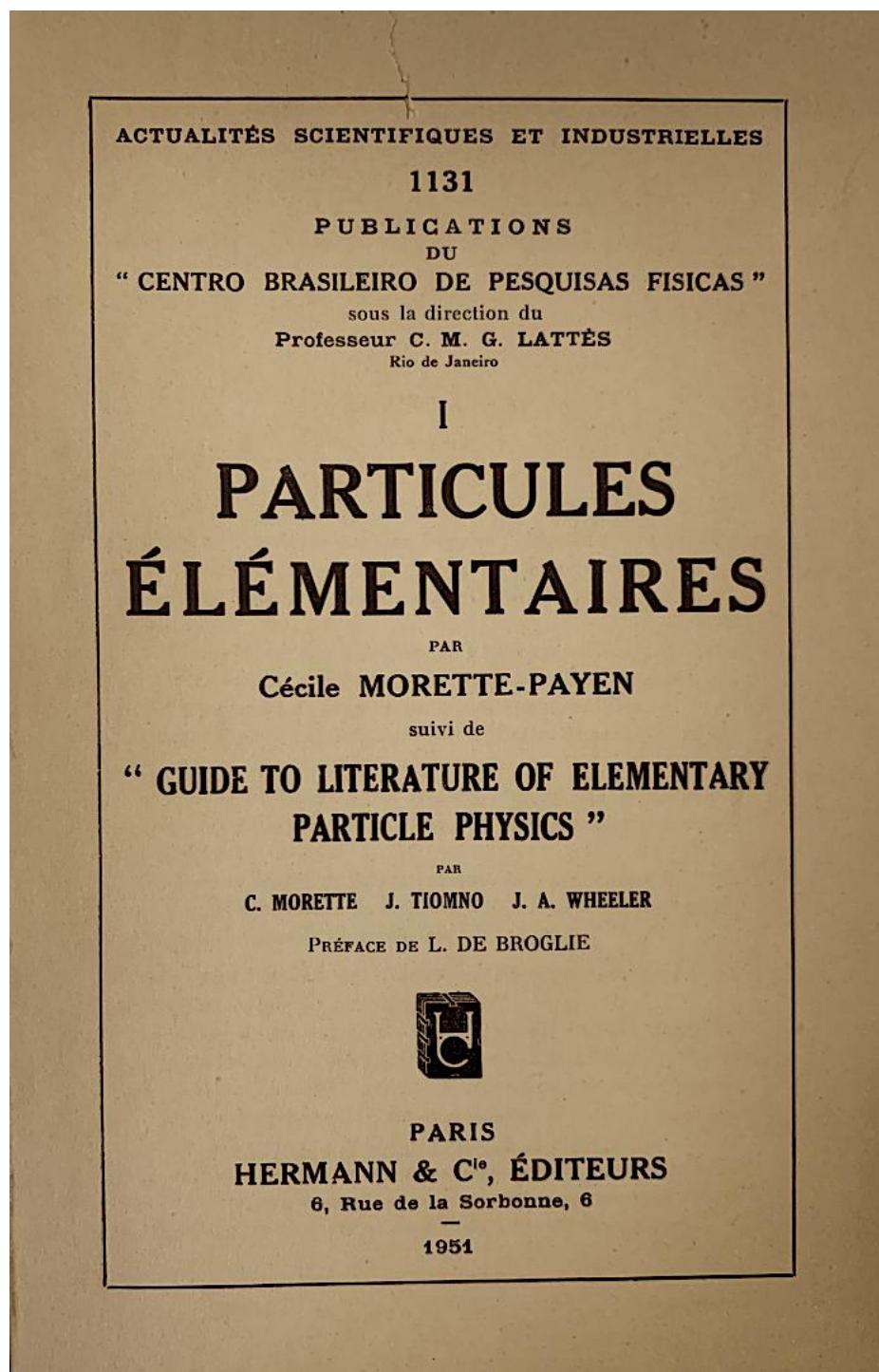
Fonte: Hemeroteca Digital da Biblioteca Nacional.

O fato de ser considerada pupila de Oppenheimer trouxe alguns benefícios a vida profissional de Morette. Um desses benefícios foi o convite realizado por César Lattes para lecionar um curso no recém-criado Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas.

Na entrevista concedida a Hartz, em 2011, Cécile afirmou que nunca compreendeu o motivo da indicação de Oppenheimer. De fato, Morette nunca havia lecionado e ainda não era uma pesquisadora conhecida, tendo publicado somente quatro artigos. De todo modo, a sugestão foi acolhida por César Lattes e, em 1949, Morette chegou ao Rio de Janeiro para ministrar um curso CBPF.

O curso ministrado no Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, no Rio de Janeiro, serviu como base para a escrita do livro *Particules Élementaires*, publicado em Paris, em 1951. A sua vinda ao Brasil já foi analisada por Tavares, Guimarães e Videira (2022), ao explorar o processo de consolidação da física de partículas no Brasil, no período entre 1944 e 1951, com destaque

Figura 17 - Livro Particules Élémentaires, 1951.



Fonte: O próprio livro.

para a criação do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF) e das contribuições de jovens cientistas como José Leite Lopes, César Lattes e Jayme Tiomno. Buscamos complementar este debate com duas perspectivas.

A primeira perspectiva é de que foi no contexto de sua vinda ao Brasil, e na preparação das suas notas de aula, que Cécile iniciou o seu processo de mudança de área dentro da física teóricas, passando de uma física de partículas teórica voltada à análise de experimentos para uma física teórica mais próxima da matemática, voltada ao estudo dos diversos formalismos matemáticos da teoria quântica, incluindo os chamados diagramas de Feynman e as chamadas integrais de caminho de Feynman. A preparação do curso também propiciou uma aproximação de Morette com Richard Feynman, autor que se tornará para ela uma grande referência.

Vale lembrar que, conforme comentamos no primeiro capítulo, será no estudo da construção matematicamente rigorosa das integrais de caminho de Feynman que ela dará as suas mais importantes contribuições à ciência. O desafio de preparar o curso a ser lecionado no Rio de Janeiro e a tarefa de redigir as notas de aula na forma de livro motivaram Morette a se atualizar de diversas novidades da física da época, influenciando sua trajetória como pesquisadora.

A segunda perspectiva é que a vinda de Morette e de Feynman ao Brasil em 1949 deve ser compreendida como um episódio que se insere no contexto geopolítico da Guerra Fria. Conforme diversos autores já analisaram, incluindo Freire Jr. e Silva (2014), a física brasileira passou, no pós-segunda Guerra Mundial, por um complexo processo de americanização. Este fenômeno não ocorreu somente no Brasil. A construção de uma hegemonia científica dos Estados Unidos na Europa e nas Américas é um processo bastante estudado e documentado (KRIGE, 2008). Esta afirmação é, em certa medida, ainda uma conjectura, que carece de mais exploração.

Logo após o casamento, ainda em 1951, Cécile acompanha Bryce DeWitt em uma estadia no Instituto de Tata, em Mumbai, na Índia, para que concluísse seu estágio no Instituto. Em entrevista a Feder (2008), Morette comenta que Bryce possuía uma bolsa Fulbright, mas passava muito tempo doente. Com isso, ela deu algumas de suas palestras. A passagem pela Índia não foi fácil. Grávida de mais de nove meses, Cécile deu à luz a sua primeira filha – Nicolette, em homenagem a irmã falecida no bombardeio de Caen – ainda em Mumbai. Uma semana após o nascimento, o casal embarca para Paris.

Então, com um bebê de uma semana e um marido doente, e com vistos israelenses em nossos passaportes, fugimos — não podíamos voar pelos países árabes com os vistos israelenses e não tínhamos dinheiro para passar pelo Japão. (...) Nós viajamos [na] Air India (...). A companhia aérea sabia que tínhamos vistos israelenses, então, quando chegamos ao Cairo, eles nos deixaram ficar no avião. Naquela época, todos os passageiros tinham que desembarcar e ser

verificados. O avião também foi verificado, mas o pessoal da companhia aérea nos deixou ficar nos banheiros. Estava muito quente. (Feder, 2008)

Profissionalmente, a viagem a Mumbai rendeu um artigo em parceria com o marido Bryce DeWitt cujo título era *The Quantum Theory of Interacting Gravitational and Spinor Fields* e foi publicado em 1952. De acordo com Hartz (2013), esse artigo ficou conhecido como “The wedding announcement”.

Em 1952, Bryce DeWitt conseguiu um emprego no laboratório de armas nucleares em Livermore, na Califórnia. Nesse período, Cécile atuou como palestrante na Universidade da Califórnia, em Berkeley. Segundo DeWitt (1993), durante a estadia em Berkeley, ela orientou mulheres no doutorado e lecionou cursos de teoria quântica de campos. A segunda filha do casal, Jan, nasceu em 1955.

Em janeiro de 1956, Bryce DeWitt foi convidado para assumir um cargo de direção no Instituto de Física dos Campos, centro recém-criado na Universidade da Carolina do Norte, em Chapel Hill. Assim como DeWitt, Cécile recebeu o título de professora pesquisadora visitante e assumiu a codireção do instituto. Nesse período, duas outras filhas do casal nasceram, Christiane, em 1957 e Abigail, em 1959.

Durante todos os anos, Cécile não somente orientou estudantes de doutorado e ministrou cursos, mas também continuou como diretora da escola de Les Houches. Todos os anos, durante o verão, Morette viajava a França para participar do curso, acompanhada de suas filhas e seu marido.

Anos depois, em 1967, enquanto DeWitt era promovido a professor efetivo da Universidade e recebeu uma cadeira em seu nome, Morette foi rebaixada a palestrante. DeWitt (1993) reforça que a mudança de cargo de Cécile não levou em consideração o importante papel da cientista em arrecadar fundos para a universidade. Morette foi responsável pela organização de diversas conferências tanto de assuntos mais avançados, quanto do ensino básico. Como justificativa, DeWitt (1993) explica que a universidade alegou violação de uma regra de nepotismo – inexistente na legislação da Universidade na época.

A matemática francesa Yvonne Choquet-Bruhat comenta sobre o acontecimento em seu livro *A Lady Mathematician In This Strange Universe: Memoirs*, publicado em 2017 pela World Scientific Publishing Company e como o rebaixamento de Cécile influenciou seu trabalho e suas publicações.

A lei americana, na época, não permitia que maridos e esposas fossem professores na mesma universidade. Apesar de possuir todos os diplomas para ser professora universitária, Cécile teve que se contentar, durante vários anos, em ser substituta temporária de professores que não podiam dar suas aulas. Isso não reduziu sua atividade, que sempre admirei. Cécile é uma organizadora excepcional, o Congresso de Chapel Hill é um exemplo disso. Cécile havia convencido o exército dos EUA a apoiar nossas viagens da Europa. (Choquet-Bruhat, 2017, posição 2122)

Em 1957, tinha apreciado as qualidades do casal DeWitt, especialmente a energia de Cécile. Achava injusta sua situação de substituta constante. Convidei-a para passar um mês no Instituto Poincaré; isso lhe deu a oportunidade de retomar seriamente sua pesquisa pessoal sobre o integral de Feynman, fundamental nas teorias quânticas. Ela ficou grata a mim e seu marido Bryce me convidou para passar um mês em Chapel Hill, sem obrigações de ensino. (Choquet-Bruhat, 2017, posição 3201)

Apesar do trecho do livro de Choquet-Bruhat, DeWitt (1993) comenta que a regra era inexistente na legislação da Universidade na época.

No fim de 1971, Cécile e Bryce deixam seus cargos na Carolina do Norte. No ano seguinte, com o apoio do físico Alfred Schild (1921-1977) e de Frederik Willem (1924-2018), o casal recebeu convite para assumirem cargos efetivos na Universidade do Texas em Austin. Willen, que atuava como presidente do departamento de física da Universidade no período, foi estudante holandês da escola de Les Houches na década de 1950.

Mas mesmo no Texas, ela conseguiu apenas um cargo de meio período, e temores de nepotismo de última hora fizeram com que ela fosse desviada para o departamento de astronomia em vez do departamento de física. Felizmente, os dois departamentos não eram apenas fisicamente próximos, mas também se davam muito bem, e o departamento de astronomia era muito gentil com ela e seu marido. (DeWitt, 1993, p. 154)

Choquet-Bruhat (2017) comenta essa etapa da carreira dos cientistas ressaltando que Morette não teria o cargo na área em que já trabalhava.

Bryce DeWitt e sua esposa Cécile deixaram Chapel Hill e se mudaram para Austin—Bryce para supervisionar os relativistas, com Cécile como professora

no departamento de astronomia. A Universidade de Austin, desejando se aprimorar com a presença do casal DeWitt, encontrou essa solução para contornar a lei de antinepotismo que proibia marido e esposa de serem professores no mesmo departamento. Até a abolição dessa lei, Cécile, uma mulher corajosa e consciente, aprendeu e ensinou astronomia sem problemas, assim como eu havia ensinado mecânica celeste. (Choquet-Bruhat, 2017, posição 2638)

De acordo com DeWitt (1993), o cargo no departamento de astronomia foi o primeiro estável de Cécile. Enquanto isso, Bryce DeWitt seguiu para o departamento de física. Com a mudança de status profissional de Morette como professora efetiva, ela deixou a direção da escola de Les Houches depois de 22 anos. No entanto, seu legado para a escola foi imensurável e não passou desapercebido. Em 1983, ela foi nomeada cavaleira da Ordem Nacional do Mérito. A nomeação é uma honraria concedida pelo governo da França a indivíduos – sejam cidadãos franceses ou estrangeiros - que se destacaram por serviços prestados ao país ou por suas contribuições significativas em áreas como cultura, ciência, economia, política, defesa ou assistência humanitária.

Em 1973, o casal liderou uma equipe de físicos da Universidade do Texas em Austin para a Mauritânia, país situado no noroeste da África, em 1973, para testar uma teoria de relatividade geral do físico teórico Albert Einstein (1879-1955) durante o eclipse solar total.

Os últimos vestígios de nepotismo desapareceram oficialmente em 1983 e Cécile passou a ocupar uma cadeira no departamento de física. Quatro anos depois, sua posição mudou de meio período, para tempo integral. Cécile continuou como professora na Universidade do Texas em Austin até o fim de sua vida, em 2017.

Apesar de não comentar abertamente sobre questões de gênero, é possível identificar, em seu comportamento diante dos colegas, e a dificuldade de inserção em um campo de estudo predominantemente masculino. Chris DeWitt, filha de Cécile e Bryce, comenta sobre esse comportamento da mãe.

Em várias ocasiões, quando era criança, Chris lembra de ver sua mãe sendo muito educada e solícita aos pedidos dos colegas homens. "Sim, sim", ela dizia. Mas depois que o colega saía do escritório de sua mãe, Chris ficava surpresa ao ouvir sua mãe resmungar às vezes: "Que chato." Ela diz que levou décadas para entender que, em um campo dominado por homens, o comportamento de sua mãe era mais uma questão de eficiência do que de hipocrisia. (FEDER, 2017)

Ainda que Cécile Morette tenha se destacado em relação a outras cientistas no que se refere a reconhecimento, a própria comprehende que, durante a carreira, ele não estava necessariamente atrelado a sua produção científica. Um breve relato de Feder em uma entrevista com Morette, em 2008 ilustra seu pensamento.

Uma das primeiras coisas que Cécile DeWitt-Morette me disse foi que gostaria de ser mais conhecida por sua ciência. Em vez disso, se as pessoas a conhecem, tende a ser como fundadora da Escola de Física de Les Houches, na França. Seu envolvimento em Les Houches — que continua até hoje, 57 anos depois — pode até ter sido usado para prejudicar sua pesquisa. Por exemplo, ela diz, nos anos 1980, teve uma proposta de subsídio rejeitada com o comentário de que estava "ocupada criando filhos e fazendo trabalho administrativo". (FEDER, 2008, p.28)

Durante o período em que se dedicou a pesquisa, a partir de 1972, seu número de publicações aumentou consideravelmente. Entre essas, algumas foram em parceria com a matemática Yvonne Choquet-Bruhat (1923-), incluindo o livro *Analysis, Manifolds and Physics* que possui mais de 1100 páginas. Em 2000, Cécile Morette e Bryce DeWitt receberam o Prêmio Marcel Grossmann. Segundo o site oficial, a justificativa para o prêmio seria “por promoverem pesquisas em Relatividade Geral e Matemática e inventarem o conceito de “escola de verão””, referindo-se à escola de Les Houches.

Física e mãe de quatro filhas, a vida de Cécile, tanto no âmbito pessoal quanto no profissional não foi fácil. Após um diagnóstico de sua filha, Morette se aproxima da neurociência.

Eu juntei pessoas em física e neurociência. (...) Eu queria entender mais sobre a doença de Jan. Como ela pode ser curada? Sempre que eu ficava frustrado com a vida diária vivendo com a doença, eu ia conversar com os cientistas, o que era mais fácil. (Barnes, 2012).

Na entrevista com Feder (2008), Cécile revela um estudo focado em física aplicada a neurociência e a relação com a saúde mental.

Outro grande projeto é “Física no trabalho em neurociência, neurociência no trabalho em saúde mental”. Posso reunir as pessoas, fazer um plano geral. Não há comitês; sou só eu. Quero soluções para problemas de saúde mental e me interesso pelo que a física pode contribuir, por exemplo, com imagem de ressonância magnética. (Feder, 2008)

Figura 18 - Cécile Morette e Bryce DeWitt recebendo o Prêmio Marcel Grossmann, 2000.



Fonte: DeWitt-Morette (2011b).

A preocupação com a saúde mental de sua filha e a necessidade de auxiliar pessoas na mesma situação fez com que Morette se juntasse a Bob Englert e fundasse uma organização de saúde mental denominada *Planned Living Assistance Network* (PLAN), no Texas.

Bryce DeWitt faleceu aos 81 anos, em 2004. Em sua homenagem, Cécile escreveu o livro de memórias *The Pursuit of Quantum Gravity: Memoirs of Bryce DeWitt from 1946 to 2004*, publicado em 2011. Cécile Morette faleceu aos 94 anos, em 8 de maio de 2017.

Para concluirmos essa seção sobre a trajetória de Cécile Morette, vamos refletir sobre o seu caminho até a teoria da relatividade geral. Como mencionamos anteriormente, poucos cientistas compreenderam e conseguiram participar dos desenvolvimentos nas ciências físicas e matemáticas como Cécile Morette. Ela transitou com grande domínio por três áreas da física: inicialmente, pela física nuclear, também conhecida na época como física de mésons; pela teoria da relatividade geral, em cujo “renascimento” ela desempenhou um importante papel; e, por fim, pela física matemática, área na qual ela dedicou a maior parte de sua carreira.

Apesar de dedicar grande parte da vida a outros temas de interesse, seus primeiros trabalhos foram em física nuclear. Ainda antes de prestar o doutorado, em 1946, Morette realizou sua primeira publicação. Trata-se do livro *L'Energie Atomique*, escrito em 1945, nas semanas após o acontecimento de Hiroshima. Segundo a cientista em Feder (2008), o livro é um curso sólido sobre física nuclear, que explica desde reatores nucleares até a bomba atômica.

Suas publicações na física nuclear continuaram até 1949, principalmente em relação a Teoria de Mésons. Em entrevista a Feder (2008), Cécile comenta que seu interesse no tema começou com a ida ao Instituto de Estudos Avançados de Dublin (DIAS), na Irlanda, em janeiro de 1946, a convite do físico alemão Walter Heitler e a procura para um projeto de doutorado.

Ele [Heitler] disse: “No que você quer trabalhar?” Comecei a recitar algo totalmente sem sentido, e Heitler, com um olhar paternal muito, muito simpático, disse: “Você se importaria se eu sugerisse alguma coisa?” Então, com os bons temas que o Heitler me deu e estando rodeada de pessoas para conversar, foi assim que entrei realmente na física. [O tema era] A criação de mésons em colisões núcleo-núcleo. Mas devo lembrar que, naquela época, havia poucas informações sobre o méson μ dos raios cósmicos e sobre o méson π da física nuclear, e estávamos tentando ver se eram a mesma coisa. (FEDER, 2008, p. 29)

Além da tese de doutorado ‘Sur la Production des mésons dans les chocs entre nucléons’, de 1947, Morette publicou outros trabalhos na área. Dois desses trabalhos, *Cross-sections for production of artificial mesons* (1947) e *On the production of mesons by nucleon-nucleon collisions* (1948), foram em colaboração com o físico chinês Peng Huan-wu. Uma de suas últimas publicações de Morette na teoria de mésons foi *On the production of π mesons by nucleon-nucleon collisions*, publicado pela *Physical Review* em 1949.

No ano de 1948, Cécile Morette foi convidada pelo físico, e então diretor do instituto, Robert Oppenheimer a realizar um pós doutorado Instituto de Estudos Avançados de Princeton (IAS). Esse convite não somente mudaria a vida de Cécile no âmbito pessoal, ao conhecer e casar-se com o físico Bryce DeWitt, quanto no âmbito profissional ao aprofundar-se no trabalho do físico Richard Feynman.

A ida de Morette a Princeton e o fato de ser considerada pupila de Oppenheimer também rendeu uma ida ao Brasil a fim de ministrar um curso de física nuclear no recém formado Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. Os assuntos ministrados estavam inseridos na Teoria de Mésons, aprofundada pela cientista até o momento do convite.

No entanto, um dos tópicos comentados constava informações experimentais obtidas recentemente em Berkeley. Sobre isso, em entrevista a Hartz em 2011 e no relato de reminiscências ao Physics Today, DeWitt-Morette comenta que pegou uma carona com a matemática suíço-americana Verena Haefeli e sua filha no verão de 1948 para aprender sobre o assunto.

Apesar do curso ministrado e o livro *Particules Elémentaires*, publicado em 1951, serem puramente de física nuclear e teoria de mésons, Morette já indicava uma mudança de foco de estudo e uma transição para a física matemática e a teoria da gravitação. Um comentário sobre o novo interesse de Cécile aparece em um dos relatos de Freeman Dyson.

Na carta seguinte aparece uma grande mulher, cujo nome era então Cécile Morette e hoje é Cécile DeWitt. Ela foi, em 1948, membro do Instituto de Estudos Avançados [de Princeton], tendo chegado da França via Dublin e Copenhague. Ela foi a primeira da geração mais jovem a compreender todo o alcance e poder da abordagem da integral de caminho de Feynman para a física. Enquanto eu estava preocupado em aplicar os métodos de Feynman a cálculos detalhados, ela estava pensando em questões maiores, estendendo a ideia da integral do caminho a tudo no universo, incluindo a gravitação e os espaços-tempos curvos. (DYSON, 2011)

O primeiro trabalho de Morette sobre o novo assunto foi “On the definition and approximation of Feynman’s path integral”, publicado por Physical Review, em 1951. A partir da aproximação com o trabalho dos físicos Richard Feynman e Bryce DeWitt, Morette também se aproxima da Teoria da Relatividade, com a publicação de “The quantum theory of interacting gravitational and spinor fields”, de co-autoria de DeWitt, por Physical Review, em 1952.

No entanto, a importância de Morette a área de gravitação não se limita a publicações. A cientista foi responsável pela organização da conferência *The Role of Gravitation in Physics*, no ano de 1957. O evento ocorreu entre os dias 18 e 23 de janeiro na Universidade da Carolina do Norte. Essa conferência é denominada GR1 – enquanto a de Berna, ocorrida em 1955 é considerada GR0. DeWitt, em entrevista, junto a Morette a Kenneth W. Ford, em 1995, comenta:

O zero foi em Berna em 1955. Foi o jubileu da relatividade. Depois tivemos esta conferência em Chapel Hill, que foi extremamente agradável, principalmente porque foi apenas para convidados. (...) [Richard] Feynman estava lá. Feynman disse algumas coisas desagradáveis sobre essas conferências – creio que em alguns de seus escritos – mas acho que sua memória lhe falhou, porque ele era muito ativo, muito interessado e participava muito das discussões em Chapel Hill. (Ford, 1995)

Sobre a edição de 1957, Cécile comenta em um relato oficial da conferência que

um renovado interesse pelo assunto começou a se desenvolver recentemente, e a conferência de Chapel Hill deu uma oportunidade aos poucos físicos que trabalham ativamente na área - alguns mantendo interesse nela apesar de suas dificuldades, outros se engajando recentemente em seu estudo, muitas vezes a partir de um novo ponto de vista - para discutir os resultados preliminares obtidos e apresentar novas linhas de abordagem.

Após o início da década de 1950, até o fim de sua vida, Morette não publicou mais trabalhos voltados para a física nuclear e a teoria de mésons. Seu último trabalho publicado, em 2008, pela World Scientific, tinha como objetivo apresentar e propor novas perspectivas sobre integrais de caminho. Como é possível analisar em seu currículo, durante grande parte de sua carreira, por mais de cinco décadas, Cécile dedicou-se quase exclusivamente a física-matemática.

3.3. A trajetória de Marie-Antoinette Tonnellat

Marie-Antoinette Baudot nasceu em 5 de março de 1912 na comuna francesa de Chârolles. Durante sua trajetória, estudou no liceu de Chalon-sur-Saône, Lycée Louis-le-Grand e foi admitida na *École Centrale*, uma das escolas de engenharia de maior prestígio. A cientista Statia Mavrides, ao escrever o obituário de Tonnellat, comenta que, na época em que foi aceita

na *École Centrale*, a admissão de mulheres era muito rara. Ela optou por seguir sua formação em filosofia e física.

No ano de 1935, Tonnellat entrou para o laboratório do físico francês Louis de Broglie (1892-1987) no Instituto Henri Poincaré, em Paris. A conexão com de Broglie rendeu à cientista sua tese de doutorado, escrita em 1939 e defendida em 1941, que teve como tema uma descrição quântica da propagação da luz em espaços curvos. Pouco depois, em colaboração com de Broglie, ela fez uma comparação da equação relativística de uma partícula de spin 2 e a equação de Einstein da relatividade geral na forma linearizada (ou seja, com pequenas deformações do espaço-tempo em torno do espaço plano de Minkowski), argumentando em defesa da ideia de que o mediador da interação gravitacional deveria ser uma partícula não massiva de spin 2.

Tonnellat começou a trabalhar com teoria da relatividade na década de 1940. De acordo com o pesquisador Droz-Vicent, em um obituário da cientista,

[Tonnellat] destacou a estreita ligação existente entre a mecânica ondulatória de partículas de spin-2 e a aproximação linearizada da relatividade geral. Em colaboração com L.[Louis] de Broglie, ela propôs que o gráviton, uma partícula hipotética de spin 2, deveria estar associado ao campo gravitacional, em analogia com o caso do fóton e o campo eletromagnético. Este foi o ponto de partida de um profundo interesse pela teoria da gravidade de Einstein. (Droz-Vicent, 1983, p.263)

Ainda nessa década, Tonnellat passou um tempo em Dublin trabalhando com o físico austríaco Erwin Schrödinger (1887-1961) na teoria do campo unificado de Einstein-Schrödinger. Dentre as contribuições da cientista para a relatividade geral estão os trabalhos: *La théorie du champ unifié d'Einstein et quelques-uns de ses développements*, publicado em 1955; *Les théories unitaires de l'électromagnétisme et de la gravitation*, de 1965; *Les principes de la théorie électromagnétique et de la Relativité*, de 1959; *Les vérifications expérimentales de la relativité Générale*, de 1964.

Além de uma série de publicações, Tonnellat atuou como professora na Faculdade de Ciências da Universidade de Paris desde 1954. Mavrides comenta, ao escrever sobre a cientista que

Figura 19 - Cécile Morette e Yvonne Choquet-Bruhat



Fonte: Institut des Hautes Études Scientifiques, Université Paris-Saclay

M. A. Tonnelat desenvolveu um ensino de Física Teórica que seus alunos sempre lembraram. Extraordinariamente claros, seus cursos e seminários sempre começavam com uma definição das bases e dos objetivos da apresentação. Cuidadosamente estruturados, transmitiam um profundo senso de valores autênticos. A personalidade de Marie-Antoinette Tonnelat marcava seus ensinamentos de forma inesquecível. (Mavrides, 1980, p.2)

A contribuição de Tonnelat para a teoria da relatividade geral ocorreu também por meio da organização da terceira Conferência de Relatividade Geral e Gravitação. Essa conferência, conhecida como GR2 (uma vez que se convencionou contar, posteriormente, essa série de conferências a partir da conferência de número zero, realizada em Berna), ocorreu em Royaumont,

Figura 20 – Cronologia do Departamento de Engenharia de Materiais da PUC-Rio

1971 Reconhecimento do curso pelo CNPq (Mestrado)

Professores visitantes, em intercâmbio científico: Prof. Robert Leal Lobo, da USP; Prof. Modesto Pusterla, da Universidade de Padova, Itália; Profs. Marie Antoinette Tonnelet e Atamatia Marvides, do Institut Henri Poincaré, Paris; Prof. Jerzi Andrzej Lukierski do Instituto de Física da Universidade de Wroclaw, polônia; Prof. Douglas González; Prof. Humberto Brandi, bacharelado no Departamento de Física da PUC-Rio, título de Mestrado pela PUC-Rio, título de Doutor em Física, no Massachusetts Institute of Technology, Prof. George Bemski, do IVIC – Instituto Venezolano de Investigações Científicas.

Fonte: Núcleo de Memória PUC-Rio

Figura 21 – Marie Antoinette Tonnelet no Rio de Janeiro



Fonte: Arquivo pessoal. Fotografia por Stamatia "Madeleine" Mavrides

na França, no período de 21 a 27 de junho de 1959, em colaboração com o físico francês André Lichnerowicz (1915-1998). A partir dessa conferência, de acordo com o primeiro boletim de André Mercier, criou-se um Comitê de Relatividade Geral e Gravitação. Segundo consta no primeiro boletim do Comitê,

A tarefa do Comitê seria coordenar a colaboração em trabalhos científicos no campo da Relatividade Geral, Gravitação e assuntos relacionados, especialmente para auxiliar na organização de conferências internacionais e de outras reuniões de menor importância em todo o mundo, além de promover o compartilhamento de informações úteis para todos os interessados na área. (Boletim 1, 1962, p. 1)

Durante o período de 1959 até 1962, Marie Antoinette Tonnelat e André Lichnerowicz foram presidentes do Comitê, em virtude da organização da última Conferência de Relatividade.

Em seu obituário, escrito por Mavrides, comenta-se que ela demonstrou particular interesse na “pedagogia da relatividade” e na formação de físicos teóricos, tanto na França quanto no Brasil. Esse entusiasmo de Tonnelat com o ensino das ciências a trouxe ao Brasil na década de 1970. Junto com a física Stamatia Mavrides, do Instituto Henri Poincaré, Marie Antoinette Tonnelat realizou um intercâmbio científico como professora visitante na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio).

Marie Antoinette Tonnelat faleceu em 3 de dezembro de 1980, em Paris, na França.

Capítulo 4

Conclusões

Ao relatar problemas com o uso de listas no estudo prosopográfico, Stone (1971) chama atenção para alguns problemas nos dados. Ao justificar esse problema, comenta que “em qualquer grupo histórico, é provável que quase tudo será sabido a respeito de alguns de seus membros e quase nada a respeito de outros; alguns itens faltarão para alguns e itens diferentes faltarão para outros” (Stone, 1971, p. 58). A partir desse trabalho, foi possível constatar que uma das grandes dificuldades de trabalhar com história das mulheres nas ciências é a escassez de informações encontradas sobre elas.

No entanto, até a falta de dados é uma informação importante quando se trabalha com história das mulheres, especialmente nas ciências. Essa situação propõe uma discussão já realizada por outros autores sobre os motivos de não se encontrar grandes informações sobre elas e suas contribuições científicas. Exatamente por esse motivo, pela dificuldade de se encontrar informações sobre essas e outras mulheres cientistas, é importante dar voz sempre que possível a elas. Assim, por mais que os levantamentos biográficos que buscamos realizar no capítulo 2 sejam ainda bastante incompletos, a pesquisa apresenta uma contribuição na medida em que coloca no mapa aquelas 41 mulheres que trabalharam com relatividade geral, a maioria das quais havia sido esquecida ou, quando lembrada, não era relacionada com essa área da matemática e da física.

Santana, Pereira e Silva (2022) comentam sobre a importância de, cada vez mais, dar voz a mulheres que contribuíram para a ciência a partir de uma reflexão da historiadora Michelle Perrot.

Perrot (2017:25) nos convida a refletir sobre a importância de romper com o silêncio e invisibilidade [das mulheres] dentro da história, e, no nosso caso, dentro da história das ciências, bem como a olhar para “fontes que emanam delas, nas quais se podem ouvir suas vozes diretamente. Podem ser achadas em bibliotecas, locais do impresso, dos livros e dos jornais; como arquivos públicos ou privados. Lugares solitários e complementares [...]”, de modo que

possamos ter arquivos para dar às mulheres seus lugares na história. (SANTANA, PEREIRA e SILVA, 2022, p. 5)

Assim, podemos dizer que o capítulo 2 dessa dissertação, para além de realizar um mapeamento da comunidade de relatividade geral, apresenta um novo olhar para documentos já estudados – baseado em questões que afetam diretamente o grupo de pesquisadores envolvidos, como a representatividade feminina nas ciências. O excelente livro de Lalli (2017) havia utilizado extensamente os boletins da *International Society on General Relativity and Gravitation*, porém não havia se preocupado em identificar as mulheres neles presentes. Até o momento, não havia sido realizado, que nós saibamos, nenhum estudo a partir desses boletins sob a perspectiva de gênero.

Sob a perspectiva da prosopografia, ainda que existam grupos históricos dos quais sabemos pouco – particularmente, sobre mulheres nas ciências – é possível identificar um grupo chamado por Stone (1971) como minorias atípicas. A facilidade de encontrar dados sobre a física e matemática francesa Cécile Morette motivou a escolha para a ênfase no capítulo 3. Outro motivo foi por compreender a importância de sua contribuição para a difusão do estudo em relatividade geral com a escola de Les Houches e com a organização da conferência de Chapel Hill de 1957.

No decorrer do capítulo 3, a trajetória pessoal e profissional foi apresentada baseada em documentos e materiais arquivísticos coletados nos Estados Unidos e na Dinamarca, como correspondências e fotografias, em artigos, relatos publicados pela própria Cécile, familiares e pesquisadores; assim como em entrevistas. Analisamos como a cientista migrou entre diversas áreas de pesquisa, entre elas a física nuclear, a física matemática e relatividade geral. Em grande parte de sua carreira, seus trabalhos foram sobre as integrais de caminho de Feynman, tema do qual se tornou profunda conhecedora e uma das maiores autoridades.

Além disso, a biografia de Cécile analisou como as questões de gênero influenciaram sua trajetória. Apesar de não ser um assunto amplamente discutido ou analisado pela própria cientista, relatos de familiares e colegas evidenciam situações em que a desigualdade de gênero se fez presente, além de algumas lembranças de Cécile comentadas em entrevistas.

A escrita biográfica de Marie-Antoinette Tonnellat, presente no capítulo 3, tem como objetivo apresentar um dos principais nomes da Relatividade Geral no século XX. Como colaboradora de Louis de Broglie e correspondente de Einstein, Tonnellat contribuiu significa-

tivamente para a compreensão da conexão entre a mecânica ondulatória e a gravitação. Além disso, a contribuição no âmbito educacional também merece destaque.

A escrita das biografias de Morette e de Tonnelat, também se encaixa no aspecto de representatividade feminina nas ciências. O trabalho de Santana, Pereira e Silva (2022) apresenta contribuições para a escrita de biografias de mulheres cientistas e comenta sobre a importância de se pensar e escrever biografias feministas – e de mulheres cientistas.

acreditamos que o principal objetivo da biografia feminista é fornecer uma variedade de exemplos de projetos existenciais de mulheres cientistas – narrativas por meio das quais podemos nos identificar com outras mulheres que foram confrontadas com escolhas existenciais e lutaram para viver na e com a ciência. Tais histórias de vida não apenas oferecem oportunidades de nos entendermos, intelectualmente e emocionalmente, mas podem também nos mudar e criar. Portanto, as biografias de mulheres cientistas são edificantes, pois podem nos ajudar a reorientar nossos modos de pensar como as relações de gênero exercem poder sobre nossa própria existência e nossa relação com a ciência. (SANTANA, PEREIRA e SILVA, 2022, p. 5)

Esperamos que esta dissertação, ao refletir sobre o papel das mulheres no processo de renascimento da teoria da relatividade geral, possa contribuir nessa direção.

Bibliografia

AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS. Lillian Lieber. *Physics Today*. 26 July 2017. Disponível em: <https://pubs.aip.org/physicstoday/Online/5801/Lillian-Lieber>. Acesso em: 1 jul. 2024.

BEHRMAN, Joanna. Physics... is for girls? *Physics Today* 1 August 2022; 75 (8): 30–36.

BLUM, Alexander; HARTZ, Thiago (2017). The 1957 quantum gravity meeting in Copenhagen. *European Physical Journal H*, v. 42, p. 107-157, 2017.

BLUM, Alexander; LALLI, Roberto; RENN, Jürgen (eds.). *The Renaissance of General Relativity in Context*. Cham: Birkhäuser, 2020.

BLUM, Alexander; LALLI, Roberto; RENN, Jürgen. The Reinvention of General Relativity: A Historiographical Framework for Assessing One Hundred Years of Curved Space-time. *Isis*, v. 106, n. 3, p. 598-620, 2015.

BLUM, Alexander; LALLI, Roberto; RENN, Jürgen. The renaissance of General Relativity: How and why it happened. *Annalen der Physik*, v. 528, n. 5, p. 344-349, 2016.

CHOQUET-BRUHAT, Yvonne. *A Lady Mathematician in This Strange Universe: Memoirs*. World Scientific Publishing Company, 2017.

DEWITT, Abigail. My Mother's House: A D-Day Story. *Medium*. Jun, 2018. Disponível em: <https://medium.com/@apdewit/my-mothers-house-a-d-day-story-9eda4e05cb85>. Acesso em: 7 ago. 2024.

DEWITT, Bryce. Cécile Andrée Paule DeWitt-Morette (1922–). In: GRINSTEIN, L.; et alii (eds). *Women in Chemistry and Physics: A Biobibliographic Sourcebook*. New York: Greenwood, 1993, p. 150-161.

DEWITT, Nicolette. Letters For Love and physics. *Physics Today*, v. 72, n. 6, p. 11-12, 2019.

DEWITT-MORETTE, Cécile. 1948–1950: Snapshots. *The Institute Letter* (IAS), Spring 2011a.

DEWITT-MORETTE, Cécile. *The Pursuit of Quantum Gravity*: Memoirs of Bryce DeWitt from 1946 to 2004. Berlin: Springer, 2011b.

DeWitt-Morette, Cécile; Rickles, Dean (eds.). *The Role of Gravitation in Physics*: Report from the 1957 Chapel Hill Conference. Berlin: Editions Open Access, 2011.

DROZ-VINCENT, Ph. Marie-Antoinette Tonnelat-Baudot. *General Relativity and Gravitation*, v. 15, n. 3, 1983.

DYSON, Freeman J. Of Historical Note: Richard Feynman. *The Institute Letter* (IAS), Spring 2011.

EDITORIAL. The joys of summer. *Nature Physics*, v. 9, 2013, p. 383.

EISENSTAEDT, Jean. La relativité générante à l'étage. *Archive for History of Exact Sciences*, v. 35, p. 115-185, 1986.

ELLIS, George; LANZA, Antonio; MILLER, John (eds.). *The Renaissance of General Relativity and Cosmology*: A Survey to Celebrate the 65th Birthday of Dennis Sciama. Cambridge: Cambridge University Press, 1993.

FEDER, Toni. Path integrals, Les Houches, and other adventures of Cécile DeWitt-Morette. *Physics Today*, v. 61, n. 8, p. 28-30, 2008.

FEDER, Toni. Snapshots from the life of Cécile DeWitt-Morette. *Physics Today*, 2017.

FEDER, Toni. Snapshots from the life of Cécile DeWitt-Morette. *Physics Today*, 5 set. 2017.

FORD, Kenneth W. *Interview of Bryce DeWitt and Cécile DeWitt-Morette*. Niels Bohr Library & Archives, American Institute of Physics, College Park, MD USA. Fev, 1995.

FREIRE JR., Olival; SILVA, Indianara Lima. A americanização da física brasileira (1939-1985) : A política de boa vizinhança, o papel dos Rockefellers e a Guerra Fria. In: SÁ, MAGALI ROMERO; SÁ, DOMINICHI MIRANDA; SILVA, ANDRÉ FELIPE CÂNDIDO DA. (Org.). *As Ciências na História das Relações Brasil-EUA*. Rio de Janeiro: Mauad, 2020, p. 203-223.

FREIRE Jr., Olival; SILVA, Indianara Lima. Diplomacia e ciência no contexto da Segunda Guerra Mundial: a viagem de Arthur Compton ao Brasil em 1941. *Revista Brasileira de História*, vol. 34, n. 67, p. 181-201, 2014.

GOENNER, Hubert. A golden age of general relativity? Some remarks on the history of general relativity. *General Relativity and Gravitation*, v. 49, artigo 42, 2017.

GREEN, Judy; LADUKE, Jeanne. *Pioneering Women in American Mathematics*: The Pre-1940 PhD's. American Mathematical Society, 2009.

HALPERN, Paul. From Wartime Devastation To Academic Discrimination, Cécile DeWitt-Morette Overcame It All. *Starts With A Bang!*. Jun, 2017. Disponível em: <https://medium.com/startsWith-a-bang/from-wartime-devastation-to-academic-discrimination-c%C3%A9cile-dewitt-morette-overcame-it-all-ea96b59c6000>. Acesso em: 13 abr. 2023.

HARTZ, Thiago. *As heterodoxias quânticas e o olhar do historiador*. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, Universidade Federal da Bahia, 2013.

HARTZ, Thiago. *Entrevista com Cécile DeWitt-Morette*, 4 de agosto, 2011. Austin, TX, Estados Unidos.

ICRA. *10th Marcel Grossmann Meeting - Awards*. Disponível em: <http://www.icra.it/mg/awards/Welcome.htm#10th%20Marcel%20Grossmann%20Meeting>. Acesso em: 15 jun. 2024.

INSTITUTE FOR ADVANCED STUDY. *The Oppenheimer Legacy*. Disponível em: <https://www.ias.edu/oppenheimer-legacy>. Acesso em: 15 jun. 2024.

JOAS, Christian; HARTZ, Thiago. Quantum Cultures: Historical Perspectives on the Practices of Quantum Physicists. *Berichte zur Wissenschaftsgeschichte*, v. 42, n. 4, p. 281–289, 2019.

KAISER, David. A ψ is just a ψ ? Pedagogy, Practice, and the Reconstitution of General Relativity, 1942–1975. *Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, v. 29, n. 3, p. 321–338, 1998.

KENNEFICK, Daniel. *Traveling at the Speed of Thought*: Einstein and the Quest for Gravitational Waves. Princeton: Princeton University Press, 2007.

KOSMANN-SCHWARZBACH, Yvette. Women mathematicians in France in the mid-twentieth century, *BSHM Bulletin: Journal of the British Society for the History of Mathematics*, 30:3, 227-242, 2015.

KRAGH, Helge S. Prosopography. In: KRAGH, Helge S. *An Introduction to the Historiography of Science*. Cambridge University Press; 1987, p. 174-181.

KRIGE, John. *American Hegemony and the Postwar Reconstruction of Science in Europe*. Cambridge, M.A.: MIT Press, 2008.

LALLI, Roberto. Building the general relativity and gravitation community during the Cold War. Berlin: Springer, 2017.

LICHNEROWICZ, Andre, TONNELAT, Marie-Antoinette. *Les Théories Relativistes de la Gravitation*. Colloques Internationaux du Centre National de la Recherche Scientifique, vol. 91, p. 475, CNRS Paris, 1962.

LIEBER, Lillian. *The Einstein Theory of Relativity*. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1945.

MAVRIDÈS, Stamatia. Marie-Antoinette Tonnellat (1912-1980). *Annales de l'Institut Henri Poincaré Physique Théorique*, v. 38, n. 1, 1983.

MERCIER, André. Boletins da *International Society on General Relativity and Gravitation*. 1961-1968.

MITCHELL, Emily. *Senior Women Web Interviews: Cécile DeWitt-Morette*. Disponível em: <http://www.seniorwomen.com/articles/articlesIntCecile.html>. Acesso em: 13 abr. 2023.

MURRAY, Margaret A. M. American Women Mathematics PhDs of the 1950s. *Notices of the American Mathematical Society*, 2023, v. 70, n. 3.

MURRAY, Margaret A. M. *Women Becoming Mathematicians: Creating a Professional Identity in Post-World War II America*. MIT Press, 2000.

OGILVE, Marilyn Bailey. HARVEY, Joy Dorothy. *The Biographical Dictionary of Women in Science*. Taylor & Francis, 2000.

PADBERG, Britta. A diversidade global dos Institutos de Estudos Avançados. *Estudos Avançados*, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/4XZVf7kSrQtDYn-mKrs5WCMK/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 7 ago. 2024.

PAIS, Abraham. “Sutil é o Senhor...”: a ciência e a vida de Albert Einstein. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1995.

SANTANA, Carolina; PEREIRA, Letícia; SILVA, Indianara. Contribuições para escrita de biografias de mulheres nas ciências a partir das experiências de Keller, Ferry e Goldsmith. *Cadernos Pagu*, v. 65, e226524, 2023.

STONE, Lawrence. Prosopography. *Daedalus*, vol. 100, no. 1, 1971, p. 46–79.

TARAVES, Heráclio; GUIMARÃES, Karin; VIDEIRA, Antônio Augusto. A teoria mesônica e os jovens físicos brasileiros. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 44, e20220043, 2022.

UNIVERSIDADE BOCCONI. *Maria Pastori*. Disponível em: <https://matematica.unibocconi.eu/matematici/maria-pastori>. Acesso em: 1 jul. 2024.

UNIVERSITY OF TEXAS. Cécile DeWitt-Morette. *Physics History*. Disponível em: <https://web2.ph.utexas.edu/utphysicshistory/CecileDeWittMorette.html>. Acesso em: 13 abr. 2023.

UNIVERSITY OF TEXAS. Frederik W. de Wette. *Physics History*. Disponível em: <https://web2.ph.utexas.edu/utphysicshistory/FrederikWdeWette.html>. Acesso em: 12 jun. 2024

VALKOVA, Olga. Women and Science in Russia, 1860-1940. *Osiris*, v. 23, n. 1, p.136-165. 2008.

VERSCHUEREN, PIERRE. Cécile Morette and the Les Houches summer school for theoretical physics; or, how Girl Scouts, the 1944 Caen bombing and a marriage proposal helped rebuild French physics (1951–1972). *The British Journal for the History of Science*, v. 52, n. 4, p. 595-616, dez. 2019.

WEEKS, D. W. (1960). Women in physics today. *Physics Today*, 13(8), 22–23. doi:10.1063/1.3057063

WILL, Clifford. *Was Einstein Right? Putting General Relativity to the Test*. New York: Basic Books, 2nd edition, 1993 (primeira edição de 1986).