

Universidade Federal de Juiz de Fora

Pós-Graduação em Química

Mestrado em Química

Ingrid Nunes Derossi

Proposta de Caracterização da Metodologia de
Ensino da Cientista e Educadora Marie Curie no
início do século XX na "Cooperativa de Ensino"

Ingrid Nunes Derossi

Juiz de Fora
2013

Proposta de Caracterização da Metodologia de Ensino da Cientista e Educadora Marie Curie no início do século XX na "Cooperativa de Ensino"

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Química, área de concentração: Educação em Química, da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Química.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Ivoni Freitas-Reis

Juiz de Fora
2013

Banca Examinadora

A Deus,

Para Vera, Gilbert e Marcelo

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me dado essa oportunidade, me sustentado nos momentos em que eu não tinha mais força e nos que eu precisei de uma inspiração. Por ser minha companhia nas madrugadas de estudo, de escrita e nunca me deixar fraquejar diante dos desafios desta jornada.

A minha família por ter me apoiado quando eu queria desistir por não ter passado na primeira prova e insistiram para que eu tentasse de novo, e caminharam comigo nesta decisão, estar presente em todos os dias em que eu tinha de estar na universidade, na rodoviária para algum evento, ou para dizer que eu estava estudando muito. Aproveito para me desculpar pelos inúmeros eventos perdidos, pelos momentos familiares que não participei e pelos momentos de estresse que tive. Ao Marcelo por sempre me oferecer o seu ombro para as minhas crises de choro, trazer jujubas para acalmar a minha ansiedade, por ser compreensivo e por compartilhar este sonho comigo.

A minha orientadora, o meu agradecimento é todo especial, pois ela acreditou em mim, em um momento em que nem eu acreditava. Sem nem me conhecer, aceitou o desafio de trabalhar comigo quando eu ainda não era parte do programa e me fez crescer de uma forma incomensurável. Não foi apenas orientadora de um trabalho, mas de uma vida, compartilhamos ideias, momentos de alegria, insatisfações, frustrações. Muito obrigada por estar em minha vida! Aproveito para agradecer ao professor José Guilherme, que também sempre confiou muito em minha capacidade e me ofereceu palavras sábias de conforto quando eu mais precisava e ajudou-me nesta etapa de minha vida.

A minha professora Camilla Barbosa, na ajuda com as traduções. Ao professor Carlos Fernando, por ter contribuído para a minha formação como pesquisadora.

Ao programa de Pós-graduação em Química da UFJF pela oportunidade de realizar o mestrado e ao programa de Pós-graduação em Educação da UFJF pelo apoio com disciplinas. A Capes pelo apoio financeiro.

Aos amigos do grupo de estudos GEEDUQ, pelas contribuições, pelos debates, por dividirem comigo os momentos de revolta, de dificuldade e de diversão.

Por fim, agradeço aos criadores do GOOGLE, pois graças a eles, eu tive acesso aos livros que foram usados neste trabalho.

RESUMO

O presente trabalho é uma proposta de caracterização da metodologia de ensino utilizada pela cientista e educadora Marie Curie em aulas experimentais de física, anotadas por uma de suas alunas no projeto educacional de uma “Cooperativa de Ensino” criado pela pesquisadora e alguns colegas da Universidade Sorbonne para ensinar a seus filhos. Publicado pela primeira vez em 2007 com o título *Aulas de Marie Curie – Anotadas por Isabelle Chavannes em 1907* através da editora Edusp sob a responsabilidade de tradução e apresentação de Waldyr Muniz Oliva, certamente atraiu os olhares tanto da comunidade de Ensino de Ciências como dos Historiadores da Ciência, que afinal, ha muito vêm estreitando um, já inadiável, diálogo. A partir dessas anotações do fichário da aluna Isabelle Chavannes, fomos buscar subsídios no *The Improvement of the Mind* do reverendo Isaac Watts (1674-1748), publicado pela primeira vez em 1741 para analisar a metodologia utilizada pela cientista/educadora, além de outros pensadores como John Locke (1632-1704). Abordamos brevemente, a vida da pesquisadora ambicionando tecer um enredo que nos permitisse colocar em primeiro plano seu perfil de educadora. Após uma explanação sobre o *The Improvement of the Mind* de Isaac Watts, obra muito utilizada por estudiosos como Michael Faraday (1791-1867) e Jane Marcet (1769-1858) e que utilizamos como base da caracterização de cada uma das dez aulas de física ministradas por Madame Curie no referido projeto, passamos ao âmago de nosso trabalho, que demandou um enorme cuidado para não cedermos a propostas de análise contemporâneas.

Palavras-chaves: Ensino, Marie Curie, Experimentação

ABSTRACT

The following paper is a proposal of characterization of the teaching methodology used by the scientist and educator Marie Curie in her practical physics experiment classes, which was written down by her students in the educational project of a “Teaching Cooperative” created by the researcher and some colleagues from Sorbonne University to teach their children. First published in 2007 entitled *Aulas de Marie Curie – Anotadas por Isabelle Chavannes em 1907*, by the editorial Edusp under the translating and presenting responsibility of Waldyr Muniz Oliva, it certainly attracted the looks of not only the Community of Science Teaching such as the Science Historians, which have been, after all, narrowing an unavoidable dialogue. From these notes in the student Isabelle Chavannes’ binder, we went searching for subsidies in *The Improvement of the Mind* by reverend Isaac Watts (1674-1748), first time published in 1741 to analyze the methodology used by the scientist/educator, along with other thinkers such as John Locke (1632-1704). We briefly discuss the life of the researcher, plotting a path, which allows us to put in first plan her profile as an educator. After an explanation of *The Improvement of the Mind* of Isaac Watts, literary work widely used by researchers such as Michael Faraday (1791-1867) and Jane Marcet (1769-1858) and that we use as a basis of the characterization of each one of the ten physic classes taught by Madame Curie in the referred project, we pass to the very core of our study, which demanded an enormous care to not exceed the proposals of contemporary analysis.

Keyword: Teaching, Marie Curie, Experimentation

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Pierre e Marie Curie em 1895.....	13
Figura 2	Bronislawa Boguska, mãe de Marie.....	20
Figura 3	Wladyslaw Sklodowski, pai de Marie.....	21
Figura 4	Marie e a irmã Bronia.....	23
Figura 5	Marya Skolodowska quando trabalhava como governanta.....	23
Figura 6	Retrato de Pierre Curie feito por Perche-Boyer, 1906, com 47 anos.....	26
Figura 7	Marie e Pierre em suas bicicletas.....	27
Figura 8	Bobina de Rühmkorff.....	28
Figura 9	Primeiro laboratório de Pierre e Marie Curie, instalado em um hangar da École Municipale de Physique et de Chimie de Paris – EPCI.....	29
Figura 10	Pierre e Marie Curie em seu laboratório com André Debierne.....	30
Figura 11	Marie Curie em uma palestra, Paris.....	34
Figura 12	Última foto de Marie Curie antes de sua morte.....	41
Figura 13	Isaac Watts.....	47
Figura 14	Primeira página do livro de Isaac Watts, 1801.....	49
Figura 15	Reprodução da capa do livro das anotações de Isabelle Chavannes.....	62
Figura 16	Página do livro de Isabelle Chavannes com o desenho da trompa de água.....	68
Figura 17	Página do livro de Isabelle Chavannes contendo o desenho da campânula tampada com a bexiga.....	68
Figura 18	Página do livro de Isabelle Chavannes contendo o desenho dos balões se comunicando.....	73
Figura 19	Página do livro de Isabelle Chavannes contendo o desenho da coluna de mercúrio que foi medida por um dos alunos.....	77
Figura 20	Página do livro de Isabelle Chavannes contendo o desenho da bomba.....	82
Figura 21	Página do livro de Isabelle Chavannes contendo o desenho da balança de três cutelos.....	85

LISTA DE SIGLAS

EPCI	École Municipale de Physique et de Chimie de Paris
MC	Marie Curie
IC	Isabelle Chavannes
AL	Alunos
RI	Royal Institution

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	14
INTRODUÇÃO	16
CAPÍTULO I - ROTAS E PERCALÇOS DE UMA VIDA PAUTADA NA CIÊNCIA E ENSINO	19
CAPÍTULO II - ISAAC WATTS E SEUS CINCO MÉTODOS NO THE IMPROVEMENT OF THE MIND: “UM GUIA DE COMO ENSINAR E APRENDER”	47
CAPÍTULO III - BUSCA PELA CARACTERIZAÇÃO DA METODOLOGIA DE ENSINO EM MARIE CURIE	61
3.1 - A “COOPERATIVA DE ENSINO” NAS ANOTAÇÕES DE ISABELLE CHAVANNES.	61
3.2 - PRIMEIRA AULA: EM QUE SE DISTINGUE O VÁCUO DO AR.....	64
3.3 - SEGUNDA AULA: EM QUE SE DESCOBRE QUE O AR PESA SOBRE OS OMBROS	71
3.4 - TERCEIRA AULA: EM QUE SE COMPREENDE COMO A ÁGUA CHEGA À TORNEIRA.....	79
3.5 – QUARTA AULA: EM QUE SE APRENDE A PESAR	84
3.6 – QUINTA AULA: EM QUE SE MEDE A DENSIDADE DE SÓLIDOS E LÍQUIDOS	87
3.7 – SEXTA AULA: EM QUE SE MEDE A DENSIDADE DE OBJETOS QUAISQUER.....	89
3.8 – SÉTIMA AULA: EM QUE SE REVÊ O PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES	90
3.9 – OITAVA AULA: EM QUE SE DESCOBRE COMO FAZER FLUTUAR OS BARCOS	91
3.10 – NONA AULA: EM QUE SE FAZ FLUTUAR UM OVO	92
3.11 – DÉCIMA AULA: EM QUE SE FABRICA UM BARÔMETRO	93
CONSIDERAÇÕES FINAIS	96
REFERÊNCIAS	98

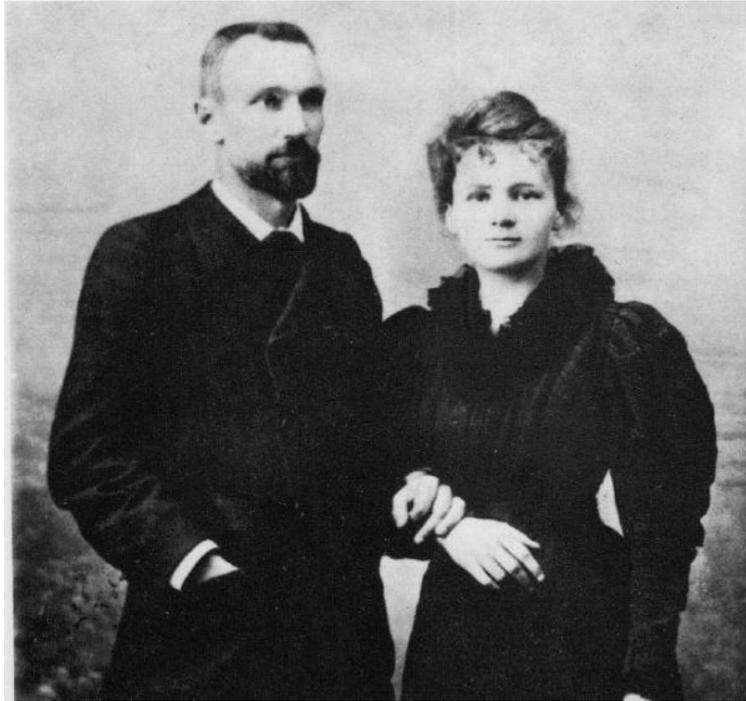


Figura 1: Pierre e Marie Curie em 1895
(Fonte: Dennery. Pierre et Marie, 1967)

“[...] Não se pode esperar construir um mundo melhor sem melhorar os indivíduos.”

Marie Curie, 1923 (QUINN, 1997, p. 65)

APRESENTAÇÃO

*Contaram e logo esqueci.
Vi e entendi.
Fiz e aprendi.*

(Confúcio)

Quando escolhi fazer licenciatura em química eu tinha um propósito, queria ajudar alguém, de alguma forma, mudar alguma coisa, fazer a diferença, costumava dizer que eu queria ser uma “Olga”. Fiquei surpresa ao chegar à universidade e perceber que simplesmente não havia nada na minha área, nenhuma pesquisa, nem professores da área da educação especializados, fiquei decepcionada e desestimulada, acabei indo trabalhar na área de química ambiental, que eu também gostava.

Já no final do curso, tive a oportunidade de fazer estágio em um cursinho, e ali, eu me encontrei. Cada aluno que vinha falar comigo, que tinha ido bem na prova, que havia compreendido um conceito porque eu o havia ajudado, era simplesmente compensador! Vi que eu podia fazer algo pelo outro, não que na química pura não se faça, mas não tão direto como ensinar! Ao mesmo tempo, a universidade estava passando por mudanças e foram contratados professores com experiência na área que me incentivaram a seguir na área de ensino de química.

A ideia da presente pesquisa surgiu durante uma conversa com colegas de faculdade, na qual falávamos sobre fazer um teatro cujo tema seria grandes cientistas e eu disse: “Ah, mas nenhuma mulher irá poder participar, não tem cientista mulher!”. E uma colega disse o nome de Marie Curie, fiquei curiosa de saber acerca dessa que me foi ignorada durante todo o meu ensino básico. Fiquei surpresa ao ler a sua biografia e ver tudo que havia feito, sua trajetória de vida e o quão pouco era divulgada. Quando passei para o mestrado, fazendo o levantamento bibliográfico, encontrei o livro com as anotações de Isabelle Chavannes e como o mestrado no departamento de Química da Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF é na área de Educação em Química, decidi fazer uma análise desse material tão rico e falar sobre as aulas e a vida dessa ilustre mulher.

Durante o percurso de construção dessa dissertação tive muitas surpresas, a mais importante foi o meu contato com Rémi Langevin, enviei um email em inglês, querendo saber mais detalhes sobre o livro e foi tamanha a minha felicidade e surpresa ao receber a sua resposta e em português, senti-me muito honrada!

INTRODUÇÃO

Nesta pesquisa foi proposta uma caracterização das dez aulas anotadas pela aluna de Marie Curie na *Cooperativa de Ensino*, Isabelle Chavannes no período de 1907-1908, publicadas em *Aulas de Marie Curie* (1867-1934), organizado por Waldyr Muniz Oliva, membro titular da Academia Brasileira de Ciências e Ex-reitor da Universidade de São Paulo. Objetivou-se abordar a vida da cientista Marie Curie enquanto educadora até a criação da “Cooperativa de Ensino”, analisar a metodologia de ensino utilizada por ela através do *The Improvement of the Mind: or, a Supplement to the Art of Logic: Containing a Variety of Remarks and Rules for the Attainment and Communication of Useful Knowledge, in Religion, in the Sciences, and in Common Life* do reverendo Isaac Watts e mais especificamente verificar a experimentação como estratégia de ensino para auxiliar a contextualização e na investigação de conceitos sob a ótica de Marie Curie.

Esta dissertação estrutura-se em três capítulos e uma conclusão. No primeiro capítulo relatamos algumas características peculiares da vida de Marie Curie a fim de situar o caminho por ela tomado até a Universidade Sorbonne - como estudante e mais tarde como professora dessa renomada instituição - e então, a partir do entorno procederemos a caracterização da metodologia utilizada em suas aulas na cooperativa de ensino. Faremos uma breve síntese de seu trajeto perpassando a sua infância, o ingresso na universidade, o trabalho científico até o seu falecimento.

Para a caracterização das aulas, buscamos características que constassem em estudos já existentes na época em que a pesquisadora ministrou as suas aulas. Durante essa empreitada, nos deparamos com o artigo “Michael Faraday e a História Química de uma Vela: um Estudo de Caso Sobre a Didática da Ciência”, dos educadores José Otavio Baldinato e Paulo Porto, no qual, eles fazem uma caracterização das estratégias didáticas utilizadas por Michael Faraday (1791-1867), baseando no livro *The Improvement of the Mind: or, a Supplement to the Art of Logic*, do reverendo Isaac Watts (1674-1748).

Diante do trabalho supracitado, e do trabalho do historiador da ciência João Batista Alves dos Reis - A arquitetura metodológica de Michael Faraday – que também trazia a presença de Watts em Faraday, conseguimos verificar certas semelhanças entre o que Isaac Watts dizia e o trabalho de Marie Curie. Assim, procuramos o livro e fizemos uma análise detalhada da primeira parte e de alguns trechos da segunda parte e concluímos que ele era adequado para a nossa caracterização. Para melhor descreve-lo, dedicamos o segundo capítulo dessa dissertação a abordar um pouco da biografia do autor e detalhar a sua obra, que foi publicada em 1741¹, um livro que apesar de haver poucos estudos sobre, vem sendo reeditado até o ano de 2012, e bastante utilizado por estudiosos com espírito educador, em especial na Inglaterra do século XIX, como Jane Marcet (1769-1858) e Michael Faraday, dentre outros.

Watts trabalha com cinco métodos² necessários para um bom conferencista, para que haja uma aprendizagem mais efetiva, seriam eles: *Observação*, que em suas definições gerais estaria ligada à nota minuciosa que tomamos sobre as ocorrências; *Leitura*, que seria o método de conhecimento pelo qual nos familiarizamos com o que os outros escrevem; *Palestras públicas ou privadas*, que seriam as instruções verbais dadas por um professor; *Conversação* seria um método que utiliza a investigação, que é feita pelo aluno através da mediação do professor, e do inquérito por parte do aluno, para que ocorra a aprendizagem; *Meditação ou estudo*, no qual incluiria todos aqueles exercícios mentais que necessitamos fazer no processo de aprendizagem e através dos quais interpretamos os métodos práticos de um determinado autor. (WATTS, 1801).

Dessas técnicas apresentadas, as que mais nos chamaram a atenção foram: a *Observação*, que de acordo com a forma que é abordada pelo autor, seria um dos fundamentos da experimentação, por isso iremos nos ater a aprofundarmos nesta, devido ao foco do presente trabalho; à *Leitura*, visto que Madame Curie se sentia incomodada com a aprendizagem com base somente em livros e por fim *Palestras públicas ou privadas*, que mais uma vez é algo recorrente nas aulas de Marie. Mesmo o livro sendo dirigido a conferencistas, foi possível utilizá-lo na busca de compreender as ações de uma educadora, já que o autor emprega e faz uso dos termos: professor, tutor,

¹A obra completa de Isaac Watts inclui aproximadamente cinquenta e dois livros. Estaremos utilizando a edição britânica de 1801 do *The Improvement of the Mind*, que é a mais completa e a reedição de 1819. Watts levou cerca de dez anos desenvolvendo essa obra, a primeira parte foi publicada em 1741 e a obra completa em 1751 depois de sua morte. (BALDINATO, 2009).

² O próprio autor chama de métodos.

palestrante, instrutor, durante o seu discurso, sem fazer distinção entre os mesmos, sendo assim, podemos considerar que para ele tais expressões eram sinônimas.

Diante dos juízos acima apresentados, no terceiro capítulo, que é o coração deste trabalho, propusemo-nos a traçar muitos paralelos entre as concepções de ensino de Marie Curie e de Isaac Watts, não podemos inferir que ela se baseou no *The Improvement of the Mind* para gerar o seu estilo de ensinar, mas devido à tamanha similaridade e para não sermos anacrônicos, nós o escolhemos como referência para caracterizar a metodologia de ensino utilizada pela cientista.

CAPÍTULO I

ROTAS E PERCALÇOS DE UMA VIDA PAUTADA NA CIÊNCIA E ENSINO

1.1- Da Infância à Universidade

Marya Salomee Sklodowska (1867-1934) nasceu na Polônia, mas passou a maior parte de sua vida na França onde se tornou uma importante cientista e, embora menos divulgada, uma proeminente educadora. No período de seu nascimento, segunda metade do século XIX (1867), a Polônia, que ainda se encontrava sob o domínio da Rússia, passava por uma fase na qual para os poloneses até a escolha do nome de seus filhos era um ato de valorização de sua nação. Alguns anos antes do nascimento de Marya ocorreu a segunda tentativa de libertação do domínio russo, a chamada *Insurreição de Janeiro*, que causou a fuga de muitos poloneses para a França, construindo assim a visão de Paris como sinônimo de liberdade e cidade acolhedora de poloneses. Por causa dessas condições, muitos poloneses migravam para exercer suas profissões, já que em seu país, independente da formação profissional adquirida, os melhores cargos eram sempre designados aos russos. (CURIE, E., 1957)

Marya possuía uma família tradicionalmente envolvida com a educação, sua mãe estudou em uma das escolas particulares para mulheres, a Escola da Rua Freta a mais tradicional da Polônia. Instituição na qual após o término de seus estudos, com aproximadamente vinte anos, Bronislawa Boguska tornou-se uma diretora responsável e de traços rígidos. Essas características de Bronislawa eram mantidas em seu lar, ela se preocupava em ensinar seus filhos com o mesmo rigor aplicado nas escolas, sua preocupação ia, além do conteúdo ensinado, até ao desempenho. Ela almejava que eles fossem os melhores alunos e deixava claro que o desempenho deles refletia diretamente em seu orgulho, como na carta que escrevera para seu filho Joseph (QUINN, 1997):

Seja sempre bom e prestativo para seus amigos, este é seu dever. Mas não deixe que superem você em seus estudos – eu ficaria muito envergonhada se meu filho fosse um dos últimos de sua turma. (BOGUSKA *apud* QUINN, 1997, p.40)

A senhora Bronislawa faleceu em 1878 depois de lutar com uma tuberculose por quase dez anos. (CURIE, E., 1957).



Figura 2: Bronislawa Boguska, mãe de Marie. Retirado de A. C. J. C. Fonds Curie et Joliot-Curie (Fonte: <http://mariecurie.science.gouv.fr/portrait/diaporama.swf?souhait=mania>)

O pai de Marya, o Sr. Wladyslaw Sklodowski, foi uma das pessoas mais influentes em sua trajetória acadêmica, contribuindo para a construção de alguns de seus ideais. Diante das dificuldades financeiras e sociais, visando manter a qualidade do aprendizado de seus filhos, ensinava-os em casa. Vale lembrar que durante o domínio russo, toda e qualquer informação transmitida pelas escolas era rigorosamente fiscalizada, em especial as masculinas, visto que aqueles que detinham o poder acreditavam que as mulheres nunca ingressariam na vida pública, ou exerceriam algum cargo influente.

Wladyslaw Sklodowski, assim como o seu pai e outros membros da sua família, faziam parte da *inteligência*, um grupo de pessoas cultas que baseados na razão e no conhecimento visavam à liberdade da Polônia (VIEIRA, 2008). Os membros se dividiam em duas vertentes que englobavam dois caminhos para se alcançar a liberdade: *idealismo romântico*, que defendia a luta até a morte através de *levantamentos (revolta armada)* contra o poder; *realismo político*, que defendia a mudança através de educação, ideias, ciência, trabalho e etc. (QUINN, 1997)

O senhor Sklodowski se apropriou dos ideais do *realismo político* e acreditava que a melhor forma de libertar a Polônia do domínio russo seria através da educação do povo. Nessa época havia uma aclamação para convencer os poloneses a não trabalharem para o governo, entretanto, como professor, Wladyslaw tinha consciência de seu

compromisso com a educação e se sujeitou às regras impostas, a fim de não ter que abandonar os jovens e de alguma forma influenciá-los para que futuramente pudessem contribuir para a construção de uma nova Polônia.

Em 1868 foi designado diretor-assistente do ginásio de Nowolipki, cinco anos depois foi despedido possivelmente por desconfiança dos russos de que ele não estava seguindo fielmente os padrões designados por eles. (CURIE, E., 1957)



Figura 3: Wladyslaw Sklodowski, pai de Marie
(Fonte: <http://mwiertel.w.staszic.waw.pl/podstrona2.html>)

Após a morte da esposa, o senhor Wladyslaw Sklodowski teve a responsabilidade de criar os filhos sozinho, e lidar com dificuldades financeiras, visto que perdera grande quantia de dinheiro em um negócio que não foi bem administrado pelo seu cunhado.

Diante desse panorama familiar, Marya concluiu o ginásio em 1883 e em seguida começou a frequentar uma escola de ensino superior local clandestina, já que a Universidade de Varsóvia ainda não aceitava mulheres. Nesse ambiente, teve contato com as ideias de Auguste Comte (1798-1857) e o positivismo, que segundo as biografias de Robert Reid e Susan Quinn em sua versão polonesa, trazia implícito a igualdade entre os sexos perante a educação e a importância da razão e da ciência para a sociedade, sem envolver questões religiosas. (REID, 1974; QUINN, 1997)

Esse contato não foi exclusivo da jovem Sklodowska, na verdade, a nova geração de poloneses de sua época, após a tentativa frustrada de conseguir a liberdade, buscou outros ideais para enfrentar a situação que seu país estava vivendo. A partir de 1880, os novos pensamentos positivistas se tornaram comuns na Polônia, assim como já vinham sendo disseminados em toda a Europa. Para eles era necessário agora, “pensar com a cabeça e não com o coração” e se autodenominaram positivistas baseados nos

escritos de Auguste Comte. Assim começaram a prevalecer alguns ideais positivistas como o realismo e a lógica. (REID, 1974)

Isidore-Auguste Marie François-Xavier Comte, mais conhecido como Auguste Comte, nasceu em dezenove de janeiro de 1798, na França. A palavra positivismo deriva do Francês, *positivisme*, usada no século XIX para designar filosofias que possuíam algumas características como, a valorização de um método empirista e quantitativo, que defende a experiência sensível como fonte principal do conhecimento, o que poderá ser percebido, bem mais tarde, nas aulas da jovem senhora Marie Curie. (JARDIM, s. d.)

Em seus escritos, pode-se notar que ele considerava que só poderiam ser classificadas como ciências naturais as ciências fundamentadas na observação e em métodos de investigação que seriam responsáveis pela criação das leis naturais. (LORENZ, 2008)

A jovem identificou-se com algumas dessas ideias, como a maneira de pensar, e apropriou-se delas. Essa universidade clandestina chamada de Universidade Volante foi criada por Jadwiga Szczasinska-Dawidowa, com o intuito de inserir as mulheres no ensino superior, iniciou-se em 1882 e teve seus tempos áureos quando as aulas eram ministradas por grandes cientistas, filósofos e historiadores da literatura e da cultura polaca, mas só se formalizou como academia em 1886. Lamentavelmente, no ano de 1883, ano em que as irmãs Sklodowska frequentaram a Universidade Volante de Varsóvia, muitos professores foram deportados. (QUINN, 1997)

Devido à crise financeira que abateu sobre a família e o afastamento do Sr. Sklodowski do cargo de professor, como anteriormente citado, o sonho das irmãs de seguir carreira universitária vê-se ameaçado. Marya se vê responsável pelo futuro de sua irmã mais velha Bronia³, que depois da morte da mãe, em maio de 1878, tornou-se dona de casa aos dezoito anos, mas possuía o sonho de estudar medicina na França, o que custaria muito caro para uma família que já estava passando necessidade. Buscando um meio de auxiliar a irmã, em uma conversa familiar, decide juntamente com seu pai, ajudá-lo a manter Bronia na universidade e quando essa concluísse os seus estudos, ajudaria Marya a também se mudar para a França.

³ Mesmo nome da mãe, Bronislawa



Figura 4: Marie e a irmã Bronia. Retirado de A. C. J. C. Fonds Curie et Joliot-Curie
(Fonte: <http://mariecurie.science.gouv.fr/portrait/diaporama.swf?souhait=mania>)

A caçula dos Sklodowski, que já vinha trabalhando com aulas de reforço para auxiliar o pai com o sustento da família, assume agora o trabalho de governanta em Varsóvia, mas, principalmente devido a uma oferta de melhor remuneração, transfere-se para a cidade de Szczuki, no interior da Polônia, onde trabalha como preceptora⁴. Enquanto vivia na casa de seus patrões, o Sr. Sklodowski, que era conhecedor de sua enorme capacidade e visava manter viva a chama do incomum interesse da filha em ciências exatas, enviava-lhe problemas de matemática avançada por correspondência, com receio, talvez, de que a filha por estar muito ocupada, não tivesse tempo para estudar. (REID, 1974)



Figura 5: Marya Skolodowska quando trabalhava como governanta
(Fonte: <http://mujeresdeleyenda.blogspot.com/2009/11/marie-curie.html>)

Nesta época, além de trabalhar, Marya tinha que continuar sozinha os seus estudos preparatórios para a Universidade Sorbonne e em uma carta ao seu irmão Joseph ela lamenta: *“Estou aprendendo química em um livro. Você pode imaginar quão*

⁴ Termo que corresponderia, nos dias atuais, a professora particular, ou mais apropriadamente educadora, visto que à preceptora caberia ensinar ciências, artes, literatura, línguas estrangeiras, tanto quanto boas maneiras, valores morais, comportamentos diante das visitas, entre outras habilidades.

pouco tiro disso, mas que posso fazer se não tenho lugar para fazer experiências nem trabalho prático?” Para aprofundar os conhecimentos utilizava alguns livros como: *Física* de Daniel – primeiro volume, a *Sociologia* de Herbert Spencer (1820-1903) - livro lido em francês -, *Lições de anatomia e fisiologia* de Paul Bers - lido em russo. (QUINN, 1997, p. 72 e p. 78)

Após três anos em Szczuki (1886-1889), quando retorna ao seu lar, no ano de 1890, Marya volta a participar da universidade clandestina que a essa altura já estava bem consolidada (DENNERY, 1967). Nesse período, além de estar envolvida com sua educação autodidata, cursa algumas aulas da agora academia, Universidade Volante, que ocorrem nos laboratórios de física e química, no chamado Museu da Indústria e da Agricultura onde trabalhava seu primo Józef Boguski que já havia estudado com Dmitri Mendeleev. Frequentar tal laboratório lhe permite realizar alguns dos experimentos que lera nos livros e confirmar sua aptidão para as ciências naturais. (BINDA, 2009)

Passado esse período, e com Bronia já formada em medicina⁵, Marya parte para Paris em 1891. A partir deste momento o seu nome passa a ser Marie, como convinha em solo francês e, finalmente, a jovem polaca pôde tornar-se parte de um seleto grupo de vinte e três mulheres, dentre quase dois mil estudantes matriculados na Escola de Ciências. Mesmo assim, Marie não se sente diferenciada por ser mulher, debate normalmente com seus colegas e considera-se integrada àquele meio extremamente masculino⁶. (CURIE, E., 1957)

Na casa de Bronia, localizada na Rua d'Allemagne, hoje conhecida como Rua Jean Jaurès (QUINN, 1997), Marie ficava incomodada com o barulho e reclamava das conversas de seu cunhado, apesar de possuir grande apreço e gratidão por este jovem que já considerava como um irmão, mas o seu tempo era curto e ela perdia a concentração a cada interrupção. Havia também as conversas durante as consultas que lhe atrapalhavam os estudos e, deste modo, decidiu procurar outro local para morar. apesar da enorme dificuldade financeira, Marie não pensou em dividir um quarto com outras polonesas, valorizava muito seu sossego e ignorava distrações, como as reuniões com amigos. Viveu em diferentes estabelecimentos, mas todos com as mesmas características, sem conforto e de baixo custo, por fim, encontrou um pequeno quarto em um sótão, no sexto andar do número 3, da Rua Flatter, no Quartier Latin, que era

⁵ Bronia era uma entre somente três mulheres que concluíram o curso. (QUINN, 1997, p.89)

⁶ Muito provavelmente influenciada pelos ardentes debates ocorridos à luz dos ensinamentos de Comte, na Universidade Volante de Varsóvia.

iluminado pela luz de uma pequena janela, o que a obrigava a se refugiar-se na biblioteca de Saint-Geneviève para se manter aquecida e estudar, poupando o petróleo de sua casa. Quando essa fechava, Marie apanhava os seus livros e saía pelas ruas de Paris direto para o seu quarto, onde ainda iria estudar até que seus olhos já não aguentassem mais e ela adormecesse sobre os livros. (GOLDSMITH, 2006)

Marie deparou-se com outros empecilhos, como a falta de fluência na língua francesa e o seu limitado conhecimento de ciências, pois, apesar de todos os seus esforços em estudos independentes estava muito aquém de seus companheiros, que pareciam não encontrar tantas dificuldades diante das lições apresentadas, já que vieram dos liceus franceses que os preparavam justamente para ingressar na universidade. Ela sabia que teria de se esforçar muito para ser uma doutora em ciências, mas nada fazia com que perdesse ou diminuísse o seu entusiasmo.

Perante tantas dificuldades e diante da necessidade de se equiparar aos outros alunos, a jovem polonesa não encontrava tempo para dedicar-se aos cuidados da casa. Sua alimentação era muito precária, comia basicamente frutas e pão acompanhado de um chá feito em um fogareiro a álcool, pois havia muitos livros para estudar e, por inúmeras vezes, esquecia-se de se alimentar, passando a ter frequentes desmaios. Por fim, todo o seu sacrifício teve uma recompensa, em julho de 1893, regozija-se com o anúncio de que ela havia alcançado o primeiro lugar em ciências físicas, e então é chegada a hora de aproveitar as esperadas férias junto de seu pai. Quando Marie retorna a Paris em 1894, recebe o anúncio de que fora agraciada com a “bolsa Alexandrowitch”, de seiscentos rublos, oferecida pelo governo polonês aos estudantes que estavam em outros países⁷ (ZANTINGA-COPPE; COPPE, 1998). Seu senso de justiça leva-a, posteriormente, a devolver todo o dinheiro concernente à referida bolsa, para que outro jovem dedicado à ciência tivesse condições de permanecer na universidade. (CURIE, E. 1957)

Marie é requisitada para realizar uma pesquisa para a Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale - Society for the Encouragement of National Industry (ZANTINGA-COPPE; COPPE, 1998) sobre as propriedades magnéticas de diversos metais e em um chá com um casal de amigos, realizado para conversarem sobre um laboratório maior para realizar tal pesquisa, Marie encontra pela primeira vez com Pierre Curie, um professor da *École Municipale de Physique et de Chimie de Paris*

⁷ Bolsa conseguida principalmente pelos rogos de sua amiga Mdlle Dydynska, que confiava muito em sua capacidade científica.

(EPCI) situada na Rua Lhomond, que trabalhava em um laboratório que talvez fosse o ideal para os seus estudos. A imediata empatia por este professor levou aquela jovem que sempre amou a ciência e não tinha tempo para rapazes, a descrever este primeiro encontro em 1894 com o seu futuro marido em seu diário:

Ao entrar, vi Pierre Curie numa sacada. Pareceu-me muito moço, apesar dos seus trinta e cinco anos. Impressionei-me com a expressão do olhar claro e a aparência de abandono daquele homem alto. A palavra lenta e refletida, a simplicidade, o sorriso há um tempo grave e jovem que nele vi, inspirou-me confiança. Breve travamos amistosa palestra sobre assuntos científicos, e eu me senti alegre de pedir-lhe opiniões. (CURIE, M. *apud* CURIE, E., 1957, p. 101)

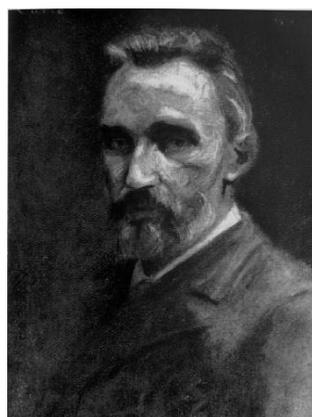


Figura 6: Retrato de Pierre Curie feito por Perche-Boyer , 1906, com 47 anos
(Fonte: DENNERY, Pierre et Marie Curie, 1967)

1.2- Pausa para falar do companheiro de vida e de ciência

Pierre (1859-1906) nasceu em Paris no dia quinze de maio, seu pai era médico, e teve a perspicácia de não inscrevê-lo nos liceus devido a sua timidez e a forma peculiar de aprender. Ofereceu ao seu filho uma educação particular, o que mais tarde iria causar-lhe inúmeras dificuldades, inclusive no tocante a ser aceito como membro da Sociedade de Ciência Francesa e a ocupar uma cadeira na Sorbonne. Em 1875, aos dezesseis anos, bacharelou-se em ciências, dois anos depois, licenciou-se em ciências físicas e após mais dois meses ingressou como assistente técnico (*préparateur-adjoint*) no laboratório de física da faculdade de ciências de Paris, a qual passou a fazer parte da École Municipale de Physique et de Chimie de Paris. (DENNERY, 1967)

Trabalhando juntos, um forte sentimento e grande cumplicidade científica os unia. Entretanto, dez meses se passaram até que a jovem aceitasse os insistentes pedidos de casamento de Pierre, que confessava ter se apaixonado imediatamente pela inteligente e fascinante estudante da Sorbonne. No dia vinte e seis de julho de 1895, casam-se em uma pequena reunião na casa do noivo com a presença dos pais de ambos, da irmã Bronia e do querido cunhado Casimir Dluski, e saem com suas bicicletas passeando por bosques em uma jornada que os une mais do que qualquer viagem grandiosa de lua de mel.

Sobre o companheirismo desse cientista e o trabalho que desenvolveram juntos ainda teremos que retomar em várias ocasiões nessa dissertação. Confessamos, entretanto, que a cumplicidade desses dois seres, tanto na ciência como na vida particular, seria por si só tema para novo trabalho de pesquisa.



Figura 7: Marie e Pierre em suas bicicletas

Fonte: (<http://curitibicyclechic.blogspot.com/2011/04/marie-e-pierre-curie-um-casal-admiravel.html>)

1.3 - Uma Tese de Doutorado com um “Brilho Ofuscante”

Alguns anos antes de Marie buscar um tema para o doutorado, o físico alemão Wilhelm Conrad Röntgen estava investigando a ação dos raios catódicos. Ele tentava reproduzir o experimento do físico húngaro-germano Phillip Eduard Anton Von Lenard que observou o comportamento dos raios catódicos em “tubos termiônicos”- que aumentavam o fluxo de elétrons que saiam de um metal, graças a uma elevação da temperatura e ligados a uma mangueira de uma bomba.

Ao aumentar substancialmente a temperatura do metal contido dentro do tubo selado, através do uso da bobina de Rühmkorff⁸ - que proporcionava maior facilidade para a saída dos elétrons, capaz de evacuar os gases internos dos tubos de vidro-gerando um vácuo apropriado, o qual proporcionava um meio eficiente de gerar corrente de alta-voltagem.

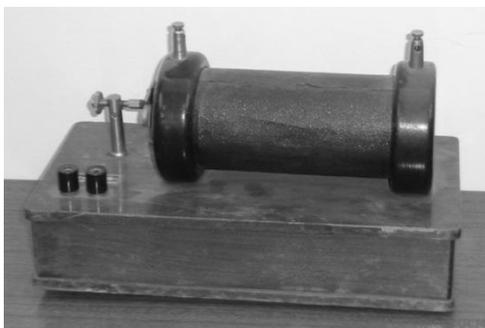


Figura 8: Bobina de Rühmkorff
(Fonte: Museo de Instrumentos Científicos – Facultad de Ciencias Físicas de La Ucm)

Durante o experimento, Röntgen observou que mesmo com o tubo todo revestido de papelão preto, os raios iluminavam uma tela fosforescente fora dele, um comportamento diferente do experimento anterior no qual os raios iluminavam uma superfície a alguma distância de onde se encontravam que tivesse recebido uma camada de material fosforescente. (QUINN, 1997)

Röntgen concluiu então, que os raios possuíam uma capacidade de penetração, que não eram as dos raios catódicos, já que não eram desviados por um magneto, nem poderiam ser apenas raios de luz, pois não podiam ser refratados. Como eram raios ainda incógnitos, chamou-os de raios X. (QUINN, 1997)

Em 1897, Marie pesquisava em revistas um tema que fosse original para o seu doutorado, e se interessou pelos trabalhos de Henri Becquerel que, como Henri Poincaré, intentava verificar o comportamento de raios semelhantes aos de Röntgen. Becquerel concluiu que alguns corpos fluorescentes quando submetidos à luz, emitiam raios de natureza diferente dos curiosos e recém-descobertos “raios X”.

Em sua busca, Becquerel utilizou o urânio para a experiência, mas acabou observando outros fenômenos como aqueles que mostravam que os sais de urânio

⁸ A bobina de Rühmkorff, também chamada de bobina de indução é um dispositivo que nos permite obter alta tensão alternada, utilizando corrente contínua a baixa tensão. Vide, J.F. Keithley, *The story of electrical and magnetic measurements*. IEEE: New York, 1999.

emitiam luz de forma espontânea, sem a ação preliminar da luz, que marcavam chapas fotográficas e descarregavam o eletroscópio. (MARTINS, 2003)

Pierre e Marie Curie veem nessas questões um excelente tema para o doutorado dela. O problema era o local onde iria desenvolver a pesquisa, pois só haviam conseguido um depósito cheio de materiais e que ainda servia como sala de máquinas, úmido, e com aparelhagem rudimentar. Mas aquela mulher determinada, com a colaboração de seu marido, daria um jeito de utilizar aquele espaço e alcançar seu objetivo. (CURIE, E., 1957)

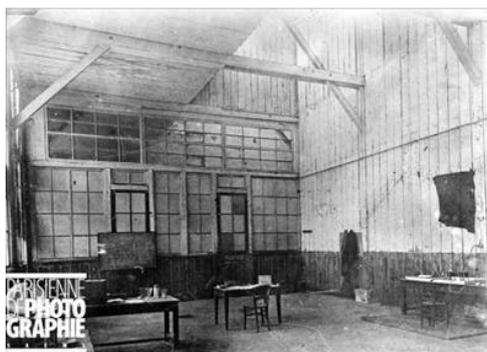


Figura 9: Primeiro laboratório de Pierre e Marie Curie, instalado em um hangar da École Municipale de Physique et de Chimie de Paris (EPCI). Rua Lhomond, Paris.
(Fonte: <http://www.parisenimages.fr>)

Madame Curie começou a sua pesquisa medindo a capacidade ionizante dos raios do urânio, mesmo com dificuldade, devido à utilização de instrumentos de precisão que sofriam a influência do ambiente - como a umidade e a variação de temperatura - utilizou-se de um método já inventado para outros fins pelos irmãos Curie, Pierre e seu irmão mais velho Jacques Curie que também era formado em física, em um estudo realizado no período de 1878-1882, que consiste em uma câmara de ionização, um eletrômetro Curie e um quartzo piezelétrico.

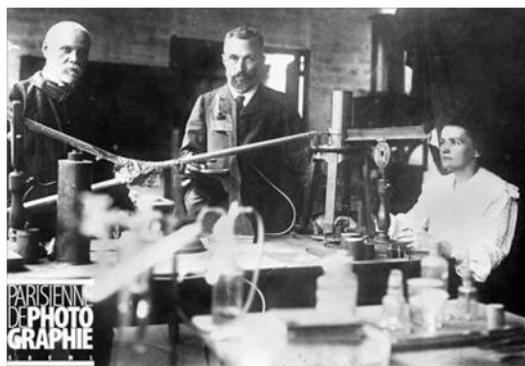


Figura 10: Pierre e Marie Curie em seu laboratório com André Debierne.
(Fonte: <http://www.parisenimages.fr>)

Logo na primeira semana de trabalho, a cientista anota algumas conclusões de suas observações, tais como o fato de que a quantidade da radiação do urânio ser proporcional à quantidade do elemento na amostra e essa não ser influenciada nem pelo estado de combinação do urânio nem pelas condições externas, como temperatura e luz. Dos seus debates com o companheiro Pierre surgiu indagações sobre a existência de outros elementos com as mesmas características do urânio. Marie começou a fazer um levantamento da capacidade de radiação de alguns elementos já conhecidos e descobriu que o tório também possuía a capacidade de emitir raios semelhantes aos do urânio, então, denominou os elementos possuidores de tal capacidade de “rádioelementos” já que eram dotados dessa “radiância”. Nesse sentido, o fenômeno seria chamado por ela de “radioatividade”, nome que em pouco tempo passou a ser utilizado pela maioria dos estudiosos, seu objetivo passou a ser o de empenhar-se obstinadamente em descobrir a origem daquela radiação. (CURIE, E. 1957)

Um fato chamou-lhe a atenção em amostras de determinados minérios trabalhados por ela e Pierre, no laboratório da escola de física, foi encontrado um valor de radioatividade mais alto do que seria o esperado para a quantidade de urânio e tório que havia em cada uma. A cientista supôs que tivesse errado nas medidas, mesmo sendo muito cuidadosa, rígida e altamente meticulosa em suas pesquisas, ela as refaz inúmeras vezes. Não havendo mudanças nas medições concluem - no plural, pois Marie e Pierre trocavam cotidianamente ideias sobre o andamento das pesquisas - que deveria existir algum elemento novo naquelas amostras, já que, anteriormente, a jovem física tinha testado todos os outros elementos conhecidos até então, e em doze de abril de 1898 divulga na revista francesa científica, *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*:

Dois minerais de urânio, a pechblenda (óxido de urânio) e a chalcólite (fosfato de cobre e uranila) mostram-se mais ativos que o próprio urânio. Esse fato é notável, e leva-nos a crer que tais minérios podem conter um elemento muito mais ativo que o urânio... (CURIE, M. Rayons émis par les composés de l'uranium et du thorium - *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, v. 126, p. 1101-3, 1898)

Pierre, conforme mencionamos vinha acompanhando toda aquela dedicação e a ajudava com suas observações e sugestões, diante dos resultados obtidos, deixa os seus trabalhos para acompanhar sua esposa nessa busca pelo elemento ainda desconhecido. Foram oito anos de trabalho em conjunto, com muita dedicação e companheirismo; em seus trabalhos os pronomes nunca estavam na primeira pessoa, sempre empregavam “nós” para referir-se aos responsáveis pela pesquisa, tanto Pierre quanto Marie faziam absoluta questão de deixar explícito que o trabalho era dos dois. Quando eram obrigados a citar o nome de um dos dois, faziam-no de forma muito discreta, como neste trecho dos *Comptes Rendus* de julho de 1898:

Certos minerais que contêm urânio e tório (pechblenda, chalcólite, uranite) são muito ativos na emissão dos raios de Becquerel. Num trabalho anterior, um de nós mostrou que a atividade desses minerais é maior que a do urânio e do tório, e emitiu a opinião de que esse efeito será devido a alguma substância muito ativa, encerrada, em pequenas quantidades, nesses minerais. (CURIE, M. *apud* CURIE E., 1957, p.137)

Entre os dois minérios, os Curie escolhem a pechblenda para buscar o emissor de tamanha radiação, considerando que em estado bruto o minério é muito mais radioativo do que o óxido de urânio, que já se sabia, fazer parte de sua composição. Após muitas análises conseguiram estimar que a porcentagem do elemento desconhecido fosse ínfima, em torno de um por cento do minério, posteriormente eles iriam concluir que, na verdade, a porcentagem desse elemento não chegava sequer, a um milionésimo por cento da *pechblenda*. (CURIE, E., 1957)

Como procedimento padrão na busca do elemento que seria a fonte de toda aquela radiação, os estudiosos dividiram o minério em muitas frações e observaram que em duas delas há uma maior concentração de radioatividade, o que em estudos posteriores, levou-os a descobrir que, não era um único elemento o responsável pelas emissões radioativas, e sim dois. Felizes e ciosos da grandiosidade da descoberta, o casal buscou um nome para o primeiro elemento novo isolado, e em julho de 1898, declaram no *Comptes Rendus* do mês, que a substância retirada da pechblenda contém

um metal ainda não descoberto e que iriam chamá-lo de *polonium*, em homenagem ao país de origem de Marie:

Cremos que a substância retirada da pechblenda contém um metal ainda não assinalado, vizinho do bismuto pelas suas propriedades analíticas... Se a existência desse novo metal vier a confirmar-se, propomos que se chame *polonium*, nome do país de origem de um de nós. (CURIE, M. apud CURIE, E. 1957 p.138)

A partir de então, o casal passou a dedicar-se profundamente a desvendar aquele material radioativo, que mesmo estando isento das substâncias radioativas conhecidas, e do recém-descoberto Polônio, continuava a emitir radiação. Assim, em dezembro do mesmo ano, publicaram em mais uma edição dos *Comptes Rendus*:

As várias razões que acabamos de enumerar levam-nos a admitir que a nova substância radioativa encerra um elemento novo, para o qual propomos o nome de *Radium*. Essa nova substância contém certamente grande dose de bário, mas apesar disso a sua radioatividade é considerável. A radioatividade do *radium*, portanto, deve ser enorme. (CURIE, M. apud CURIE, E. 1957 p. 140)

A pesquisa dos Curie era tida no meio científico como interessante, mas outros cientistas se omitem em opinar sobre o assunto, já que a descoberta da radioatividade e os estudos mais detalhados do casal Curie levavam a nova análise da composição da matéria e a conseqüente alteração nos trabalhos já apresentados por pesquisadores conceituados. Daí, muito provavelmente, advenha a falta de apoio por parte da comunidade científica, para com a pesquisa dos Curie. (QUINN, 1997)

O casal sabia que só conseguiria a credibilidade dos químicos se conseguisse determinar o peso atômico do novo elemento e trabalhou arduamente durante quatro anos com um único objetivo: obter rádio e polônio puros, para proceder às devidas determinações. Para isso, eles necessitaram de grandes quantidades de minério, já que haviam concluído que a proporção dos novos elementos no mineral era muito pequena. A *pechblenda* era considerada preciosa, pois dela se retiravam os sais de urânio para a fabricação de vidros, mas o seu resíduo era descartado, sem valor para as indústrias de vidraçarias, mas para o casal de cientistas, aquele refugo era preciosa fonte de matéria-prima por baixo custo. (CURIE, E. 1957)

Pierre e Marie precisavam de mais espaço para trabalhar, devido à grande quantidade de *pechblenda* que iriam utilizar, cerca de uma tonelada. O pequeno sótão na *École Municipale de Physique et de Chimie de Paris* não era suficiente, conseguem

então a permissão para usar também um hangar anexo que fora sala de dissecação da Faculdade de Medicina no mesmo instituto. Um local em condições precárias, chão de terra, mobílias velhas, quente no verão e frio no inverno, com goteiras, mas tinha uma vantagem, tinha espaço para alcançar o objetivo que almejavam. Sobre este laboratório, mais tarde Marie escreveu:

Era como criar qualquer coisa do nada, e se meus dias de estudante já não tivessem recebido de Casimir Dluski a classificação de “os anos heroicos de minha cunhada”, esse período de hangar merecia sem exagero a classificação de “a época heroica de minha existência com Pierre”. Apesar disso, foi onde se escoaram os melhores e mais felizes anos da nossa vida, inteiramente consagrados ao trabalho. Muitas e muitas vezes preparei ali mesmo nossas refeições, para não interromper alguma operação de particular importância... Eu passava dias inteiros a mexer massas em ebulição, com uma vara de ferro quase do meu tamanho... (CURIE, M. apud CURIE, E. 1957 p. 144)

Passada essa fase, o casal Curie se ocuparia da purificação e cristalização do material, entretanto, eles encontram mais um obstáculo, o hangar não era um local adequado, pois os aparelhos não poderiam sofrer a influência da temperatura, muito menos de sujeira. Se já fora tão difícil conseguir esse espaço, imagine adquirir outro em melhores condições. Pierre, já cansado, decide interromper a purificação do rádio, mas, Marie, não concorda e continua a pesquisa, com cuidados redobrados, naquele mesmo hangar impróprio para um laboratório. Depois de três anos e nove meses de exaustiva e persistente dedicação, em 1902, Marie consegue preparar um decigrama de rádio puro e determina o seu peso atômico: 225u. (CURIE, M. 1961)

Em 1898, Pierre havia tentado, sem sucesso, uma cadeira na Universidade Sorbonne, isso só iria acontecer em três de julho de 1905 após uma nova tentativa, e já sendo detentor do prêmio Nobel (DENNERY, 1967). Nessa época, a França resolve auxiliá-los em suas pesquisas e quando Pierre é finalmente aceito na Universidade Sorbonne e questiona se teria um laboratório para desenvolver seu trabalho, recebe uma resposta negativa. A primeira reação foi a de recusar o cargo e, devido a sua recusa, a Universidade mostra temor em perder um possuidor do prêmio Nobel e que já vinha sendo pleiteado por universidades de outros países e, devido à falta de espaço no *campus* da Sorbonne, a instituição oferece a ele duas salas na Rua Cuvier, e um crédito de 12.000 francos por ano para custeio do laboratório e 34.000 francos, para as instalações e compra de aparelhos, de material do laboratório e a construção das salas. No final, o dinheiro ainda não seria suficiente para suas necessidades científicas. Os

periódicos franceses alardeiam tamanha injustiça e uma dama da sociedade possuidora de condições financeiras, cogitou a criação de um instituto do rádio, Pierre mostra-lhe os seus projetos, entretanto, a verba prometida acaba por não ser liberada. (CURIE, E. 1957)

Pierre faleceu em 19 de abril de 1906 em um fatídico acidente, e após um difícil período de luto, sua esposa e companheira de trabalho, retorna às atividades no laboratório. Quase sete meses depois, por não conseguir encontrar nenhum homem capaz de substituir Pierre, só resta à universidade convidá-la para ocupar a cadeira do premiado professor Pierre Curie, e, em cinco de novembro de 1906, Marie iria mudar a história da Universidade de Sorbonne e das mulheres em Paris, seria a primeira mulher a ministrar aulas para centenas de pessoas no anfiteatro de física.

A plateia ansiosa aguardava que essa pesquisadora falasse de seu inesquecível esposo, imaginava se ela iria agradecer a oportunidade da universidade. Entretanto, Marie entrou a passos firmes e começou a falar sobre o progresso da física. Em seu diário confessa simbolicamente a seu falecido marido o quanto ficou apreensiva, como queria que ele pudesse vê-la e como ficou contente em poder mostrar que ela tinha algum valor. (QUINN, 1997)



Figura 11: Marie Curie em uma palestra, Paris.
(Fonte: <http://www.parisenimages.fr>)

1.4 - A Questão de Gênero em Marie: Episódios Seleccionados.

Marie não se deixava intimidar com questões relacionadas a gênero. Achava que possuía o direito de cursar uma universidade, e mesmo ao ingressar em uma, não fazia

distinção entre os sexos, para ela, todos eram seus colegas de estudo. Talvez a primeira vez que ela tenha notado essa diferenciação, tenha sido durante a indicação conjunta ao prêmio Nobel de 1903, quando tentaram de várias formas excluí-la do direito a maior honraria concedida a um cientista pela descoberta da radioatividade e premiar apenas ao seu esposo e a Becquerel. (QUINN, 1997)

A imprensa francesa divulgava um estranhamento em se ter um casal trabalhando junto e em muitos momentos associavam a participação de Marie como apenas de apoio ou até mesmo como uma oportunista, como pode ser visto no trecho da versão francesa do jornal *New York Herald* em vinte e um de dezembro de 1903 (QUINN, 1997, p. 211):

A Sra. Curie é uma dedicada companheira de trabalho, nas pesquisas do marido, e associou seu nome às descobertas dele. (QUINN, 1997, p. 211)

Seletos eram aqueles que conseguiam enxergar a parceria existente entre o casal Curie e a paixão pela ciência em comum, como um jornalista do jornal *Nouvelles Illustrées* que escreveu em dezessete de dezembro de 1903 (QUINN, 1997, p. 212):

Seria um erro acreditar que é por causa de um sentimento de gentileza conjugal que Monsieur Curie quis associar sua mulher à honra de sua descoberta. Nesse lar de cientistas casados... a mulher não é uma auxiliar mas, com toda a força da palavra, uma colaboradora e, na verdade, frequentemente, a inspiradora de seu marido. (QUINN, 1997, p. 212)

A mulher era vista como tendo um papel intransponível de mãe, dona de casa, esposa, sendo rotulada como incapaz de assumir outras funções. Com essas convicções, os jornalistas cercavam a vida pessoal de Marie, para descobrir se ela, mesmo se dedicando à ciência cumpria o seu papel pré-determinado de “mulher” já que segundo eles, a maioria das mulheres que trabalhavam era solteira e haviam abandonado sua “feminilidade”, não era concebível que a mulher pudesse ocupar as duas posições: a de trabalhar e a de construir uma família. (MARGADANT, 1990)

Diante desse panorama, o exemplo de Marie, que conseguiu conciliar profissional e familiar, era tido como um mau exemplo, pois incitava as mulheres a irem à busca de empregos e a sociedade machista da época alegava que com isso os homens

iriam perder suas oportunidades⁹ ou seja, haveriam de competir com as mulheres, o que seria uma afronta, disputar com aquelas que eles consideravam como seres inferiores. (MARGADANT, 1990)

1.5 - Novo Prêmio: Indicação e Indignação.

Um momento delicado que ocorreu na vida de Marie foi durante o seu caso amoroso com Paul Langevin, em meados de 1911. Mesmo ele estando em um relacionamento já desgastado com Jeanne Langevin permanecia casado por causa de seus filhos e pela pressão social¹⁰, apaixonou-se pela viúva e colega de trabalho Marie Curie que correspondera ao sentimento. Alugaram um apartamento juntos e se encontravam sempre que possível, além de trocarem cartas apaixonadas. No trecho abaixo escrito para Marie, pode-se inferir pelas palavras de Langevin que ele desejava assumir um compromisso público (QUINN, 1997):

Estou tão impaciente para ver você, e isto para mim é muito mais importante do que as dificuldades que poderão surgir. Será tão bom ouvir de novo sua voz e ver seus queridos olhos... Até sábado, minha querida, não pararei de pensar em você. Beijo-a ternamente... Estou tentando obter condições aceitáveis de existência para nós dois e concordo com você sobre aquilo que devemos fazer para obtê-las. Falaremos disso amanhã, De qualquer jeito, passarei por nossa casa cerca das oito horas. (LANGEVIN *apud* QUINN, 1997, p. 287)

Uma dessas cartas foi interceptada pela senhora Langevin, que passou a fazer ameaças públicas à amante de seu marido. O amigo Jean Perrin chegou a cogitar que Marie deveria deixar Paris por um tempo, mas essa hipótese foi descartada imediatamente pela viúva Curie. Langevin decidiu por ficar com sua esposa e a cientista teve de suportar sozinha, o preconceito por ser mulher e estrangeira, exposta constantemente nos jornais da época. O episódio mais explorado pelos periódicos foi o fato de Langevin ter saído de casa, levando os filhos, fato que agravou a situação de Marie, que foi considerada culpada, como é apresentado em uma reportagem da época:

⁹ Eram oferecidos salários mais baixos para as mulheres, então os homens para não ficar sem emprego aceitavam trabalhar por menos. (MARGADANT, 1990)

¹⁰ Em um determinado momento saíra de casa com seus dois filhos por não suportar as agressões da esposa. (QUINN, 1997)

A verdade é que, deliberada, metódica, cientificamente, Mme Curie se empenhou, por meio dos mais pérfidos conselhos, por meio das mais vis sugestões, em afastar Paul Langevin de sua esposa e esta de seus filhos. Tudo isso é recontado com cinismo, ou revelado inconscientemente nas cartas. (QUINN, 1997, p. 345)

O cunhado de Jeanne Langevin, jornalista, divulgou algumas das cartas trocadas entre o casal, o ocorrido repercutiu no recebimento de seu segundo prêmio Nobel. Alguns membros da Academia, incluindo Svante Arrhenius por quem Marie tinha muita estima, acharam melhor que ela não fosse receber o prêmio que lhe era de direito, entristecida, responde à carta de seu até então amigo, na qual solicitava que não comparecesse ao evento. Indignada com o fato de darem maior importância a sua vida pessoal do que a sua contribuição para o progresso científico (QUINN, 1997, p. 355):

Sugere-me que eu desista de aceitar o Premio Nobel que acaba de me ser concedido, e dá a explicação de que a Academia de Estocolmo, caso fosse avisada com antecedência, provavelmente decidiria não me dar o premio, a menos que eu pudesse explicar publicamente os ataques de que fui objeto. Se esse fosse o sentimento geral da Academia, eu ficaria profundamente desapontada. Mas não acredito que caiba a mim conjecturar sobre as intenções e opiniões da Academia. Devo, portanto, agir de acordo com minhas próprias convicções.

A ação que me aconselha me parece que seria um grave erro de minha parte. De fato, o prêmio foi concedido pela descoberta do radio e do polônio. Acredito que não existe ligação alguma entre meu trabalho científico e os fatos da minha vida particular... Não posso aceitar a ideia, em principio, de que a apreciação do valor de trabalho científico deva ser influenciada pela difamação e pela calunia referentes à vida particular. Estou convencida de que esta opinião é partilhada por muitas pessoas. Estou muito triste com o fato de que o senhor mesmo não pense assim. (CURIE, M. *apud* QUINN, 1997, p. 356)

Diante de tanta falta de reconhecimento e preconceito, depois de receber o prêmio, o seu discurso foi dirigido a todos que a condenavam, que diziam que estava recebendo um Nobel por causa do trabalho de seu falecido marido. Marie fez questão em ressaltar os “eus” em seu pronunciamento, para que ficasse evidente que até aquele momento tinha sido tolerante com tantas injúrias e injustiças, mas que estava disposta a demonstrar que era forte e capaz, que apesar de ter sempre publicado junto com Pierre, sua participação nos trabalhos científicos havia sido de suma importância e todos deveriam estar cientes disto:

A história da descoberta e do isolamento dessa substância forneceu provas da hipótese que eu formulei segundo a qual *a radioatividade é*

uma propriedade atômica da matéria e pode proporcionar um método para a descoberta de novos elementos. [...] o isolamento do rádio como sal puro... foi empreendido por mim, sozinha [...] Eu medi [...] Eu pensei. (CURIE, M. apud QUINN, 1997, p. 357)

Outro momento preconceituoso vivido por Madame Curie ocorreu ao se candidatar a uma cadeira da Academia de Ciências. A sua candidatura fora conturbada, não só porque assim que a imprensa soube do ocorrido esqueceu-se de suas contribuições para a ciência e ressaltaram a sua “reputação manchada” pelo seu envolvimento com Langevin, mas também por ser a primeira mulher a se candidatar à seção de física. Os membros da Academia de Ciências se reuniram para votação, e os conceitos da época quanto ao gênero prevaleceu, 85 votos contra e 60 a favor. Cinco dias depois, realizou-se então, outra reunião, mas agora com a apresentação dos trabalhos e desta vez, Marie foi derrotada por Edouard Branly. Estudiosos da época afirmam que era nítido que as contribuições dos trabalhos dos dois cientistas não podiam ser comparadas, mas, mais uma vez o fato de Madame Curie ser uma mulher predominou sobre a escolha. (QUINN, 1997)

1.6 - No *Front* de Batalha e a preocupação social

Mesmo após ser extremamente condenada pelos franceses durante o caso com Langevin, quando começou a guerra, Marie fez questão de servir àquele país que havia permitido realizar o seu sonho, o de se tornar uma cientista e era também o país da família que construiu. Enviou suas filhas para um local seguro, uma casa de campo alugada na Bretanha e ficou em Paris cuidando do laboratório e de sua valiosa porção de Rádio até que esse foi remanejado para Bordeaux em segurança. (CURIE, E., 1957)

Os hospitais militares improvisados possuíam poucos aparelhos de raios X, durante a sua estadia nos hospitais aprendeu o básico sobre como utilizá-los para fazer os exames, e a noção de ética e cidadania levou-a a assumir um papel de liderança. Consciente da utilidade destes aparelhos e do seu papel social reúne com o consentimento de seus colegas, todos os equipamentos existentes na universidade e os coloca a disposição para serem utilizados da melhor maneira possível, ajudando a salvar

vidas. Reflete que muitos soldados não conseguiriam chegar até as poucas unidades hospitalares equipadas e com os seus conhecimentos e sua criatividade resolve desenvolver viaturas radiológicas móveis, mas deparou-se com alguns obstáculos que variavam desde o carro até equipamentos, como os geradores que pesavam aproximadamente cem quilos, já que nos postos de emergência não havia eletricidade. (QUINN, 1997)

A *Union des Femmes de France* e a Cruz Vermelha da França designaram-lhe o primeiro carro que ela equipou para as radiografias e a própria cientista o guiava até o *front* de batalhas. Outros se seguiram a esse e ficaram conhecidos como “mini-curies”. Quando conseguiu construir o segundo veículo de raios X, chefes militares não queriam permitir que ela comandasse os veículos que havia provisionado por ser mulher, alegaram que era perigoso e inadequado, mesmo assim Marie continuou salvando vidas, viajando para levar aparelhos de raios X, treinando outros técnicos em radiologia. Sua filha Irène que almejava ajudar, ao voltar para Paris, fez um curso e tornou-se enfermeira e muito auxiliou sua mãe nesta jornada humanitária. Graças aos carros desenvolvidos por Madame Curie muitos feridos foram examinados, estima-se que mais de um milhão. A guerra termina em 1918 e com a sensação de ter ajudado da melhor forma possível, enfim, Madame Curie volta a seus estudos e a dedicar-se ao rádio. (CURIE, E., 1957)

1.7- Por um grama de rádio

A consciência do papel de cientista que Marie Curie possuía, pode ser observado em outro momento, em uma entrevista, no ano de 1920, dada à jornalista Srta. Meloney. Assim que a jornalista apresenta-se como americana, a estudiosa lembra à entrevistadora que a América possuía 50g de rádio espalhadas pelo continente, enquanto a França possuía apenas um grama desse elemento; aquele doado por Pierre e Marie Curie ao governo Francês quando abriram mão do direito de patente, o que decerto os deixaria bilionários, visto que um grama deste elemento custava cem mil dólares. (QUINN, 1997)

Srta. Meloney pergunta o quanto de rádio a cientista possui e recebe como resposta: “*Eu? Oh! eu nada possuo. Esse grama pertence ao instituto*”. E ao ser questionado sobre a patente de sua descoberta, responde indignada: “*O radium não deve enriquecer ninguém. É um elemento. Pertence ao mundo*”. (CURIE, M. *apud* CURIE, E., 1957)

Durante a entrevista, a cientista confessa que seu maior sonho seria possuir um grama de rádio para continuar suas pesquisas e, consternada Srta. Meloney inicia uma busca por recursos, através da América, a fim de conseguir esse precioso material. A campanha criada pela jornalista denomina-se *Marie Curie Fund* e, principalmente, com o apoio das mulheres americanas, em menos de um ano, é levantado dinheiro suficiente para a aquisição do rádio. Marie o recebe das mãos do então presidente dos Estados Unidos, Warren G. Harding, em uma enorme turnê pelo país, na qual a grande dama é extremamente respeitada e ovacionada. A pesquisadora fica encantada com o número de mulheres nas universidades e mostra-se entristecida com o fato de que a França não possuía nenhum hospital para tratamento do câncer através da curieterapia¹¹ enquanto a América possuía cinco. (JARDINS, 2010)

Em sua tese, divulgada em 2002, a recém-doutora já almejava a utilização do rádio para tratamentos de saúde. Ela descreve um experimento biológico em que coloca um produto de baixa radioatividade contendo rádio, no braço de seu companheiro de vida e de pesquisas, Pierre Curie, e descreve que após deixar por dez horas, uma vermelhidão apareceu imediatamente e formou depois uma ferida que levou quatro meses para cicatrizar. (CURIE, M., 2002)

No dia quatro de julho de 1934, Marie veio a falecer, por muitos anos acreditou-se que a sua morte havia sido provocado pelo constante contato com materiais radioativos como pode ser visto no laudo médico do doutor Topé:

Madame Curie faleceu em Sancellemoz a 4 de julho de 1934, de anemia perniciosa de marcha rápida, febril. A medula óssea não reagiu, provavelmente por estar alterada por um longo acúmulo de radiações. (TOPÉ *apud* CURIE, E., 1957)

¹¹ De acordo com o dicionário digital de termos médicos, *curieterapia* é a designação do método terapêutico radioterápico em que se utiliza o elemento rádio, geralmente na forma de sulfato. Emprega-se no tratamento de tumores malignos de pele e também de certos tumores benignos, como os angiomas. O termo é atualmente utilizado como sinônimo da *braquiterapia* - uma modalidade de radioterapia, na qual pequenas quantidades do elemento radioativo específico - são colocadas em proximidade ou dentro do órgão a ser tratado através de sondas ou cateteres. (http://www.pdamed.com.br/diciomed/pdamed_0001_05600.php)

Entretanto, ao transportarem os seus restos mortais para o Mausoléu Nacional da França (Panteão) não foi constatado contaminação por Rádio. De acordo com o *Office de Protection contre les Rayonnements Ionisants*, a doença hematológica que matara Madame Curie fora causada provavelmente pela sua exposição aos raios X durante a sua atuação na primeira guerra mundial. (BUTLER *apud* SIMAL; PARISOTTO, 2011)

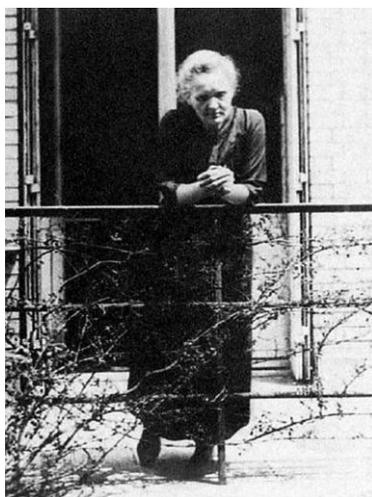


Figura 12: Última foto de Marie Curie antes de sua morte
(Fonte: Mould Rf. The Discovery of Radium In 1898 By Maria Sklodowaska-Curie (1867-1934) And Pierre Curie (1859-1906) With Commentary On Their Life And Times. Br J Radiol. 1998; 71:1229-54)

1.8 - Marie Curie e o seu envolvimento com o ensino

A apreciação pelas ciências foi despertada cedo, desde aproximadamente quatro anos de idade se encantara com os equipamentos de física que seu pai possuía no escritório. Desde então, entusiasmou-se pelas ciências e pelo modo como que esses conhecimentos se estruturavam. A sua concepção de ensino, de como ensinar, foi muito influenciada pela maneira como o seu pai a ensinava. Ele via em coisas simples, oportunidades de aprendizagem, e Marie lamentava a ausência de um laboratório para fazer experimentos sobre os assuntos elucidados. Pode-se perceber a importância que ela dava à experimentação como ferramenta para o ensino, nesse caso, como uma facilitadora do próprio aprendizado. Essas características poderão ser verificadas mais adiante, nas aulas de Marie Curie, nas quais em muitos momentos ela utiliza exemplos do cotidiano de seus alunos para instigá-los a investigar. (QUINN, 1997)

Como mencionado anteriormente, Marie teve contato com o positivismo de Comte e sua versão polonesa, a qual se diferenciava por não ter um cunho religioso, mas poderia ser mais bem vista como uma metodologia para resolver questões socioeconômicas e políticas, o positivismo comteano estava em voga em toda a Europa e influenciou a forma de pensar da cientista, como por exemplo, sua austeridade em relação a provas empíricas, afirmando que as declarações deveriam ser “apoiadas em provas verificáveis”, característica essa marcante no positivismo. E mesmo em 1923, já uma cientista renomada, adotava o princípio positivista ao afirmar que a educação seria capaz de mudar uma sociedade, conforme pode ser verificado em uma de suas anotações em seu diário (QUINN, 1997):

Ainda acredito que as ideias que nos inspiraram naquele tempo são o único caminho para o verdadeiro progresso social. Não se pode esperar construir um mundo melhor sem melhorar os indivíduos. (QUINN, 1997, p.65)

Durante o seu período como preceptora, no interior de uma Polônia ainda sob o domínio russo, além de ensinar aos filhos da família que a contratou, a jovem Sklodowska, assumia conscientemente o risco de ser presa ou deportada por ensinar a língua e a cultura de seu país aos filhos de camponeses da região, que eram na maioria analfabetos, pois as escolas só tinham permissão para ensinar a língua e a cultura russa; e os camponeses, logicamente, resistiam em aprender a língua de um povo que estava lhes fazendo passar por tanto sofrimento¹². (QUINN, 1997)

Em uma carta à sua prima Henriette, Marie demonstrava a satisfação com o fato do número de seus alunos ter aumentado de dez para dezoito, bem como pela dedicação dos aprendizes:

O número dos meus alunos camponeses já sobe a dezoito. Naturalmente que não comparecem todos diariamente, mas mesmo assim absorvem-me duas horas por dia. Quartas e sábados retenho-os mais tempo – até cinco horas seguidas. Isto me é possível porque meu quarto fica no primeiro andar e há uma entrada autônoma para a escadaria do pátio – e assim, como esse trabalho não atrapalha as minhas obrigações, tudo se arruma. Grandes alegrias e consolações recebo destes meninos. (CURIE, M *apud* CURIE, E. 1957 p. 56)

Além dos ensinamentos acima apresentados, Marie buscava aplicar as ideias positivistas de que era adepta, queria despertar em seus alunos a consciência de seus

¹²“Após a derrota de Napoleão em Waterloo, em 1815, e o Congresso de Viena, o Czar Alexandre II da Rússia, foi nomeado “rei da Polônia” e esse país passou para o controle conjunto de Rússia, Prússia e Áustria. A língua polonesa foi proibida bem como a literatura e a história.” (GOLDSMITH, 2006, p.16).

papéis perante a sociedade e demonstrar a sua indignação para a irmã, pelo fato de não poder ensinar sem o risco de ser deportada para a Sibéria:

Fiquei abalada com a leitura de um romance de Orzeszkowa, *Nas margens do Nieman*. Este livro me deixa obcecada, nem sei mais o que fazer de mim mesma. Todos os nossos sonhos estão lá, todas as conversas apaixonadas que nos deixaram com as faces em fogo. Chorei como uma criancinha de três anos, Por que, por que esses sonhos se acabaram? Eu estava decidida a trabalhar para o povo, com o povo, e mal tenho podido ensinar uma dúzia de crianças da vila a ler. Quanto a torná-las consciente de quem são do seu papel na sociedade, isso sequer foi abordado ainda. Ah! Meu Deus, como é difícil... Sinto que me torno tão mesquinha, tão comum. E então, de repente, um choque inesperado, como ler esse romance, me arranca da minha vida sufocante e sofro horrivelmente. (QUINN, 1997, p. 74).

1.9 - Uma pioneira nas instituições de educação da França

Em 1896, Marie adquiriu o certificado para ministrar aulas para o ensino secundário de meninas (ZANTINGA-COPPES; COPPES, 1998), a formação na área pedagógica fora instituída com a criação das escolas normais de ensino secundário (1795), aquele destinado às elites, e primário, que era oferecido a toda a população. Madame Curie ingressou como a primeira mulher a participar do corpo docente da escola de Sèvres, uma das escolas secundárias pioneiras para meninas na França, instituição, na qual os professores vinham da Universidade Sorbonne e do Collège de France. Fundada em 1881, período no qual, o sistema de ensino francês estava passando por algumas mudanças. Apesar de limitar os saberes que deveriam ser aprendidos, era uma grande novidade na educação de mulheres. (QUINN, 1997)

A pequena experiência que adquiriu durante o seu período como preceptora, não impediu que tivesse dificuldades no primeiro ano de ensino em Sèvres, em 1900, talvez porque suas alunas não estivessem acostumadas a disciplinas que possuíam fórmulas e equações de grande complexidade (SAVIANI, 2009). Isso era novidade para elas, pois, anteriormente às mudanças educacionais impostas por Napoleão, quando o ensino secundário feminino ainda estava sob a tutela da igreja católica, mulheres só poderiam estudar literatura francesa e linguagem, sendo a maior parte do dia dedicado ao desenvolvimento de habilidades domésticas, arte, música, dança e história e alguns conceitos de ciências biológicas.

Isto porque, na visão religiosa, a mulher instruída seria um perigo para a sociedade, um possível motivo para esta concepção, seria o receio de que elas poderiam querer ocupar um cargo público e deixasse o que era tido como seu papel, que era ser esposa, mãe e dona de casa. O domínio do grego e do latim, por exemplo, era visto como “fonte da masculinidade” e, obviamente, não lhes era permitido. (MARGADANT, 1990).

Durante a sua formação universitária na Sorbonne, a jovem Sklodowska considerava de extrema importância as atividades experimentais. Essa preocupação a acompanhou quando iniciou sua carreira formal de professora na Escola de Sèvres e, a postura de Marie acerca da experimentação fez toda a diferença para as suas alunas, como pode ser visto no seguinte relato:

Até chegarmos a Sèvres pensávamos que a física fosse inteiramente aprendida nos livros, onde encontrávamos fotos dos aparelhos usados para estabelecer as leis que estudávamos. (FEYTIS *apud* QUINN, 1997, p.234).

As suas alunas de Sèvres não possuíam um contato regular com equipamentos nem com experimentos, os professores algumas vezes mostravam-lhes aparelhos similares àqueles que eram utilizados nas grandes universidades, mas não permitiam que os tocassem. Marie, entretanto, aumentou o tempo de suas aulas, e produzia o próprio material prático, chegando a levar suas aprendizas para conhecer o laboratório de pesquisa onde ela e Pierre trabalhavam. Ele próprio fazia as demonstrações para as alunas, como foi descrito por Eugénie Feytis, cheio de encantamento:

Foi durante o período em que ele tentava medir a quantidade de calor emitida pelo rádio... e Pierre decidira usar um calorímetro de Bunsen para isso. Ele mediu para vermos... o calor específico de uma pequena amostra de cobre. Ficamos surpresas com a clareza de suas explicações, dadas com a voz lenta e séria, com sua expressão luminosa e com a perícia de suas mãos longas e artísticas, trabalhando diante de nós com espantosa confiança. (FEYTIS *apud* QUINN, 1997, p.234)

A utilização de experimentos como ferramenta de ensino já era adotada pelos filósofos naturais empiristas como John Locke (1632-1704), Francis Bacon (1561-1626), Auguste Comte (1798-1857) e por outros estudiosos preocupados com o ensino como Jane Marcet (1769-1858) e Michael Faraday (1791-1867). Atualmente, o uso da experimentação como “fórmula mágica” para promover o processo de ensino-aprendizagem vem sendo amplamente debatido na formação de professores do século

XXI. Em alguns artigos, a visão da experimentação como ferramenta utilizada apenas para motivar alunos, ilustrar ou comprovar uma teoria, como algo lúdico é fortemente criticada.

Entretanto, é conveniente lembrar que não ocorre aos pesquisadores de ensino de ciências negarem o papel da experimentação como ferramenta auxiliar neste delicado processo, como sendo eficiente para a criação de problemas reais que possibilita a contextualização e o estímulo de questionamentos de investigação, o que poderá ser percebido em todas as aulas de Madame Curie. (GUIMARÃES, 2009)

Desde o século XVII, como mostra o fragmento abaixo do artigo “O papel da experimentação no ensino de ciências” de Marcelo Giordan, publicado em novembro de 1999, a experimentação tem sido considerada uma forma de fortalecer as ciências:

Ocorreu naquele período uma ruptura com as práticas de investigação vigentes, que consideravam ainda uma estreita relação da natureza e do homem com o divino, e que estavam fortemente impregnadas pelo senso comum. A experimentação ocupou um lugar privilegiado na proposição de uma metodologia científica, que se pautava pela racionalização de procedimentos, tendo assimilado formas de pensamento características, como a indução e a dedução. (GIORDAN, 1999)

Retomando à vida acadêmica de Marie Curie, após a morte de Pierre em 19 de abril de 1906 e um duríssimo período de luto, a esposa e companheira de trabalho, retorna às atividades no laboratório, quase sete meses depois. Por não conseguir encontrar nenhum homem, como era conveniente na época, capaz de substituir Pierre, só resta à universidade convidá-la para ocupar a cadeira do premiado professor Pierre Curie, e, em cinco de novembro de 1906, Marie iria mudar a história da Universidade Sorbonne e das mulheres de Paris, seria a primeira mulher a ministrar aulas para centenas de pessoas no anfiteatro de física. (QUINN, 1997)

Ao entrar no anfiteatro, todos estavam ansiosos, aguardavam que essa pesquisadora falasse de seu respeitado esposo, do sofrimento que estava passando e apresentasse uma imagem de uma mulher sofredora e solitária. Questionava-se, se ela iria agradecer a oportunidade dada pela universidade. Entretanto, Marie entrou e começou a falar sobre o progresso da física. Em seu diário confessa simbolicamente a seu falecido marido o quanto ficou apreensiva, como queria que ele pudesse vê-la e como ficou contente em poder mostrar que ela tinha algum valor. (CURIE, E. 1957)

Sem Pierre e trabalhando na Sorbonne, Marie se preocupou com a educação de suas filhas. Não concorda com o ensino dos liceus, acha que neles gastam-se muito

tempo em salas de aula e pouco com atividades interativas, recreativas, de cunho educativo. Opinião essa, que pode ser verificada no trecho a seguir de uma carta que escreve à irmã Helena:

Tenho às vezes a impressão de que é preferível afogar as crianças na lagoa a encerrá-las nas escolas que há aqui. (CURIE, M *apud* CURIE, E., 1957, p. 229)

Madame Curie, como mencionado anteriormente, sempre esteve imersa desde criança entre as preciosas aulas particulares e as aparelhagens de física do pai. Ela era francamente encantada pela ciência, saber, que sempre pautou a sua vida e as suas ações. Dessa maneira, a visão de como ensinar e aprender as ciências naturais amalgamava a cientista e a educadora, levando-a a ver, no contato com o laboratório, o mais saudável e estimulante caminho para o verdadeiro aprendizado e para a compreensão dos fenômenos. Em 1907, aparentemente mobilizados por Marie, um grupo de estudiosos de ciências de Paris decidiu criar uma “cooperativa de ensino”, na qual cada um dos pais-cientistas ficaria responsável por uma disciplina e os alunos iriam assistir a uma aula por dia.

CAPÍTULO II

ISAAC WATTS E SEUS CINCO MÉTODOS NO *THE IMPROVEMENT OF THE MIND*: “UM GUIA DE COMO ENSINAR E APRENDER”

2.1- Relatos de Uma Vida: Um Enfoque na Obra que se Dedicou as “Principais Regras para a Comunicação de Conhecimentos Úteis à Religião, à Ciência e à Vida”

Isaac Watts nasceu em Southampton em dezessete de julho de 1674, assim como Marie, em uma família envolvida com o ensino, seu pai era mestre em uma escola semelhante a um internato de excelente reputação. Watts apresentou uma precoce atração pelos livros, aos quatro anos de idade começou a aprender Latim, provavelmente em casa, e depois, foi-lhe ensinado o Grego, Hebraico e aperfeiçoou o Latim através das aulas dadas pelo reverendo John Pinborne¹³. (WATTS, 1819)

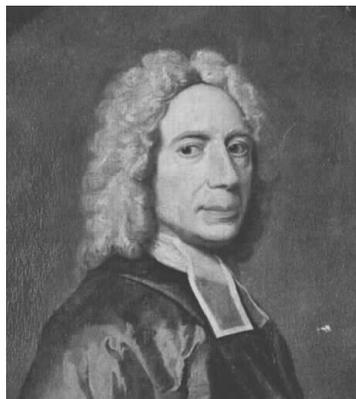


Figura 13: Isaac Watts

¹³ Um mestre independente ou autônomo, muito presente na Inglaterra dos séculos XVI a XVIII.

(Fonte: <http://www.poetryfoundation.org/bio/isaac-watts>)

A sua dedicação e eficiência, fizeram com que algumas pessoas de posses de Southampton se interessassem pelo jovem aprendiz e lhe ofertassem uma quantia suficiente para mantê-lo em uma universidade. Em 1690, Isaac foi para uma Academia, que de acordo com o prefácio de seu livro, era muito bem estruturada pelo reverendo Thomas Rowe. Três anos depois, entrou para a congregação ainda sob os cuidados de Rowe. Ocupou seus horários livres com literaturas poéticas e depois de deixar a academia com vinte anos, dedicou dois anos de sua vida à leitura, à meditação e à oração, preparando-se para o cargo de ministro da congregação. (WATTS, 1819)

Ao final dessa época, ele foi convidado por Sir John Hartopp a morar com a sua família em Stoke Newington, perto de Londres, como tutor de seu filho, onde permaneceu até 1698. Quando ele fez o seu primeiro sermão e tornou-se assistente do Dr. Isaac Chauncy, ministro da congregação em Mark Lane. Após a morte do reverendo Chauncy, em 1701, Watts tornou-se seu substituto. (WATTS, 1819)

No século XVIII, Isaac Watts destacou-se por sua colaboração na criação dos hinos de igreja, sermões, bem como livros educacionais para crianças e trabalhos que envolveram a gramática, a lógica, a astronomia, a pedagogia, a ética e áreas afins. Para os fins dessa pesquisa buscaremos abordar a obra *The Improvement of the Mind*, que foi publicada pela primeira vez em 1741 como um suplemento a um trabalho anterior sobre lógica. No prefácio da obra, o autor justifica a produção:

Na última página do tratado de lógica, no qual eu publiquei muitos anos atrás, é observado que há muitas outras coisas que podem ajudar o cultivo da mente e o seu aperfeiçoamento em conhecimento, do qual não é usualmente representado entre os princípios ou preceitos dessa arte ou ciência. Há assuntos dos quais compõem esse livro, há sentimentos e regras, muito dos quais eu os tive em vista e agora me arrisco a tornar público. (WATTS, 1743, p. V)

Ainda no prefácio, Watts descreveu que o seu “tratado”, como ele mesmo o chamou, é composto de observações, resultantes de seus próprios estudos, de trabalhos de outros autores que também buscavam o aprendizado, ou ainda de fatos da vida e instruções para o aperfeiçoamento da mente em conhecimento útil, além de ser um guia para estudantes que buscam maneiras sobre como estudar, obter conhecimentos e meios de aprendizagem. (WATTS, 1801)

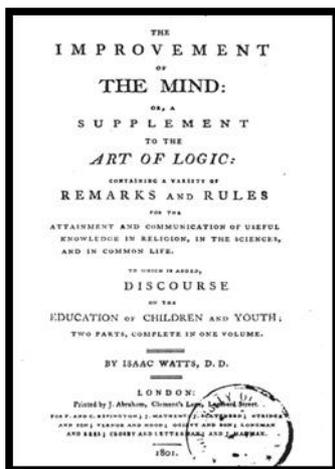


Figura 14: Primeira página do livro, 1801
(Fonte: Watts, 1801)

Em sua primeira edição, o livro é dividido em duas partes, a primeira estabelece “observações e regras de como nós podemos alcançar o conhecimento útil através de estudos autodidatas”, contendo a descrição dos métodos para o aperfeiçoamento da mente e a segunda contém o “como nós podemos melhor nos comunicar com os outros” e em 1751 foi publicada pela primeira vez a obra na íntegra. (BALDINATO; PORTO, 2009; WATTS, 1801). Essa obra é de tamanha importância sendo possível encontrar edições em praticamente todos os anos, desde a sua primeira publicação até 2012, outro fator que demonstra o valor desse trabalho é a utilização do mesmo por parte de grandes estudiosos, como Michael Faraday e Jane Marcet.

Nesta dissertação focaremos especificamente a influência de Watts sobre Faraday, por considerarmos que as técnicas de Faraday assemelham-se ao trabalho de Marie Curie, no que tange a forma de clarear os seus ensinamentos a partir de práticas experimentais.

Faraday ao ler a obra de Watts, ficou instigado a fazer cópias e enviar cartas dizendo:

Um verdadeiro método eficaz de melhorar a mente da pessoa que lhes escreve e de quem recebe... o melhorar da mente, pela recíproca troca de conhecimentos... (HAMILTON, 2003. p. 30)

Empenhado em melhorar suas palestras, Faraday participou de aulas de oratória oferecidas por Benjamim Smart na *Royal Institution* (RI), nas tardes de quinta-feira no ano de 1818. Suas anotações continham aproximadamente cento e cinquenta páginas, eram detalhadas e intensas, demonstravam a sua determinação em ter um estudo preciso

e em adquirir as ferramentas necessárias ao seu sucesso. O grande interesse demonstrado por Faraday em uma educação adequada para as crianças é revelado como sendo influenciado pelos ensinamentos de John Locke (1632-1704), Isaac Watts e pelas suas lembranças de sua educação, que fora insatisfatória. (HAMILTON, 2003)

Em toda a obra de Watts pode-se perceber a influência das ideias de John Locke. Em vários pontos do *The Improvement...* o estudioso se remete a Locke deixando clara a sua apropriação e admiração sobre as ideias desse, como veremos a seguir. Desse modo, em várias ocasiões, iremos revisitar os conceitos de Locke, principalmente aqueles presentes na obra mais utilizada por Watts, o *Ensaio acerca do entendimento humano* (1690), para melhor evidenciar o diálogo entre os referidos filósofos. No presente trabalho utilizamos a vigésima sétima edição, de 1836.

John Locke nasceu em vinte e nove de agosto de 1632, na cidade de Bristol e foi contra as ideias do inatismo, filosofia que afirmava que o homem já nascia com as ideias inatas, pensamentos de filósofos como Santo Agostinho (354-430), Santo Anselmo (1035-1109) e Descartes (1596-1650). No entanto, para ele o conhecimento é adquirido através de *processos* denominados *experiência sensível* que viria da interação com o meio externo e *reflexão* que viriam do “interior do indivíduo”. (MARTINS, C. E.; MONTEIRO, J. P., 1978) Vejamos um trecho em que Isaac Watts confessa que fora influenciado pelos estudos de John Locke:

Cinco eminentes métodos, por meio dos quais a mente está aperfeiçoando o conhecimento das coisas. [o primeiro seria] Observação: inclui tudo que Mr. Locke quer dizer por sensação e reflexão. (WATTS, 1743, p. 31)

Em outro segmento de sua obra é possível constatar a presença de aconselhamentos ou normas de como proceder para aprender ciências, como a construção de esquemas, diagramas, bem como, recomenda que o aprendiz deva deixá-los em lugares que seriam vistos todos os dias, como em armários, corredores, que seria uma maneira de facilitar a memorização dos conceitos. Dentre essas “regras de ouro”, destacaremos os métodos apresentados por Watts dos quais nos apropriamos para análise das aulas de Madame Curie. Com a intenção de não sermos repetitivos, algumas características dos métodos só aparecerão na análise das aulas, sendo aqui omitidos.

2.2- Os cinco métodos de Isaac Watts

Em um primeiro momento o autor traz uma descrição geral dos seus cinco métodos, que são: *Observação, Leitura, Instrução para as Aulas (Palestras Públicas ou Privadas), Conversação e Estudo ou Meditação*. (WATTS, 1743)

O primeiro a ser abordado é a Observação, que são as “notas” que tomamos de todas as ocorrências da vida, sejam elas sensíveis, algo que viria do meio externo ou como Locke descreve que são “todas as diferentes percepções produzidas em nós” (LOCKE, 1836, p. 52), ou intelectual, algo que é do ser humano, construído pela mente de cada um, como por exemplo ideias relativas a pessoas ou coisas, para si ou para transmitir para os outros. Esse método é fornecido ao ser humano na infância, com uma rica variedade de ideias e proposições, palavras e frases. Esse é responsável por saberes sensoriais, como por exemplo, “que o fogo queima, que o sol é que fornece a luz, que o cavalo come relva...” Todas essas coisas, as quais percebemos pelos sentidos ou consciência ou que sabemos de uma maneira direta, através de qualquer exercício de nossa própria reflexão ou nosso raciocínio, pode ser chamado de observação (Watts, 1743). Locke traz uma descrição semelhante ao abordar “os passos pelos quais a mente alcança várias verdades”, no qual ele diz:

Os sentidos inicialmente tratam com ideias particulares, preenchendo o gabinete ainda vazio, e a mente se familiariza gradativamente com algumas delas, depositando-as na memória e designando-as por nomes. (LOCKE, 1836, p.13)

Quando essa observação relatasse qualquer coisa que imediatamente nos preocupasse e da qual ficássemos curiosos, isso nos induziria ao que Watts chama de *Experiência*, o autor diz que para conhecer ou para experimentar, é necessário despertar um sentimento, “um apetite”, uma paixão... E define experimento como:

Quando nós estamos pesquisando a natureza ou propriedades de qualquer existência por vários métodos de experimentação, ou quando nós aplicamos algum poder adicional, ou estabelecemos algumas causas para trabalhar, observar quais efeitos eles poderiam produzir, esse tipo de observação é chamado experimento. (WATTS, 1743, p.31)

O segundo método a ser detalhado é a *Leitura*, que está relacionado com o conhecimento adquirido a partir dos trabalhos de outros autores, através de suas publicações escritas no qual o leitor passa a fazer parte dos sentimentos, observações, raciocínio e do conhecimento adquirido pelo estudioso, assim como informações sobre outras épocas. (WATTS, 1743, p. 32)

O terceiro método seria as *Palestras Públicas ou Privadas* que são as instruções verbais dadas por um professor enquanto os aprendizes ouvem em silêncio. De acordo com Watts, através desse procedimento se aprende, por exemplo, matemática, através da apresentação de vários teoremas ou problemas, especulações ou práticas por demonstrações e operações, mostradas pelo professor com todos os instrumentos necessários para essas operações. (WATTS, 1743, p. 32)

O quarto método é a *Conversação*, no qual, através do mútuo discurso e investigação, compreendem-se os sentimentos uns dos outros, bem como buscam expor os seus próprios sentimentos. Watts afirma que às vezes, em um diálogo, embora ambas as partes falem, ainda assim o predomínio de saberes está sobre um lado, ele exemplifica com um encontro entre um professor e um aprendiz que discursam juntos, que debatem determinado tema, mas não deixa claro qual dos dois é o detentor do saber. Nesse caso, finaliza Watts, o benefício é frequentemente mútuo, isto é, ambos aprenderão se o professor utilizar do método de conversação. (WATTS, 1743, p.32)

O quinto e último método, mas não menos importante, é a *Meditação ou Estudo*, que inclui todos os esforços mentais que fazemos para tornar tudo sobre os outros métodos acima apresentados, úteis para ampliarmos o verdadeiro conhecimento e a sabedoria. É pela meditação que confirmamos nossa memória em relação às coisas que passam através dos nossos pensamentos nas ocorrências da vida, em nossa própria experiência e nas observações que fazemos. Através desse método é que construímos várias conclusões e estabelecemos em nossa mente princípios gerais do conhecimento, comparamos as várias ideias que derivam de nossos sentidos, ou de operações de nossas mentes e assim, podemos uni-los para formar opiniões e novas proposições. Além de ser responsável por fixarmos em nossa memória tudo quanto aprendemos, e gerar nossa própria forma de julgamento da verdade ou falsidade, a força ou fraqueza do que os outros falam ou escrevem. (WATTS, 1743, p. 33)

É por meditação ou estudo que obteríamos longas cadeias de argumentos, e através da reflexão alcançaríamos profundas e difíceis verdades que antes estavam ocultas, escondidas na escuridão. De acordo com Watts, é algo desnecessário provar que

a meditação solitária, junto com poucas observações, que a maior parte da humanidade é capaz de fazer, não é suficiente, para levar-nos à realização de proposições consideráveis de conhecimento, “pelo menos em uma Era tão aperfeiçoada como a nossa está, sem a assistência de conversação e leitura e dos outros métodos que poderão ser adquiridos em nossos dias”. (WATTS, 1743, p. 33)

Cada método tem suas vantagens peculiares pelas quais assistem uns aos outros, e seus problemas, também característicos, que têm de ser superados pela colaboração dos outros, sendo assim, em um segundo momento do livro que destacaremos a seguir, Isaac Watts aborda as vantagens de cada método.

2.2.1- Observação

De acordo com Watts, é através da observação, que nossa mente primeiramente é ocupada com ideias simples e depois com as mais complexas, e assim, estabelecer-se-ia a base e o fundamento de todo o conhecimento, e nos torna capaz de usar qualquer um dos outros métodos para melhorar a mente (WATTS, 1743, p. 34). Como podemos observar que Watts se baseou em Locke, buscamos na obra desse autor, as definições de ideias simples e complexas para um melhor entendimento. Ideias simples são aquelas que a mente não pode formular, nem destruir, são obtidas a partir do que vemos e do que sentimos, ou seja, “elas já existem”, e as ideias complexas são formadas a partir da reunião de várias ideias simples. (LOCKE, 1836, p.62; p.96)

De acordo com Watts todo o nosso conhecimento deriva da observação, se são ideias ou simples proposições, são conhecimentos desenvolvidos a partir da pessoa. É por meio da observação que vemos e conhecemos as coisas como elas são, ou como elas parecem ser para nós. Através dela temos a impressão de que os próprios objetos estão dentro da nossa mente, dando-nos uma clara e forte concepção das coisas, enquanto que, o conhecimento derivado de aulas, leituras e conversação, sem o uso de uma observação meticulosa, irão nos fornecer mais uma cópia das ideias de outros homens, isto é, uma imagem da imagem que outros nos transmitiram e, portanto, mais uma reconstrução do original. (WATTS, 1743, p. 35)

Outra vantagem da observação apresentada, é que a obtenção do conhecimento ocorre ao longo de todos os dias e de todos os momentos de nossas vidas e de nossa existência, a todo o momento estamos adicionando alguma coisa ao nosso intelecto, assim, somente quando nós estamos dormindo, e mesmo assim, ao lembrar de nossos sonhos, aprendemos algumas verdades e adquirimos algum fundamento para um melhor entendimento da natureza humana, com as suas atribuições e fragilidades. (WATTS, 1743, p. 35)

2.2.2- Leitura

Com esse método Watts explica que é possível nos entendermos, de uma forma muito extensa, com fatos, ações e pensamentos de vida e morte, da mais remota nação e das mais distantes eras, e com tanta facilidade como se eles vivessem em nossa própria época e nação. Watts compara a leitura, a observação e a conversação, afirmando que pela leitura de livros, pode-se aprender algo de qualquer parte da humanidade, enquanto que pela observação, aprende-se tudo sobre nós, mas apenas aquilo que estamos em contato direto e que pela conversação pode-se aproveitar apenas a assistência de poucas pessoas, aqueles que estão perto de nós e vivem em uma mesma época, que são nossos contemporâneos. Entretanto, chamamos novamente a atenção para o perigo de nos restringirmos apenas ao nosso próprio e solitário raciocínio a partir da leitura, mas sem muita observação ou leitura nosso conhecimento é muito limitado. O aperfeiçoamento deve surgir somente de nossas meditações e das atribuições interiores. (WATTS, 1743, p. 35)

Assim, pela leitura, as pessoas aprendem não somente sobre as ações e sentimentos de diferentes épocas e nações, mas transfere seus conhecimentos e aperfeiçoamentos do mais erudito homem, do mais sábio e o melhor da humanidade, quando ou onde quer que eles vivam. Já pela conversação e instrução, pode ser obtido conhecimento somente daqueles que estão ao nosso alcance, sendo sábia ou não, e algumas vezes a esfera limitada de qualquer pessoa de grande eminência em sabedoria ou aprendizado, a menos que aconteça do nosso instrutor ter essa característica, enquanto que muitos livros que têm obtido grande reputação no mundo, são produtos de

grandes e sábios homens em suas épocas e nações, o que amplia muito os nossos conhecimentos. (WATTS, 1743, p. 36)

Watts afirma que quando se lê um bom autor, aprende-se o melhor, o mais difícil e o mais refinado sentimento daqueles sábios e instruídos homens que estudaram duro e se empenharam para escrever seus pensamentos maduros, e o resultado de seus longos estudos e experiência. Enquanto que por conversação e em algumas palestras o que se obtém muitas vezes é somente o pensamento dos nossos tutores ou amigos presentes, e embora eles possam ser brilhantes e muito úteis podem a princípio, serem rápidos, desordenados e com dicas simples e sem plenitude. Outra vantagem da leitura apresentada é a possibilidade de revisar o que foi lido, o autor afirma que se pode consultar a página várias vezes, e refletir sobre sucessivas passagens, em nossas horas serenas e de descanso, tendo o livro sempre à mão, enquanto que, o que nós obtemos pela conversação em aulas, muitas vezes é rapidamente perdido. (WATTS, 1743, p. 37)

2.2.3 - Instruções verbais para Palestras Públicas ou Privadas

O autor começa a caracterização desse método dizendo que “sempre há algo de mais alegre, mais agradável e divertido no discurso ao vivo de um sábio, erudito e bem qualificado professor, do que há na silenciosa e sedentária prática da leitura”. Segundo Watts a variação no tom de voz, a boa pronúncia, atraem a atenção, mantém a mente do ouvinte atenta, além de transmitir e introduzir as ideias das coisas de uma maneira mais viva e convincente, do que a simples leitura de livros no silêncio e isolamento particular. (WATTS, 1743, p. 38)

Um tópico que nos chamou muita atenção nesse método foi que Watts diz que o tutor ou instrutor, quando parafraseia e explica outro autor, pode demarcar um ponto preciso de dificuldade ou controvérsia de seus alunos, e desdobrá-lo. Ele poderia mostrar para seus aprendizes quais os parágrafos são em maior e menor importância para o aprendizado daquele tema em particular, e assim ensinar aos seus discípulos quais os autores ou quais as partes de um autor que devem ser lidas sobre qualquer assunto, poupando-lhes tempo e esforços em suas disciplinas. Pode mostrar também, continua Watts, qual era a doutrina dos ancestrais em um compêndio, o que poupa o

trabalho da leitura de muitos livros. Nele, o professor pode informar quais as doutrinas ou sentimentos que estavam se desenvolvendo no mundo antes de se tornarem públicas; bem como familiarizar o aluno com os seus próprios pensamentos, experiências e observações que talvez nunca fossem publicadas para o mundo, e ainda podem ser muito úteis e valiosas. (WATTS, 1743, p. 38)

Segundo Watts, o instrutor nas palestras pode fazer experimentos diante dos olhos dos espectadores, pode descrever figuras e diagramas, pontos nas linhas e ângulos e fazer demonstrações de uma maneira inteligente, utilizando os sentidos, que não podem ser tão bem feitos através da mera leitura, apesar de que deixa claro que os aprendizes devem ter as mesmas figuras em um livro diante de si.

Acrescenta ainda que mesmo quando o assunto do discurso fosse “moral, lógica ou retórica e que não viesse diretamente sob a percepção dos sentidos, um tutor deve explicar as suas ideias por exemplos familiares claros ou simples semelhança, como raramente encontrava-se em partes de um livro”. É interessante notar o quanto as ideias de John Locke influenciam a obra de Watts, em um trecho de sua obra ele traz essa mesma preocupação de tornar algo compreensível para alguém que não estava habituado com um determinado assunto, assim, diz que:

[...] quando uma pessoa faz uso do nome de qualquer ideia simples, e percebe que não é entendida, ou está em perigo de ser enganada, é obrigada, pelas leis da engenhosidade e objetivo do discurso, a declarar o seu significado e a tornar conhecida qual ideia isso pretende significar. [...] Deste modo, para tornar conhecido a um camponês o que a cor *feuille-morte* significa, será suficiente dizer-lhe que é a cor de folhas murchas caindo no outono... (LOCKE, 1836, p. 378)

Para Watts, a presença do professor para sanar dúvidas e remover as dificuldades dos discípulos é fundamental, sendo assim, quando o tutor em suas aulas entrega alguma questão difícil, ou se expressa de maneira em que o ouvinte não capta claramente as suas ideias, é sugerido que o mesmo tivesse a oportunidade de, no mínimo quando a aula termina, ou em outro momento adequado, inquirir sobre como a sentença deve ser entendida ou como a dificuldade pode ser esclarecida e removida. Se for possível, o ideal é ter uma livre conversa com o tutor, ou no meio da aula ou mais no final dela, relativo às dúvidas ou dificuldades que ocorreram para o ouvinte, conduzindo a dúvida a uma conversa ou a um discurso participativo para todos. (WATTS, 1743, p. 39).

2.2.4 - Conversação

Ao abordar este método, o autor diz que quando se conversa com um amigo sábio, tem-se a sua ajuda presente para explicar toda palavra e sentimento que parecem obscuros em seu discurso e para informar todo o significado, então assim, o risco de uma interpretação ou entendimento equivocado é menor, enquanto que em um livro, tudo que é realmente incompreensível pode permanecer sem ser entendido, sem solução, uma vez que o autor não está ao lado para ser inquirido sobre o seu sentido. (WATTS, 1743, p. 40)

Ao fazer uma comparação entre esse método e a *Leitura*, Isaac Watts deixa explícito que as dificuldades que surgem em nossa mente devem ser removidas por uma esclarecedora palavra de nosso correspondente, o que seria uma desvantagem da *Leitura*, que se uma dificuldade ou questão surgir em seus pensamentos, dos quais o autor não tenha mencionado, devemos nos contentar com a ausência de uma resposta ou solução para isso, afinal “Livros não podem falar”. (WATTS, 1743, p. 41)

Segundo Watts, não somente as dúvidas que surgem na mente sobre algum assunto do discurso são facilmente propostas e resolvidas na conversação, mas as verdadeiras dificuldades que encontramos nos livros e em nossos estudos particulares podem encontrar uma ajuda em uma conversa informal. Pode acontecer que, durante uma reflexão sobre um assunto complicado, passam vários meses sem solução. Isso acontece algumas vezes, porque talvez nós tenhamos trilhado um caminho de raciocínio errado, e nosso trabalho, enquanto insistimos em permanecer em um erro que nem sabemos se está errado, não é somente inútil e sem êxito, mas muitas vezes nos leva a um longo caminho de erros, por falta de ser corrigido no primeiro passo. Mas se anotarmos essa dificuldade quando lemos, poderemos propor essa dúvida a algum conhecido e saná-la, conseqüentemente a dificuldade desaparecerá. (WATTS, 1743, p. 41).

A conversação é responsável por trazer velhos conceitos úteis de dentro da lembrança; desdobra e exhibe tesouros do conhecimento escondidos com o qual a leitura, a observação e o estudo tinham antes ocupado a mente. Por mútuo discurso, a alma é

despertada, ressalta os tesouros do conhecimento e aprende como torná-los mais úteis para a humanidade. “Um homem de ampla leitura, sem conversação é como um avarento, que vive somente para ele mesmo”. (WATTS, 1743, p. 42).

Ele afirma que nas conversas é que ocorrem o despertar da vontade de aprender, como no seguinte trecho:

Frequentemente tem acontecido em discursos livres, que novos pensamentos estranhamente saem e as sementes da verdade brilham e resplandecem através da companhia de um interlocutor, a calma e silenciosa leitura nunca teria excitado tais sementes. Pela conversação, ambos irão dar e receber o benefício; como pedras, quando colocadas em movimento e atritadas uma contra a outra, produzem um fogo vivo em ambos os lados, que nunca teria surgido dos mesmos materiais rígidos em um estado de repouso. (WATTS, 1743, p. 44)

Outra vantagem considerada por Watts, é que a conversação fornece ao estudante o conhecimento dos homens, como a leitura fornece através do livro. Um homem que vive todos os seus dias entre os livros, pode ter acumulado uma pilha de conceitos; mas ele deve ser considerado um mero estudioso, um contemplador do mundo, para ele falta o diálogo, o debate, que é possível com a conversação. Sendo assim, ele traz uma discreta crítica a maneira como as faculdades moldam os seus alunos, padroniza e limita os conhecimentos dos mesmos, ao dizer que:

Um eremita, que tem sido calado em sua cela, em uma faculdade tem contraído um tipo de molde e uma ferrugem em cima de sua alma e todo os seus ares de comportamento tem certo constrangimento para eles; mas esses ares incomodados são desgastados pelos graus da companhia; o ferrugem e o molde são arquivados e escovados pela conversação educada, o estudante torna-se um cidadão ou um cavalheiro, vizinho, amigo, ele aprende como vestir seus sentimentos nas cores justas como bem os estabelece em uma luz mais forte. (WATTS, 1743, p. 44)

Watts afirma que quando o indivíduo faz algum uso de seus conhecimentos adquiridos no mundo, ele está aperfeiçoando a teoria pela prática, entretanto, para ele, não basta aplicar o conhecimento, deve-se considerar que algo mais é necessário, além de conhecimentos dos homens em livros, e, portanto, desenvolveu o próximo método.

2.2.5 - Meditação ou Estudo

Pode-se perceber que esse método é de extrema importância para o efetivo aperfeiçoamento da mente que Watts objetiva alcançar, apenas as aulas, as leituras e a conversação, sem uma reflexão, não são suficientes para fazer do homem um ser de conhecimento e sabedoria. É o próprio pensamento, a reflexão, o estudo e a meditação que devem atender a todos os outros métodos de aperfeiçoamento e melhorá-los. Mais uma vez é possível verificar uma semelhança com os escritos de Locke, ao tratar sobre a *Percepção*, ele traz a importância da observação acompanhada da reflexão própria do indivíduo, como segue o trecho abaixo:

Cada um saberá melhor o que é a percepção refletindo acerca do que ele mesmo faz, quando vê, ouve, sente etc., ou pensa, do que mediante qualquer explicação de minha parte. Quem quer que reflita acerca do que se passa em sua mente, não pode omiti-la, e, se não reflete, todas as palavras no mundo não podem levá-lo a ter qualquer noção dela. (LOCKE, 1836, p.81)

Todos os métodos abordados até este momento podem fornecer muitas ideias de homens e coisas, mas é a própria meditação e a organização de nossos pensamentos, que devem formar nossos julgamentos, agrupar ou separar as ideias. A mente é responsável por julgar o que concorda ou discorda das ideias adquiridas e formar proposições verdadeiras. Leitura e conversação devem auxiliar nesse processo mental fornecendo argumentos para sustentar as proposições formadas, mas é o nosso próprio estudo e raciocínio que devem determinar se essas proposições são verdadeiras e se esses argumentos são justos e sólidos. (WATTS, 1743, p. 45)

Sabe-se que há mil coisas que nossos olhos não veem e que nunca viriam ao nosso alcance imediato de conhecimento e observação, devido à distância, ao tempo e aos lugares onde tais coisas acontecem. Esses fatos são conhecidos através de consultas às outras pessoas e aos livros. Mas, depois de tudo, é nossa própria reflexão e julgamento que devem determinar o que nós devemos aceitar e pelo trabalho da mente penetramos fundo em temas do conhecimento e transportamos nossos pensamentos às vezes para muito longe sobre muitos assuntos. É nosso próprio raciocínio que desenha qualquer verdade para o outro e forma todo um esquema ou conhecimento a partir de

umas poucas informações que nós recebemos de alguém. Examinando essas situações, Watts conclui que:

Quem gasta todo o seu tempo ouvindo aulas, ou debruçado sobre os livros, sem observação, meditação ou conversa, terá mais um mero conhecimento histórico de leitura e de dizer apenas sobre o que os livros ou homens nos informam e até onde eles são dignos de nossos créditos e assentimentos. (WATTS, 1743, p. 47).

É a meditação e o estudo que transferem, transmitem os conceitos e os sentimentos dos outros para nós mesmos, e então fazê-los propriedade nossa, aprendê-los. É nosso próprio julgamento sobre eles, bem como nossa memória sobre eles, que os tornam propriedade nossa (WATTS, 1743, p. 48). Tanto Watts quanto Locke tratam de uma mesma maneira a memória, como uma ferramenta para o aprendizado, eles a colocam onde ficam retidas as ideias e quando necessárias, pelo processo de reflexão, são resgatadas para serem aplicadas. (WATTS, 1743; LOCKE, 1836)

Finalizando a sua descrição do método *Estudo ou Meditação*, Watts diz que, através do mesmo, aperfeiçoam-se as informações que se têm adquirido pela observação, conversação e pela leitura: aquele indivíduo, que só conversa sem observação, leitura ou estudo obtém mais um leve e superficial conhecimento, e corre o risco de ser portador de equívocos; aquele que apenas confia em si mesmo, em seu isolamento e em sua própria observação restrita das coisas e é ensinado apenas pelos próprios pensamentos solitários, sem instrução por aula, leitura, ou conversação livre, está em perigo de se restringir a um vão conceito de si mesmo e a um desprezo irracional pelos outros.

Por fim, ele obtém apenas uma verdadeira, limitada e imperfeita visão e conhecimento das coisas que raramente lhe permite aprender a fazer alguma coisa útil do seu conhecimento.

Ao finalizar esse panorama geral sobre seus métodos, Watts conclui alertando que os cinco métodos de aperfeiçoamento apresentados devem ser desenvolvidos em conjunto e integrados, dessa forma são aproveitados em um todo. Embora ele deixe claro que, em sua opinião, dois desses, leitura e meditação, devem ser empregados muito mais do que palestras públicas ou conversação. Mas seria melhor para o aperfeiçoamento se os métodos fossem utilizados de acordo com a necessidade do público, da ciência em estudo, podendo ser aplicados individualmente ou em conjunto.

CAPÍTULO III

BUSCA PELA CARACTERIZAÇÃO DA METODOLOGIA DE ENSINO EM MARIE CURIE

3.1 - A “COOPERATIVA DE ENSINO” NAS ANOTAÇÕES DE ISABELLE CHAVANNES.

Como já mencionado no capítulo 1 dessa dissertação, na *Cooperativa de Ensino* (1907- 1908) cada um dos pais-cientistas ficaram responsáveis por uma disciplina e os alunos assistiam a uma aula por dia, as de física, que eram ministradas por Marie que aconteciam nas tardes de quintas-feiras e nas palavras de Éve, ao término da lição:

A porta abre-se; aparece um sortimento de bolos, tabletes de chocolate, laranjas, para o lanche coletivo. E mastigando e discutindo, as crianças dispersam-se. (CURIE, E., 1957, p. 231)

O livro que reúne as anotações utilizadas neste trabalho traz imagens das anotações feitas de próprio punho por Isabelle e a tradução para o português, bem como desenhos gráficos em algumas páginas para ilustrar, descrições de experimentos, aparelhos, vidrarias, que foram feitas pelos responsáveis pela edição do livro e que não foram desenhadas pela aluna. (CHAVANNES, 2007)

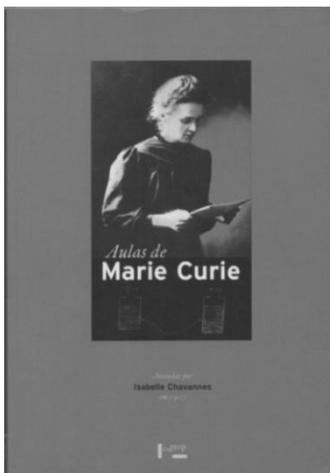


Figura 15: Reprodução da capa do livro das anotações de Isabelle Chavannes.
 Fonte: (Chavannes, I. Em Aulas de Marie Curie. São Paulo. Edusp, 2007)

As dez aulas trazem títulos que antecipam o tema a ser trabalhado no dia. Devido à precisão e à clareza desses, surgiu-nos a dúvida sobre o fato de eles terem sido dados por Marie, por Isabelle Chavannes ou pelos editores do livro. Entramos então em contato com Rémi Langevin - detentor do manuscrito de sua tia-avó - que gentilmente nos informou que esses já constavam nos fichários de Isabelle, não podendo, entretanto afirmar que foram dados pela educadora ou pela aluna.

Impossível estudar esse precioso tesouro sem descrever como estivemos perto de perdê-lo. Acreditamos que todos os estudiosos da História da Ciência e pesquisadores em Ensino de Ciências partilham da angústia e ao mesmo tempo a gratidão sentida por nós ao ler a feliz coincidência com que o Professor de Matemática da Universidade de Bourgogne, sobrinho-neto de Isabelle Chavannes, discorre como esse material foi salvo:

Um dia, meu avô decidiu arrumar o que se encontrava no porão e em particular um baú de papéis de sua irmã Isabelle Chavannes. Eu fui encarregado de colocar na caldeira o que ele desejava queimar. De repente minha atenção foi atraída pelo conteúdo de um fichário preto: ele continha as anotações tomadas por Isabelle durante as aulas de física elementar dadas por Marie Curie. Meu avô deu-me de presente o fichário e as anotações. (LANGEVIN *apud* CHAVANNES, 2007, p.11)

Segundo as valiosas anotações de Isabelle, pode-se perceber a maneira dialógica de conduzir os experimentos utilizados por Marie, estimulando o raciocínio dos seus alunos, evitando antecipar os resultados, levando-os a raciocinar e a tomarem decisões sobre os conceitos tratados, instigando-os, encorajando-os e mesmo divertindo-se com eles. Vale mencionar um trecho do livro de Isabelle Chavannes em que Marie questiona

a seus alunos sobre como fariam para manter quente um líquido em um recipiente, os alunos imediatamente propõem ideias como isolamento, envolver o material com lã e a professora, em tom jocosos, responde que começaria por tampar o recipiente.

Por todo o encantamento despertado em um historiador da ciência e estudioso de ensino de química, é absolutamente impossível nos furtarmos a uma análise dos argumentos e estratégias utilizadas por Madame Curie. Em cada aula, em cada experimento realizado por esta seleta plateia que, até mesmo pela faixa etária – entre sete e treze anos – interroga, busca raízes, dialoga, reflete e se diverte, até então intocáveis para aquelas crianças, laboratórios da imponente Universidade Sorbonne, ou no “santuário” da Rua Lhomond.

Em nossa pesquisa, procuraremos ressaltar em episódios selecionados das dez aulas, algumas partes dos diálogos em que a construção do conhecimento se faz mais evidente. Em sua obra *O que é Dialética?*, Konder comenta que “aos poucos, [a dialética] passou a ser a arte de, no diálogo, demonstrar uma tese por meio de uma argumentação capaz de definir e distinguir claramente os conceitos envolvidos na discussão” (KONDER, s.d. p.3), analisando por esse prisma acreditamos poder afirmar que as aulas de Madame Curie buscavam o caminho da dialética.

Lembrando que a instrução pública na França de então, era dividida em dois níveis paralelos de ensino, o primário que representava todo o ensino para as crianças das classes populares, que estudavam até os treze anos e o secundário, que escolarizava desde a sexta até a última série, as crianças das elites sociais do país, aqueles que deveriam cursar uma universidade. Essa modalidade atendia apenas em torno de quatro a cinco por cento das crianças nesta faixa etária e eram esses alunos, que pretendiam seguir os seus estudos, que a Cooperativa buscava preparar.

Na verdade, ao escrever o prefácio do livro “Aulas de Marie Curie: anotadas por Isabelle Chavannes em 1907”, o famoso membro da academia de ciência e professor emérito da *École Polytechnique de Paris* Yves Quéré, não se furta a comparações dos métodos utilizados por Marie àqueles propostos pela Academia de Ciências - tanto na França quanto no Brasil - pelo projeto *La main à la pâte*, ou “Mão na Massa¹⁴”, cuja metodologia de ensino é baseada em questionamentos e do qual o professor Quéré tem sido um dos maiores divulgadores em todo o mundo.

¹⁴ Esse projeto também atua no Brasil, com o nome de Ciência à Mão, em algumas universidades como na Universidade Federal de Viçosa (UFV) em Minas Gerais, na Universidade de São Paulo (USP) em São Paulo.

Logo no título do prefácio, “Uma pedagogia moderna”, o estudioso não deixa dúvidas quanto a sua visão sobre o método de ensino da cientista. Em suas palavras:

Marie Curie [...] suscita perguntas [...] que são as de cada um, principalmente aquelas com que nos bombardeiam as crianças todos os dias. Ela as faz suas, trazendo as crianças à resposta, em uma maiêutica que se desenvolve na observação, na experimentação e na reflexão. (QUÉRÉ *apud* CHAVANNES, 2007, p.14)

3.2 - PRIMEIRA AULA: EM QUE SE DISTINGUE O VÁCUO DO AR

A primeira aula registrada pela sua aluna Isabelle, data de vinte e sete de janeiro de 1907, foi realizada na *École Municipale de Physique et de Chimie de Paris* (EPCI) situada na Rua Lhomond¹⁵. Nessa aula a cientista visa desenvolver juntamente com os seus alunos o conceito de vácuo. Podem-se notar nas falas da educadora, evidências de que a sua intenção não era a de fazer o experimento sozinha e deixar seus alunos passivos, nem de deixá-los fazer os experimentos sem a sua colaboração. Esse padrão em sua fala se assemelha a um detalhamento na descrição do método conversação de Watts, no qual ele diz que é através do “discurso mútuo e inquerito que se aprende os sentimentos dos outros, bem como a se comunicar”¹⁶ (WATTS, 1743, p. 32), entendemos que esse trecho se assemelha a uma aula com a participação dos alunos, senão vejamos:

Marie Curie (MC): Aqui temos uma garrafa... Ela parece vazia. O que há lá dentro? (p. 27)

Após a resposta dos alunos de que há ar, Marie continua:

MC: Como vocês podem saber que há alguma coisa dentro? (p. 27)

¹⁵ Apenas para recordar a importância desse laboratório, chamado por muitos estudiosos da época de “o Santuário” que, graças a amplitude de visão do então diretor da EPCI Mr. Schützenberger, que cedeu para o professor de física Pierre Curie e para uma estudante de ciências da Sorbonne é onde foi desenvolvidas as pesquisas do casal. Ali desenvolveram pesquisas tais, como a descoberta do Polônio e do Rádio, o difícil isolamento desses elementos e a determinação de suas propriedades químicas, vários aparelhos de medição de emissões radioativas, entre outros. Pode-se dizer que essas paredes viram tomar corpo dois prêmios Nobel.

¹⁶ Todos os trechos citados de Isaac Watts são traduções nossas.

Na fala acima e, em sua atitude apresentada a seguir, percebe-se a intenção da educadora em fazer com que seus alunos questionem, investiguem, esta característica assemelha-se a outro trecho, também do método Conversação, o qual nos leva a entender que, se você não tem uma clara ideia do que é falado, deve esforçar-se para obter uma concepção mais expressiva através de investigação (WATTS, 1743), ou seja, o aluno ao estar diante dos experimentos apresentados, através da investigação, ele construiria um significado próprio de tudo o que estava vendo.

Ela propõe que eles mergulhem garrafas “vazias” dentro de um reservatório de água. Isabelle descreve que primeiro, ao abrir a tampa da garrafa dentro do reservatório, mantendo o gargalo para cima a água entra, mas nós “Vemos sair bolhas [...] Havia ar na garrafa e é este ar que sai. Como ele é mais leve que a água, ele sobe à superfície”. As análises que conduziam à conclusões conforme aquela formulada por Isabelle, ao realizar o experimento, nos remeteram a outra característica, que nos foi possível perceber em todo o livro de Isaac Watts, que os métodos por ele propostos possuíam como característica crucial o aperfeiçoamento da mente (como o próprio título deixa claro), nota-se que o autor aconselha a deixar o aprendiz terminar logicamente o seu discurso antes da resposta do instrutor (WATTS, 1743). Watts recomendava que o ouvinte apresentasse um raciocínio sobre o assunto exposto, sem que o falante deixasse claro, antecipadamente, o que estava querendo dizer. Podemos notar que essa característica está presente nessa aula, ao observarmos a conclusão formulada por Isabelle, após realizar o experimento. E Madame Curie prossegue:

MC: Fechemos novamente a garrafa depois de tê-la esvaziado, e vamos abri-la no interior da água mantendo o gargalo para baixo. O que acontece? (p. 27)

“A água sobe um pouco dentro da garrafa, comprimindo o ar que ela contém, porém este ar detido pelo vidro do frasco não pode subir até a superfície: ele fica preso no fundo da garrafa e a água não pode enchê-la” [descreve Isabelle]. Neste trecho percebe-se novamente a característica acima abordada no método Conversação.

Outro trecho da mesma aula, Marie esforça-se para que seus alunos compreendam primeiro o fenômeno e só depois incorporem a linguagem científica, chamou-nos a atenção, ainda no método Conversação, que Watts aconselha ao tutor que ao perceber uma pessoa inexperiente em matéria de debate, deve guiá-la a um conhecimento claro da matéria (WATTS, 1743), ou seja, quando o professor observar que o seu aluno não está tendo um “vocabulário científico” adequado para dialogar

sobre determinado assunto, cabe a ele fazer o ajustamento deste, apresentando primeiro uma forma de expressão popular e então fazer a transição para a linguagem coloquial. No referido episódio, Marie propõe que fizessem um experimento com o mercúrio, imergindo a garrafa que a continha de cabeça para baixo em um recipiente cheio de água, mas antes de retirarem a tampa, ela pergunta o que irá acontecer, e seus alunos rapidamente respondem:

Alunos (AL): O mercúrio irá para o fundo do recipiente. (p.28)

“Irène tira a tampa do frasco e de fato o belo e brilhante mercúrio desce rapidamente para o fundo do recipiente” [descreve Isabelle]:

AL: É que ele é mais pesado do que a água.

MC: É quase isso, mas não é bem isso. Será que uma pequena gota de mercúrio é mais pesada que a água de uma grande garrafa?

AL: Ah, não!

MC: Porém se, se enche uma garrafa com água e uma garrafa igual com mercúrio, qual será a mais pesada?

AL: Aquela em que se pôs mercúrio.

MC: Então vejam vocês, é preciso dizer que ‘para um mesmo volume, o mercúrio pesa mais do que a água’. Em lugar de dizer esta longa frase, diz-se: ‘o mercúrio é mais denso do que a água’. [...] O ar é menos denso que a água, como nós já observamos há pouco. (p. 28)

Sendo extremamente cuidadosa para que seus alunos não desenvolvam uma concepção equivocada acerca do assunto, Madame Curie destaca que utilizaram para o experimento dois líquidos, mas que “ser líquido” não era uma condição única para comparar a densidade entre os corpos, e conduz o seletivo grupo a uma comparação entre a madeira e o chumbo, ensinando-os a determinar a densidade de corpos sólidos por deslocamento do volume de líquidos.

Em outro experimento é feito com uma pera de borracha, Marie chama atenção para uma propriedade do material daquele objeto, os alunos observam e sentem o ar que o objeto libera e se enche novamente:

MC: A borracha é um corpo elástico. Depois de apertarmos uma pera de borracha, por causa de sua *elasticidade*, ela retoma por si sua forma inicial e o ar é forçado a voltar para dentro da pera. (p. 30)

Ela faz uma comparação com o ar nos pulmões. Nesse trecho percebemos uma semelhança com uma característica destacada por Watts no método Palestras Públicas ou Privadas, em que ele diz que “Um tutor ou instrutor quando parafraseia ou explica outro autor [ou outra situação] pode tirar um ponto preciso de dificuldade ou controvérsia” (WATTS, 1743, p. 38), sendo assim, ao fazer analogias, Marie facilita o entendimento do que estava tentando elucidar aos seus alunos, ao dizer:

MC: Quando se respira, as costelas se erguem, os pulmões se abrem e o ar entra como na pera de borracha. (p. 30)

Em outro trecho, esta mesma característica se faz presente:

MC: Apertemos agora a pera de borracha dentro da água. Quando ela retoma a forma inicial, é a água que a enche desta vez. Diz-se que a pera *aspirou* à água. Pode-se fazer o mesmo com o peito e com a boca. Eu aspiro água por um tubo que se comunica com um vaso; eu aspiro água com uma pipeta. (p. 32)

A passagem abaixo é um exemplo do que pode ser observado em vários outros momentos das suas aulas. No método Conversação, Watts destaca que “um tutor deve explicar ideias através de exemplos familiares, claros” (WATTS, 1743, p. 39), essa preocupação pode ser notada em vários momentos da aula de Marie Curie, já que a educadora busca trazer para a realidade dos seus alunos os experimentos que estavam fazendo. Onde aquele fenômeno com a pera acontece na vida deles? Quando se trata da construção do conceito de vácuo, trabalhando com uma pera que libera o ar e enche-se de água, ela explica como funciona a sucção através de um canudo:

MC: Aspirando-se, abrem-se os pulmões; faz-se um vácuo e a água sobe. (p. 32)

Posteriormente, mantendo um experimento relacionado com o outro, nota-se uma preocupação em ressaltar para os seus futuros universitários, a importância da ciência e do desenvolvimento tecnológico:

MC: Porém, nem sempre se pode aspirar o necessário com a boca. Não se pode retirar com a boca todo o ar de um recipiente, longe disso. Aqui temos um aparelho que se chama *trompa de água*, que serve para aspirar ar e por consequência produzir *vácuo*. (p. 32)

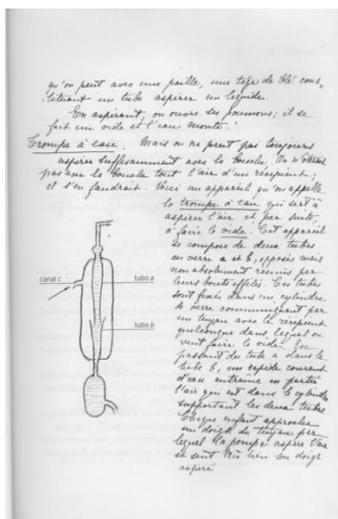


Figura 16: Página do livro de Isabelle Chavannes com o desenho da trompa de água (p.33)
 Fonte: (Chavannes, I. Em Aulas de Marie Curie. São Paulo. Edusp, 2007)

Marie desenvolve atividades que retomam o que já foi feito durante a aula, demonstrando para seus alunos que há uma relação entre os experimentos, que esses não são isolados. Isso fica evidente no momento em que ela utiliza a trompa de vácuo para retirar o ar de dentro da campânula (vaso de vidro em forma de sino ou de pequena redoma), para mostrar o que aconteceria se, em um sistema onde há uma campânula tampada por uma bexiga de porco, fosse retirado todo o ar, além de introduzir o conceito de pressão atmosférica, que será tema da próxima aula.

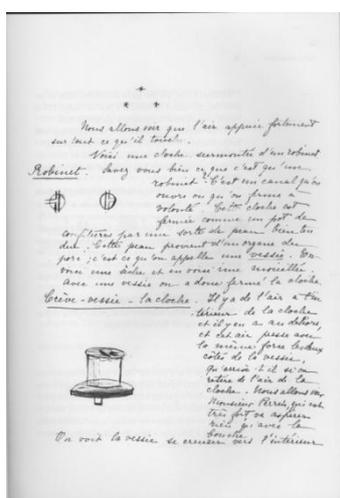


Figura 17: Página do livro de Isabelle Chavannes contendo o desenho da campânula tampada com a bexiga (p.35)
 Fonte: (Chavannes, I. Em Aulas de Marie Curie. São Paulo. Edusp, 2007)

Mais uma vez retomamos a característica contida em Watts acerca do uso de analogias, demonstrando mais uma vez onde o vácuo, que era o tema central desta aula, está presente na vida deles. E ela conclui:

MC: Existe ar no interior da campânula e fora dela, e este ar pressiona com a mesma força os dois lados da pele de bexiga. O que acontece se se retira o ar da campânula? Vamos ver. [...] (p. 34)

MC: [...] Ela vai estourar se continuarmos, se tirarmos quase todo o ar da campânula, isto é, como se costuma dizer, produzindo *vácuo*. (p. 34)

Pode-se perceber no trecho acima, que mais uma vez, ela apresenta aos seus alunos a linguagem científica, ao concluir que se o recipiente fica completamente sem ar, isso é chamada de vácuo, característica já apresentada.

Depois se faz um novo experimento, onde a campânula fica em cima de uma bexiga e retira-se o ar da mesma, demonstrando que a pressão do ar na bexiga torna-se mais forte do que a pressão do ar que está na campânula, sendo assim, a bexiga dilata. Chamou-nos a atenção o fato de que, ao término desses dois experimentos com a bexiga e com a campânula, Madame Curie faz com que as crianças expliquem o que aconteceu em cada um, para ter certeza de que eles realmente estavam compreendendo os conceitos que ela apresentava.

Fica evidente em muitos momentos, o incentivo à busca pelo questionamento, pela reflexão. No trecho abaixo, além de marcar a característica investigativa, notamos que, ela aplica o conceito de vácuo, que acabara de ser construído juntamente com a turma e traz uma aplicação para o mesmo. Em qual situação, além das já abordadas em relação ao cotidiano do aluno, este conceito pode ser útil? O que se pode determinar utilizando o vácuo?

MC: Será que o ar é pesado? Não é tão fácil saber como no caso da água ou das pedras. Entretanto vamos tentar descobrir. Aqui temos um balão de vidro que tem uma torneira. Este balão tem uma capacidade de 5 litros, isto é, se ele estiver cheio de água e for esvaziado, encheremos cinco garrafas de 1 litro com a água do balão. Produz-se vácuo neste balão e pesamos. (p. 36)

Durante esse experimento, Isabelle registra o que é observado e o que ela conseguiu concluir, além de estimular o raciocínio em relação ao funcionamento de uma balança, ao equilíbrio, o que nos indica a característica já mencionada onde se permite que o aluno construa um raciocínio lógico sobre o assunto:

Isabelle Chavannes (IC): Para pesá-lo nós o prendemos no prato de uma balança e colocamos no outro prato até que a agulha da balança esteja bem vertical no ponto marcado zero. Em seguida nós fazemos entrar ar no balão, abrindo a sua torneira; nós ouvimos um ligeiro assobio. É o barulho do ar que entra no balão. O prato onde está o balão se inclina; o balão é, portanto mais pesado cheio de ar do que vazio. Então sabemos agora que o ar é pesado. Os pesos que são necessários acrescentar no outro prato para restabelecer o equilíbrio, isto é, para trazer a agulha da balança ao zero, nos indicam o que pesam 5 litros de ar. Dividindo por 5, nós temos o peso de 1 litro de ar, aproximadamente 1,3 gramas. (p.37)

E exclama a admirada Isabelle:

IC: É bom lembrar que, enquanto 1 litro de água pesa 1 quilograma, 1 litro de ar pesa 1,3 gramas. (p.37)

Marie confirma o raciocínio de Isabelle e parte para o último experimento desta aula, no qual utiliza uma lâmpada incandescente, a educadora inicia:

MC: Temos aqui uma lâmpada elétrica. Existe ar dentro dela? Não, porque o filamento de carbono que deve ficar incandescente nesta lâmpada queimaria no ar. Porém, pode haver aí outro gás, gás de iluminação, por exemplo. Vejamos. Nós mergulhamos a lâmpada na água com a ponta para baixo. Nós quebramos esta ponta dentro da água, e a água enche imediatamente toda a lâmpada. Se não houvesse vácuo na lâmpada, a água não poderia enchê-la assim de uma vez. (p. 38)

Neste experimento, ela retoma os assuntos que foram trabalhados durante toda a sua aula, o vácuo, a presença de ar em recipientes teoricamente vazios e conseqüentemente, temos praticamente todas as características abordadas no presente, nesse trabalho. Tal prática demonstra que Marie não deixava um experimento sem conexão com os outros e, a todo o momento, aproveitava-se de algum conceito ou algum equipamento já utilizado para que seus alunos vissem outra forma de aplicar o mesmo processo (o mesmo raciocínio) para resolver outro problema, como no trecho exemplificado acima, em que foi utilizado um procedimento semelhante no início da aula. Foi feita a verificação do que havia dentro da garrafa para se concluir o que havia dentro da lâmpada. Vale a pena ressaltar que a compreensão e aceitação da existência do vácuo nunca foi uma tarefa trivial para os estudiosos de ciência, e Madame Curie explica-o de forma natural, concatenada e coerente para uma plateia ainda iniciante nas ciências.

3.3 - SEGUNDA AULA: EM QUE SE DESCOBRE QUE O AR PESA SOBRE OS OMBROS

A segunda aula tem como possível objetivo desenvolver o conceito de pressão atmosférica e é datada de três de fevereiro de 1907, esse assunto foi brevemente introduzido em sua aula anterior. Iniciou-se a aula com uma retomada do que já fora visto através de recordações feitas pela própria professora e pela montagem da trompa de vácuo:

MC: Vimos na última aula que o ar exerce pressão. Aqui temos uma grande pera de borracha que contém ar. Ela se comunica com um pequeno balão de borracha fina que está, no momento, mole e frouxo. Se eu quiser aumentar a pressão na pera grande, comprimindo o ar que ela contém, eu vejo o pequeno balão tornar-se redondo e cheio, o que prova que a pressão aumentou neste balão. O ar da pera comunica-se com o ar do balão por um pequeno canal e a pressão não pode aumentar de um lado sem aumentar, ao mesmo tempo, do outro. (p. 41)

Após esta introdução, a educadora faz uma comparação entre o que acabou de dizer e o ambiente em que eles se encontram o que se adapta a característica elucidada por Watts de utilizar-se das analogias para facilitar o entendimento. Essa estratégia era muito utilizada por estudiosos do século XIX, como Jane Marcet que ao ter contato com a química e reconhecer nela uma ciência de suma importância, escreveu *Conversations on Chemistry* em 1805, diálogos entre uma professora que além de utilizar experimentos, utiliza analogias para ensinar a suas duas alunas¹⁷. (BALDINATO; PORTO, 2009)

Senão, vejamos:

MC: Este quarto comunica-se com o exterior pelas portas e janelas; a pressão do ar que ele contém é a mesma que a pressão do ar no exterior. Esta pressão é o que se chama *pressão atmosférica*. O que se pode fazer para aumentar a pressão do ar em uma pera de borracha? (p.42)

¹⁷ Jane Marcet foi uma mulher da alta sociedade inglesa do século XVIII. A obra aqui citada é uma introdução à ciência, escrita por ela, baseada em conferências ministradas pelo professor e químico Humphry Davy (1778-1829). (BALDINATO; PORTO, 2009)

Uma das crianças responde a pergunta, dizendo que bastava comprimi-la, diante de tal reação, Marie apresenta uma alternativa, com um exemplo bem comum na época, as bicicletas, que estavam sendo consideradas como uma grande revolução na forma de locomoção. Temos aqui a característica já mencionada, onde o professor/tutor deveria dar explicações baseando-se em exemplos familiares para o ouvinte. Essa tendência em tentar aproximar a ciência do “leigo”, seja utilizando analogias ou exemplos do cotidiano, seja buscando utilizar uma linguagem que fosse de fácil compreensão, é notada em Marie, e em alguns filósofos naturais, como Hélène Metzger (1889-1944) que escreveu *La Chimie* com uma linguagem adaptada do vocabulário técnico, visando o bom entendimento da química para aqueles que não estavam habituados a essa ciência, Jane Marcet que na obra supracitada, ao optar por utilizar diálogos entre uma professora e duas alunas, coloca o leitor como participante daquela aula por ela descrita, utilizando-se de uma linguagem de fácil compreensão para o público “leigo” (BALDINATO; PORTO, 2009) e, séculos antes, Joseph Priestley (1733-1804), na obra *A Familiar Introduction to the Study of Electricity* (1786), que dizia:

Eu sei por experiência que, quando estamos ensinando jovens, ou aqueles que são iniciantes no conhecimento de alguma coisa, não podemos utilizar muitas palavras, ou variar muito a forma de expressão; muitas palavras são inconvenientes comparando com o uso de poucas. (PRIESTLEY *apud* OLIOSI; FERRAZ, 2009)

Sendo assim, retomemos Marie que em seguida explicita:

MC: Sim, porém há um outro meio: é fazer entrar ar nela. Existem bombas como uma bomba de bicicleta que servem para introduzir ar em um recipiente. Como se enche um pneu de bicicleta? Fazendo entrar ar neste pneu. Pela chegada de uma nova quantidade de ar, a pressão do ar que está na câmara torna-se maior, e o pneu enche. (p.42)

Incentivando seus alunos a investigar, a professora parte para o próximo experimento que iria elucidar como a pressão do ar é transmitida, complementando o anterior e já desenvolvendo um caminho cognitivo, para um melhor entendimento do ensaio que se seguiria. É importante ressaltar que além de todas as características detalhadas por Watts para um bom professor, no capítulo VI – *Of Living Instructions and Lectures, of Teachers and Learners* do *The Improvement of the Mind*, ele aborda justamente o frequente questionamento por parte do professor, para colaborar com o

progresso e o melhoramento de seus alunos, segue ainda dizendo que o professor deve ter interesse, paciência e adaptar o seu método aos seus aprendizes. (WATTS, 1743, p. 100)

No trecho da aula abaixo, percebe-se mais uma vez, a preocupação quanto à compreensão do que havia acabado de ser demonstrado:

MC: Temos aqui dois pequenos balões de borracha que se comunicam. Eu mergulho um destes balões na água; vejo o outro encher. Isto prova que a pressão aumentou no conjunto formado pelos dois balões e o tubo que os une. O que pressionou o balão que está na água?... A água, evidentemente, mas também o ar que exerce pressão sobre a água. Esta última pressão se transmite através da água. Quando este balão estava na superfície da água somente a *pressão atmosférica* o pressionava. Quando eu o enfiei na água ele teve que suportar a pressão atmosférica e a pressão da água. Desde que este balão se mantenha dentro da água, a pressão fica a mesma nos dois balões, porem quanto mais profundamente eu o mergulho, maior é a pressão no conjunto. Vocês entendem que quanto maior a quantidade de água sobre o balão mergulhado, maior é a pressão que a água exerce? (p. 42)



Figura 18: Página do livro de Isabelle Chavannes contendo o desenho dos balões se comunicando (p.43)
Fonte: (Chavannes, I. Em Aulas de Marie Curie. São Paulo. Edusp, 2007)

Visando desenvolver uma perspectiva do todo e preocupada com o efeito que poderia causar a elaboração de um experimento sem destacar as suas distinções, Marie, faz um novo experimento, agora para demonstrar o que acontece com a pressão da água. O que aconteceria? Essa se transmitiria como a do ar, anteriormente demonstrada? Após indagar seus alunos, começa o experimento utilizando um tubo em U:

MC: [...] Com este tubo vamos mostrar que a água, como o ar, transmite as pressões às quais está sujeita. Eu encho de água este tubo

e tampo cada uma das extremidades com uma rolha de borracha. Eu empurro com a mão a rolha da direita e vejo que a rolha da esquerda se levanta; se é a rolha da esquerda que eu empurro, é a da direita que se levanta. Vocês vêem como a água transmite mesmo a pressão a que está submetida. (p.44)

No trecho acima, dois fatores nos chamaram a atenção: Primeiramente, a presença do “Eu”, indicando que a experiência foi toda desenvolvida pela professora, para que os seus alunos observassem. Posteriormente o experimento é refeito pelos alunos, podemos inferir que a intenção era fazer com que os alunos analisassem cuidadosamente o esquema desenvolvido, e fossem capazes num segundo momento, de reproduzi-lo, montar o aparato e elaborar as suas próprias conclusões. E, neste experimento ela também não questiona seus alunos em relação ao que eles esperavam que acontecesse, como é verificado em outros momentos das suas aulas. Acreditamos que a falta de questionamento neste momento seria uma forma de fazer com que os próprios alunos associassem o que aconteceu com os balões de borracha ao que iria acontecer com as rolhas ou que fossem capazes de fazer suas próprias perguntas reflexivas, sem ser necessário um incentivo da professora. Outro experimento foi realizado para demonstrar a transmissão da pressão da água.

Marie, com sua personalidade detalhista, tinha a preocupação de que seus alunos generalizassem quanto às observações feitas durante as aulas práticas, sendo assim, como no experimento anterior seus alunos puderam observar que o balão de borracha sofria pressão da água por todos os lados, desenvolveu um experimento a que seus alunos seriam capazes de visualizar a pressão comprimindo em apenas um sentido. Watts aborda esse assunto na segunda parte de seu livro, no capítulo I – *Methods of Teaching, and Reading Lectures* no qual diz que quando vários fatos são definidos em conjunto eles devem ser abertos por partes e assim tratados. (WATTS, 1801, p.204)

Com o intuito de esclarecer para os seus alunos como a água chega a suas residências, mais uma vez utilizando-se de exemplos conhecidos, a educadora irá trilhar um caminho que perpassa desde explicar o que são vasos comunicantes e como funcionam até como varia a pressão de acordo com a substância que está sendo utilizada:

MC: Temos aqui um tubo em U; ele forma com seus dois ramos dois vasos que se comunicam. Eu coloco água por um dos ramos do tubo; eu vejo esta água atingir o mesmo nível nos dois ramos. A água que está na parte horizontal do tubo em U fica em equilíbrio, não mexe

mais, porque ela sofre à direita e à esquerda a mesma pressão: a *pressão atmosférica* e a de uma mesma coluna de água. (p.48)

Marie sempre teve a preocupação com o material que seria utilizado, neste trecho, auxilia seus alunos à como poderiam construir o seu próprio tubo em U, o que aproxima os utensílios de um laboratório aos materiais comuns da vida dos estudantes. E ao questioná-los sobre a possibilidade de está-lo utilizando para realizar a mesma experiência, ela transfere aquela ciência feita dentro de um laboratório, para a vida de seus alunos fora dele:

MC: Aqui temos ainda dois vasos comunicantes: dois frascos iguais, unidos por um tubo de borracha. Pode-se fazer a mesma experiência? (p. 48)

Irène auxilia a mãe a repetir o mesmo experimento utilizando agora o tubo em U feito pelos alunos, pode-se supor, através das anotações de Isabelle e de sua conclusão, que fora compreendido o que acabara de ser apresentado por Madame Curie, já que, Isabelle apropria-se do discurso da professora, utilizando o termo *pressão atmosférica* e o conceito de propagação da pressão, marcando a característica já apresentada na qual é sugerido que o próprio aluno desenvolva um raciocínio sobre o assunto:

IC: Irene põe água no frasco da esquerda e uma parte desta água vai para o frasco da direita. Parece que há mais água no frasco da esquerda. Porém, não. A água acaba por atingir a mesma altura nos dois frascos. A água que está no tubo de borracha não se movimenta mais, pois ela está pressionada igualmente à direita e à esquerda. A pressão exercida em cada lado é a pressão atmosférica mais a pressão de uma mesma coluna de água. (p. 50)

Até o momento, os experimentos realizados eram constituídos de um mesmo material (ar ou água), a fim de ampliar os conhecimentos, um novo experimento será realizado utilizando mercúrio e água. É importante ressaltarmos, que não conseguimos confirmar se Madame Curie seguia algum livro de experimentos, o que é sugerido em muitos momentos por Watts, que os experimentos deveriam ser acompanhados por imagens em livros, bem como, as aulas deveria ter leituras de livros, podendo esses ser escritos pelo professor, caso ele não concorde com o que é escrito por algum outro autor (WATTS, 1743). Como observamos que Isabelle descreve em muitos momentos como o experimento foi realizado, desenha-o, podemos supor que na aula, os alunos não seguiam um roteiro impresso e sim as etapas propostas pela professora.

Sendo assim, durante as suas descrições podemos observar também, que ela consegue fazer conclusões apresentadas nos experimentos já realizados, como por exemplo, ser capaz de antecipar o aspecto que irá ter o mercúrio no tubo em U, bem como questionar o experimento por si só, sem a intervenção da professora, o que Watts sugere aos aprendizes, que eles não devem estar presentes em uma aula sem questionar. (WATTS, 1743)

A professora prossegue com o experimento:

MC: Eu coloco mercúrio num tubo em U; ele vai naturalmente atingir o mesmo nível nos dois ramos. Porém se eu colocar água no ramo da esquerda, o que vai acontecer? A água perturbará muito o mercúrio? Um pouquinho, pelo menos. O mercúrio baixou ligeiramente do lado em que eu coloquei a água. (p. 52)

Diante do resultado do experimento, os alunos são questionados se sabiam o que estava agindo naquela coluna de mercúrio, característica essa, que Watts trata nas regras para o aperfeiçoamento da conversação, no qual ele diz que para o melhoramento, para “sair da ignorância”, o aluno tem de perguntar, investigar para obter mais informações sobre o que tem dúvida (WATTS, 1743, p. 133). Senão, vejamos:

MC: O que é que pressiona em cada lado o mercúrio que está em equilíbrio na parte horizontal do tubo em U? A direita é a pressão atmosférica e a coluna de mercúrio e, à esquerda, a pressão atmosférica, a coluna de água¹⁸ e uma pequena coluna de mercúrio. Para compensar a pequena altura de mercúrio que diminuiu à esquerda, foi necessária uma coluna de água de grande altura. (p. 52)

¹⁸ De acordo com Helène Langevin-Joliot e Rémi Langevin no livro *Aulas de Marie Curie, anotações de Isabelle Chavannes*, houve um esquecimento na redação desse trecho, “coluna de água” foi acrescentado pelos autores.

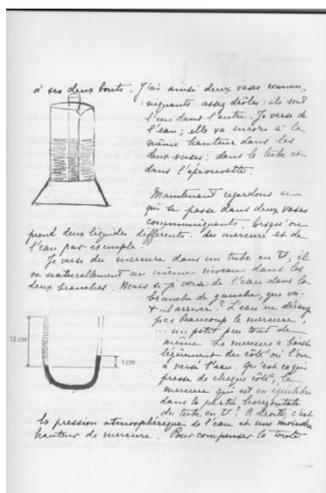


Figura 19: Página do livro de Isabelle Chavannes contendo o desenho da coluna de mercúrio que foi medida por um dos alunos (p. 53)

Fonte: (Chavannes, I. Em Aulas de Marie Curie. São Paulo. Edusp, 2007)

A educadora anuncia que o próximo experimento será divertido e adiciona um *pó fluorescente* - cuja composição não foi detalhada - à água, que fica com um tom amarelo esverdeado. Transfere-a para vasos comunicantes nos quais, uma extremidade é um tubo estreito e na outra um tubo afunilado:

IC: [...] Madame Curie abaixa bastante o tubo estreito e a água, que quer atingir o mesmo nível tanto neste tubo como no afunilado com o qual se comunica, escapa pela ponta do tubo estreito formando um belo jato de água verde. (p. 54)

E assim, consegue concluir o seu exemplo, que será o tema central da próxima aula. No trecho abaixo, a educadora utiliza as analogias e exemplos comuns para conectar o experimento à vida de seus alunos, característica constante nas aulas aqui apresentadas. Assim, associa os vasos comunicantes ao cano e a caixa de água de uma casa:

MC: É desta maneira que, em nossas cozinhas, a água chega pela torneira que se abre ou que se fecha à vontade. A água está num tubo estreito ou num cano que se comunica com uma caixa de água colocada muito no alto, assim o cano e a caixa de água formam dois vasos comunicantes. (p. 54)

A turma realiza um experimento do qual a pressão atmosférica sustenta uma coluna de dez metros de água:

MC: Temos aqui um longo tubo fechado em uma das extremidades. Este tubo tem aproximadamente 2 metros de comprimento. Encho-o de água, depois o tapo com o dedo. Viro-o de cabeça para baixo e levo-o para dentro de um recipiente contendo água. Dentro da água eu

retiro meu polegar; deste modo eu abro tudo o tubo, porém a água não desce. Ela permanece no alto do tubo. O que é que sustenta a água neste tubo? O que mantém esta coluna de água de 2 metros? É a *pressão atmosférica* que atua sobre a água do recipiente. No tubo não há ar e nenhuma pressão é exercida sobre a água. Eu pego agora um tubo de 3 metros; refaço a mesma experiência com este tubo. Eu vejo ainda a água subir até o alto do tubo. Poderíamos pegar um tubo de 4 metros de altura, ainda aconteceria a mesma coisa. [...] Se esta sala fosse bastante alta, nós pegaríamos um tubo de 10 metros de comprimento, e nós ainda veríamos a água subir até o alto, empurrada pela pressão atmosférica. Porém se nós pegássemos um tubo de 11 metros, a água não subiria até a extremidade do tubo. A pressão atmosférica é bastante forte para sustentar uma coluna de água de 10 metros e não é suficientemente forte para manter uma de 11 metros. (p.54 e p. 56)

Um experimento semelhante é feito, utilizando mercúrio para que os alunos percebam que a pressão atmosférica não age somente na água. Ela começa questionando seus alunos a respeito do que aconteceria, o que é abordado em vários momentos do livro do Watts, que seria despertar uma curiosidade ou uma paixão, para que o ouvinte quisesse averiguar sobre o que estava presenciando, vejamos:

MC: Se a pressão atmosférica sustenta uma coluna de água de 10 metros, será que ela tem força para sustentar uma coluna de mercúrio da mesma altura? (p. 56)

Os alunos ao tentarem responder ao questionamento da professora, empregam conceitos desenvolvidos durante os experimentos:

IC [Marie explicando¹⁹]: Não, o mercúrio é muito mais *denso* do que a água; a *pressão atmosférica* não poderá sustentar tanto. (p.56)

E então, a professora continua. Acreditamos que esse experimento foi particularmente feito por ela, devido à toxicidade do mercúrio:

MC: Vamos ver. Tomemos como há pouco, um tubo de cerca de 2 metros, fechado em uma de suas extremidades. Eu encho este tubo com mercúrio, fecho com o polegar, viro-o de cabeça para baixo, levo-o para dentro de um recipiente contendo mercúrio; retiro meu polegar dentro do mercúrio e observo o que se passa. (p. 56 e p. 58)

Diante dos resultados obtidos através do experimento, os alunos perceberam qual é a intensidade da pressão atmosférica. A fim de mais uma vez trazer o conceito

¹⁹ Em alguns momentos não fica claro quem estava falando, o nome fora dos colchetes é de interpretação nossa e, outra possível alternativa seria aquela que aparece dentro dos colchetes.

para o cotidiano do aluno, Marie faz uma elucidação da ação da pressão atmosférica sobre os corpos de seus atentos e curiosos aprendizes.

MC: Vocês veem que a pressão atmosférica que pesa sobre nós todos tem uma força bastante grande. [...] Sem dúvida vocês estão todos comprimidos; vocês têm aproximadamente um peso de 1 quilograma sobre cada centímetro quadrado de seus corpos. Vocês estão impressionados de não estarem esmagados, porém vocês estão habituados a estarem sujeitos à pressão atmosférica e seus corpos estão preparados para suportá-la. Existem em nosso organismo líquidos e tecidos que resistem e também gases que pressionam em sentido contrário. (p.58)

Como já foi mencionado em muitos trechos das aulas até o momento apresentadas, a educadora tenta, sempre que possível e sem forçar, uma plausível relação entre a ciência e a vida do aluno. Pode-se notar, em que muitas das vezes que essa relação aparece, está vinculada ao corpo dos seus alunos, atualmente, não são poucos os estudiosos que propõem o ensino das ciências naturais através de eixos temáticos, no qual ocorreria uma junção entre a informação científica e o contexto social, como é indicado pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 2000), mas, acreditamos que não basta apenas citar exemplos ou buscar conexões aleatórias, porém sim criar situações que tivessem alguma semelhança com o cotidiano de seus aprendizes e é isso que verificamos nas aulas de Marie.

3.4 - TERCEIRA AULA: EM QUE SE COMPREENDE COMO A ÁGUA CHEGA À TORNEIRA

Esta aula é datada de dez de fevereiro de 1907. O seu objetivo central parece ter sido o de propiciar uma interação entre os conceitos já apresentados em um único exemplo que havia sido utilizado, de forma breve, na aula anterior. Madame Curie inicia a sua aula arguindo seus alunos sobre o que sabem acerca do barômetro, em vários momentos de sua aula nota-se a preocupação em querer identificar o que seus alunos sabem sobre o assunto que iria abordar o que é uma característica que se verificava presente em outras grandes personalidades como Guyton de Morveau (1737-1816), Michael Faraday, Jane Marcet, Laplace (1749-1827), bem como, o reverendo Isaac

Watts, que quando aborda o método de conversação, destaca a importância de conhecer o seu público para que haja uma boa conferência. Marie prossegue com o experimento e acreditamos que esse também será realizado por ela mesmo, pelo menos na parte onde há o manuseio do mercúrio, pois Isabelle diz que “ela coloca o mercúrio no tubo...” Entretanto, nota-se claramente a participação dos alunos nos momentos em que fazem as medições, ou através de questionamentos:

IC: [...] Ela coloca mercúrio num tubo²⁰, fecha-o com o polegar, vira-o de cabeça para baixo. Nós vemos que entrou no mercúrio um pouco de ar. Há uma grande bolha que Madame Curie movimenta e que recolhe as pequenas. Ela faz com que a bolha saia junto com um pouco de mercúrio, leva o tubo para uma cuba com mercúrio e retira o polegar que mantinha no tubo. O mercúrio desce no tubo. Nós medimos com um metro a altura em que ele parou no tubo. Nós encontramos agora 75 centímetros.

MC: O que sustenta o mercúrio no tubo?

AL: É a pressão atmosférica. (1)

MC: Quando existe ar fechado no tubo, o que é mais forte: a pressão deste ar ou a pressão atmosférica?

IC: Aline Perrin explica que é a pressão atmosférica, já que ela é tão forte quanto a pressão deste ar somada à coluna de mercúrio no tubo. (2)

MC: Não poderíamos aumentar a pressão do ar fechado neste tubo? (3)

AL: Sim, comprimindo-o.

IC: Comprime-se este ar empurrando o tubo para baixo: a coluna de mercúrio tornou-se mais curta, porque o ar que está em cima pressiona mais.

MC: Veja agora que a coluna de mercúrio atingiu o mesmo nível no tubo e na cuba. Isto significa que a pressão do ar fechado no tubo é tão forte quanto a pressão atmosférica. Para que esta pressão fosse mais forte que a pressão atmosférica, seria preciso empurrar o tubo suficientemente para que o nível do mercúrio que ele contém fosse mais baixo que o nível do mercúrio na cuba. (p. 65 e p. 66)

Através do diálogo acima, verificamos que a professora, tenta problematizar, criar uma situação para seus alunos resolverem. Quando recebe a resposta de que seria a pressão atmosférica (1), ela não confirma e nem diz que está errado, pois acreditamos que ela queria certificar-se se os alunos tinham conhecimento do que estavam falando e

²⁰ Tubo fechado em uma das extremidades (nota do tradutor do livro de Isabelle Chavannes)

não só reproduzindo uma linguagem que ela havia introduzido anteriormente. Marie continua indagando seus alunos como foi visto na aula anterior, sobre a força que a pressão atmosférica exercia a sua aluna então responde que essa seria mais forte (2), uma vez que ela associou o experimento anterior ao atual, diante disso, a professora tenta fazer com que eles mesmos percebam que não é possível generalizar, que o que aconteceu no experimento anterior pode não acontecer sempre. Faz mais uma pergunta (3), que irá ser a introdução para mais um experimento no qual iriam ver que a pressão atmosférica não é a maior.

Todo o desenvolvimento anterior além de englobar as características do Isaac Watts já abordadas nas outras aulas, remete-nos ao que Bacon chamou de *experiência escriturada* que compreenderia o “conjunto de noções acumuladas pelo investigador quando, tendo sido posto de sobreaviso por determinado motivo, observa metodicamente e faz experimentos” (BACON, 1979, p. XVIII), ou seja, a partir do momento que os alunos já haviam vivenciado aquele conjunto de informações, Marie propôs mais um experimento para que os alunos observassem e fossem capazes de elaborar as suas próprias conclusões.

O próximo experimento é uma complementação do anterior, se no primeiro adicionou-se ar, neste a professora irá retirar o ar para que seus alunos sejam capazes de desenvolver um raciocínio diante das duas situações e até mesmo para que ela pudesse observar se eles haviam compreendido o que aconteceu no experimento anterior:

MC: Temos aqui um tubo com dois ramos. Eu coloco mercúrio neste tubo. Ele chega à mesma altura nos dois ramos. Em ambos os lados é a pressão atmosférica que atua sobre o mercúrio. Se eu soprar num lado e fechá-lo rapidamente, o mercúrio abaixa um pouco deste lado, pois eu introduzi ar ao soprar e a pressão tornou-se mais forte que do outro lado onde atua somente a pressão atmosférica. Agora aspiremos em lugar de soprar. De que lado vai subir o mercúrio?

AL: Do lado em que se aspira.

MC: De fato, aspirando-se retira-se ar e a pressão do ar que fica é mais fraca. (p. 66)

Através da retomada do exemplo de como a água chega às residências de seus alunos, Marie introduz o próximo assunto que é o funcionamento de uma bomba e de suas partes constituintes, no qual irá mostrar a ligação entre os conceitos de vácuo e pressão atmosférica:

MC: Aqui está um grande reservatório de água. Este reservatório comunica-se com um vaso por um tubo. Se o vaso estiver mais elevado que o reservatório, nada acontece; se ele estiver menos elevado, pela extremidade do tubo sai um jato de água que escoar no vaso. É assim que a água chega a nossas casas. Ela é trazida por uma tubulação que vem de um reservatório situado mais acima do que nossas casas. Para um apartamento no sexto andar é preciso que a água venha de um reservatório mais alto do que o sexto andar do prédio. [...] Como vai a água ao grande reservatório? Ela pode vir, por um tubo, de nascentes nas montanhas; porém, se a tirarmos de um rio mais baixo que o reservatório, é preciso trazê-la através de bombas (os canos que conduzem a água são de chumbo).

MC: Uma bomba se compõe de um cilindro (corpo da bomba), de um pistão que desliza no corpo da bomba, de um cano de aspiração e de um cano de compressão. O cano de aspiração vai buscar água em um poço, por exemplo. Eleva-se o pistão, o vácuo é produzido; a água empurrada pela pressão atmosférica sobe no cano de aspiração e levanta uma válvula, uma espécie de esfera, depois segue para o corpo da bomba. O pistão, descendo, empurra a água que se apoia sobre a válvula do cano de aspiração e a fecha. Então a água é obrigada a passar ao cano de compressão; ela empurra uma válvula e chega ao reservatório. Para bombear a água é preciso ter um certo trabalho: levantar e abaixar o pistão. (p. 69 e p.70)

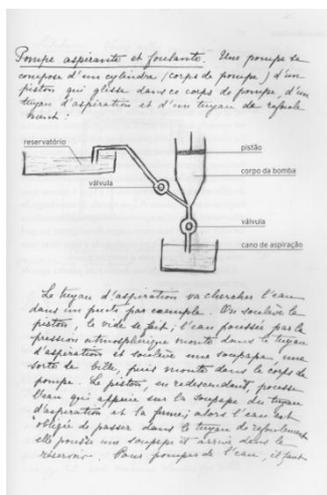


Figura 20: Página do livro de Isabelle Chavannes contendo o desenho da bomba (p. 71)
Fonte: (Chavannes, I. Em Aulas de Marie Curie. São Paulo. Edusp, 2007)

Dando continuidade à aula, o próximo assunto trabalhado foi o princípio de Arquimedes, que havia sido explicado utilizando objetos que os alunos já estavam habituados e conceitos já estudados, mais uma vez se faz presente a característica de utilizar exemplos familiares:

MC: Temos aqui três provetas nas quais vocês veem um ovo. A proveta A contém água; o ovo, mais denso que a água, vai ao fundo. Na proveta B há água salgada o bastante para ser exatamente tão densa quanto o ovo; o ovo fica em suspensão nesta água. Na proveta C há

água mais salgada ainda; o ovo flutua nesta água, porque é menos denso que ela. [...] Na água pode-se boiar e não no ar; é porque na água perde-se uma boa parte do peso. (p. 72 e p. 74)

Esta primeira parte permite que se faça um experimento que simule a situação de um corpo entrando na água. Em vários momentos a professora utiliza-se de analogias, de comparações, de exemplos, que acabam por nos remeter ao estímulo que muitos estudiosos que a precedem usam como uma forma de facilitar o entendimento de conceitos mais abstratos e complexos.

Voltemos às aulas:

MC: Aqui temos dois cilindros de cobre, um oco e outro maciço. O maciço cabe exatamente no oco; logo eles têm o mesmo volume. Tomemos uma balança. Num dos pratos nós suspendemos os dois cilindros. Colocamos grãos de chumbo no outro prato até estabelecer o equilíbrio. Vamos ver o que acontece se o cilindro maciço mergulha na água.

IC: O prato com grãos de chumbo abaixa.

MC: Quando um corpo mergulha na água, ele se comporta como se pesasse menos que no ar. (p. 74)

No trecho acima, Madame Curie é cuidadosa com o seu discurso, dizendo “*ele se comporta como se pesasse menos que no ar*” para que seus alunos vejam que o corpo não mudou de peso, mas está em um sistema diferente em condições diferentes, outra vez, vemos o cuidado com a linguagem utilizada, uma preocupação recorrente dos atuais pesquisadores do ensino de ciências. Ela explica o que acontece para que o corpo suba:

MC: A água pressiona por cima e por baixo, porem por baixo ela pressiona mais fortemente e levanta o corpo. Vamos ver quanto o cilindro mergulhado na água pesa menos que no ar. Enchemos de água o cilindro oco que está por cima. O equilíbrio se restabelece. Portanto o cilindro pesa menos mergulhado na água, o equivalente a um cilindro de água. [...] (p.74)

A continuação da aula será importante tanto para entendimento desta aula, quanto para a abordagem de próximos assuntos como o da aula de número cinco:

MC: Temos aqui um vaso com um tubo de escoamento que permite a saída do excedente de água. Colocamos sobre o prato da balança que suspende os cilindros uma pequena taça de vidro. Enchemos de água até o nível do tubo de escoamento. Mergulhamos o cilindro maciço na água e recolhemos na pequena taça, que já foi pesada, a água que saiu pelo tubo de escoamento, causando o desequilíbrio na balança.

Colocamos de volta esta taça com a água no prato da balança; o equilíbrio se restabelece. A perda de peso do cilindro era, portanto, exatamente, o peso do volume da água deslocada. (p. 74 e p. 76)

Temos visto que muito é questionado sobre o porquê de se estudar ciência ou de se estudar certos conceitos. Essas indagações, muitas das vezes ocorrem devido ao caminhar das aulas, que trazem conceitos desconectados, ensinados sem uma preocupação com a ordem em que irão ser apresentados, podem trazer uma visão para o aluno de que não há utilidade ou necessidade de saber sobre determinado assunto. Acreditamos que Marie se preocupava com esse impacto sobre a aprendizagem de seus alunos, e por isso tenta manter as aulas conectadas, para que seja possível notar a necessidade de entender um conceito antes de outro. Assim, terminar a aula utilizando uma balança foi também uma forma de introduzir o tema da próxima aula.

3.5 – QUARTA AULA: EM QUE SE APRENDE A PESAR

Esta aula é datada de dezesseis de abril de 1907 e tem como possível objetivo, explicar como funciona uma balança e suas partes, mesmo o equipamento já tendo sido utilizado em outras aulas, ele ainda não havia sido detalhado. Esta aula também permitiu o desenvolvimento de raciocínio matemático como poderá ser visto mais a frente:

MC: Uma balança se compõe de diversas partes. Aqui temos o travessão da balança. É esta peça comprida; a parte que é alongada é formada pelos braços. Temos aqui o cutelo. O travessão repousa sobre o suporte pelo cutelo. O cutelo serve para pousar o travessão a fim de que ele possa se balançar. Na extremidade de cada braço do travessão, penduram-se pratos. Há diversas maneiras de pendurar os pratos. Aqui está uma balança de cozinha. Nesta balança, os pratos são suspensos nos braços do travessão por simples ganchos.

Temos aqui outra balança. Nesta aqui, na extremidade de cada braço do travessão está um cutelo sobre o qual pousa uma peça côncava suportando os pratos. Esta balança tem uma trava; é esta espécie de chave que permite imobilizar os pratos quando não estão em uso. As balanças que têm travas são muito sensíveis. (p. 81)

Os alunos montam e desmontam as balanças, os mais velhos ficam com a mais complexa (três cutelos) e os mais novos com a mais simples (balança de cozinha).

Marie continua a explicar a última parte da balança e depois eles começam a fazer medições e a desenvolver cálculos matemáticos para concluir o peso da limalha de cobre e da quantidade de água utilizada:

MC: O fiel serve para indicar a posição do travessão. O travessão não pode se movimentar sem que o fiel se movimente. Quando os pesos colocados nos dois braços são iguais, tudo se passa como se não houvesse nada sobre os pratos. A posição dos pesos nos pratos da balança não altera o equilíbrio. Diz-se que a balança está em equilíbrio quando os pesos colocados nos pratos são os mesmos. É necessário sempre que o que está apoiado sobre os cutelos se desloque verticalmente. Nós vamos agora pesar alguma coisa. Irène e Jean vão pesar limalha de cobre num cadinho. (Quando uma balança tem uma trava, não podemos colocar peso sem antes tê-la travado.) Francis vai pesar fragmentos de cobre. Colocam-se os fragmentos sobre um prato. O que acontece?

AL: Ele desce.

MC: É preciso colocar pesos sobre o outro prato para também fazê-lo descer. Para pesar, usam-se pesos que estão na caixa de pesos. Procura-se primeiro um peso bem grande, depois tenta-se um menor e assim por diante. Não se deve fazer mudanças bruscas nos pesos sobre a balança. Quando os pesos colocados são muito grandes, tira-se: quando não são suficientes, acrescenta-se. (p.82)

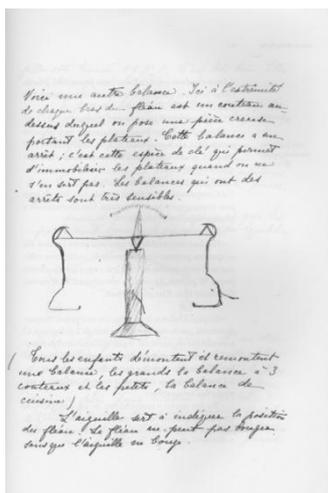


Figura 21: Página do livro de Isabelle Chavannes contendo o desenho da balança de três cutelos (p.83)
Fonte: (Chavannes, I. Em Aulas de Marie Curie. São Paulo. Edusp, 2007)

Isabelle traz as observações feitas da pesagem da limalha de cobre e do cadinho. Irène pesa o cadinho e obtém a massa igual a 39,5g e Jean pesa a limalha de cobre com o cadinho e obtém a massa igual a 126g. Isabelle então demonstra o seu raciocínio:

IC: $126 \text{ gramas} - 39,5 \text{ gramas} = 86,5 \text{ gramas}$. Aline e Marguerite pesam inicialmente uma pequena garrafa vazia, em seguida cheia de água. A garrafa pesa 14,7 gramas. Cheia de água ela pesa 64,5 gramas. O peso da água que ela contém é de:
 $64,5 \text{ gramas} - 14,7 \text{ gramas} = 49,8 \text{ gramas}$. (p. 84)

Com os resultados teóricos, Marie sugere que eles comprovem esses resultados:

MC: Comprovemos esta última medida. Um litro de água pesa 1 quilograma ou 1000 gramas. Um litro equivale a quantos centímetros cúbicos?

AL: Mil centímetros cúbicos

MC: Um centímetro cúbico de água de água pesa então 1 grama. Eu sei que esta pequena garrafa contém 50 centímetros cúbicos; seria então preciso verificar que a água que ela contém pesava 50 gramas. As meninas encontraram 49,8 gramas. Está muito bom. Elas pesaram bem. (p. 84)

Nesta etapa da aula, nos deparamos com um assunto muito debatido, tanto nos autores de outrora como nos estudiosos do século XXI, a motivação. O ensino experimental é motivacional ou não? Em quais circunstâncias? Dar um reforço positivo é bom, é ruim? Devemos deixar claro que não estamos querendo dizer qual é a forma correta de ensinar, até porque, existem diferentes salas de aula, alunos, locais, e muitos fatores influenciam na metodologia que será aplicada, porém, como pode ser percebido na última fala de Madame Curie, nota-se um reforço positivo para seus alunos mais uma vez pode perceber estratégias utilizadas pela educadora de manter o aluno interessado e motivado naquilo que está fazendo.

Watts, em vários momentos reforça que o professor precisa estar interessado e comprometido com os seus aprendizes, tem de ter paciência, e acrescenta que o professor não deve censurar ou interromper bruscamente o seu aluno, pois isso pode fazer com que ele se contraia e conseqüentemente não participe mais das aulas. (WATTS, 1743)

3.6 – QUINTA AULA: EM QUE SE MEDE A DENSIDADE DE SÓLIDOS E LÍQUIDOS

Esta aula é datada de 14 de maio de 1907. Para trabalhar com o conceito de densidade, assunto que foi brevemente tratado na primeira aula de Mme Curie, ela busca alcançar o seu suposto objetivo trilhando um caminho através de conceitos, para que seus alunos em um processo interno, reflexivo, como Watts diz em seu método denominado *Meditação ou Estudo*, consigam no final compreender o que seria densidade, como compará-la em relação a materiais diferentes, entre outros assuntos. A professora inicia a sua aula trabalhando com o tema matéria, conduzindo seus alunos a observar as diferenças entre um material e outro:

MC: Tudo que se toca é matéria. Temos aqui cubos. Um cubo é um corpo que tem 6 faces. Cada face é um quadrado. Todos os quadrados são iguais num cubo. Francis vai medir quantos centímetros tem o lado de cada face destes cubos. [...] Nós temos 3 cubos e cada um tem 4 centímetros de lado. Estes 3 cubos são, portanto, semelhantes, mas um é de chumbo, um é de ferro e um é de madeira. Apesar de terem a mesma forma, estes cubos não têm o mesmo peso. Eles não são, por consequência, feitos com a mesma matéria. Eles não têm, aliás, a mesma cor: dois são de metal e o outro madeira. Nestes que são de metal, há um que se pode riscar com a unha e o outro não, o que significa que um é menos duro do que o outro. (p. 91)

Antes de haver a pesagem dos cubos, um dos alunos, Jean Langevin, diz que o de chumbo é o mais pesado, neste momento Madame Curie corrige-o mudando a sua linguagem, o que é uma característica dessa educadora. Busca diligentemente auxiliá-lo a entender o porquê de haver essa diferença e instrumentalizá-lo a compreender quais as condições que deve se considerar para comparar dois corpos:

MC: Não se deve dizer o mais pesado, porém, o mais denso. Se eu colocar um cubo de chumbo e um cubo de madeira, os dois com 4 centímetros de lado, nos pratos de uma balança, eu descubro que o chumbo é mais pesado que a madeira; porém, se eu colocar sobre os pratos da balança um pouco de chumbo e o cubo de madeira, qual vai pesar mais?

Jean Langevin [AL]: A madeira

MC: Para comparar o peso dos corpos, é preciso considerar o mesmo volume destes corpos. Cada vez que nós quisermos saber qual é a matéria mais densa, nós compararemos porções iguais. Se, com o

mesmo volume, o chumbo é mais pesado que a madeira, diz-se que o chumbo é mais denso que a madeira. (p. 92)

É interessante notar nessa aula, que a educadora utiliza um conceito que já foi apresentado na primeira aula, quando ela compara o peso do mercúrio com o peso da água na primeira aula, ela conduz os seus alunos a concluir que, para essa comparação, é necessário que haja duas garrafas de mesmo volume. Watts, quando aborda o método *Meditação ou estudo*, discursa sobre a importância da memória para resgatarmos conhecimentos que já nos foram apresentada e tornados “propriedades” nossas, através de processos da nossa própria mente (WATTS, 1743, p. 46).

Irène, Aline e Marguerite pesam os cubos e obtém os seguintes valores: Cubo de chumbo – 720,5 gramas; Cubo de ferro – 497,5 gramas; Cubo de buis²¹ – 62,3 gramas. Esses resultados demonstram o que Marie acabara de explicar, como os corpos tinham o mesmo volume, era possível saber qual era o mais denso através do seu peso.

Os experimentos anteriores abordavam a densidade de sólidos, para não deixar seus alunos com o pensamento de que só corpos no estado sólido possuíam densidade, indaga-os:

MC: Como proceder com líquidos para saber qual é o mais denso? Não se pode fazer cubos de líquido. Servimo-nos de uma garrafa.

IC: Paul e Jean pesam inicialmente uma garrafa vazia; ela pesa 33 gramas. Depois, cheia de água, ela pesa 204 gramas. O peso da água que ela contém obtém-se subtraindo do peso da garrafa cheia de água o peso da garrafa vazia:

$$204 - 33 = 171$$

Há 171 gramas de água. (p. 93)

Através da narrativa de Isabelle observa-se que ela utilizou-se do raciocínio da aula anterior para calcular a massa de água na garrafa, indicando que aquele conhecimento fora expressivo para ela, já que o aplicou sem nenhuma intervenção da professora. Marie continua o experimento:

MC: Eu peso a mesma garrafa cheia de óleo; encontro 162 gramas. O peso do óleo que esta garrafa contém é: 162 gramas – 33 gramas = 129 gramas. (p. 93)

Isabelle conclui:

²¹ Buis é um arbusto, sempre verde de madeira dura (NT). (CHAVANNES, 2007)

IC [MC]: A água contida nesta mesma garrafa pesava 171 gramas. Eu vejo que a água é mais densa que o óleo. (p. 93)

Para comparar líquidos diferentes, Marie faz com que os alunos pesem garrafas iguais vazias e com os líquidos, para analisar qual é o mais denso, retomando o que ela já havia dito na aula anterior, em relação ao volume dos sólidos:

IC: Francis vai pesar um frasco menor e o pesará cheio de água, cheio de mercúrio e cheio de óleo, para ver quais são os mais densos desses líquidos. Francis pesa o frasco vazio; encontra 14 gramas. Ele o pesa cheio de mercúrio e encontra um peso de 729 gramas. O peso do mercúrio contido no frasco é então:

$729 \text{ gramas} - 14 \text{ gramas} = 715 \text{ gramas.}$

O frasco cheio de água pesa 67 gramas, ele contém então água com o peso de:

$67 \text{ gramas} - 14 \text{ gramas} = 53 \text{ gramas.}$

O frasco cheio de óleo pesa 62 gramas; ele contém então o óleo pesando:

$62 \text{ gramas} - 14 \text{ gramas} = 48 \text{ gramas.}$

Nós vemos que, num mesmo volume, o volume deste pequeno frasco, o mercúrio é mais denso que a água e a água mais densa que o óleo. (p. 94)

No trecho acima, percebe-se a conclusão que Isabelle Chavannes consegue formular através da explicação e do experimento.

3.7 – SEXTA AULA: EM QUE SE MEDE A DENSIDADE DE OBJETOS QUAISQUER

Esta breve aula, datada de catorze de maio de 1907, é complementar à anterior, onde os alunos deveriam utilizar do mesmo raciocínio para medir a densidade de corpos sem formas específicas:

MC: [...] Para um cubo nós podemos calcular o volume conhecendo o comprimento de seu lado; porém, temos aqui uma porção de enxofre de forma completamente irregular. É impossível calcular seu volume. Pois bem, há gente esperta que encontrou, apesar disto, o meio de saber quantos centímetros cúbicos tinha aquela porção de enxofre. Vamos descobrir este meio usando um vaso com tubo de escoamento. Aqui temos nosso vaso com um tubo de escoamento. Vamos enchê-lo de água até o nível do tubo de escoamento, depois mergulha-se completamente a porção de enxofre na água deste vaso. Recolhe-se cuidadosamente em uma proveta graduada a água que sai pelo tubo de escoamento quando se mergulha o enxofre. O número de centímetros cúbicos de água expulsos pelo enxofre indica o volume do enxofre.

Recolhemos 83 centímetros cúbicos. Agora, para ter a densidade, é suficiente pesá-lo e dividir o peso encontrado por 83. (p. 98)

Depois de haver trabalhado desde outras aulas, o processo utilizado para medir o volume de uma garrafa de água e com isso medir a sua densidade, ao fim desta aula, Marie fará novamente a mudança na forma de falar de seus alunos, que é uma característica presente no método *Conversação* de Watts, que aparece em várias outras aulas em que o reverendo propõe ao tutor que ao perceber uma pessoa inexperiente em matéria de debate deve guiá-la para um conhecimento claro da matéria (WATTS, 1743), e esclarecer aos seus alunos qual é o nome para esta técnica:

MC: É fácil, como vimos saber o volume de uma garrafa, pesando-a vazia e cheia de água. Tem-se o volume procurando tirando-se o primeiro peso do segundo. A garrafa cheia contém tantos gramas de água quantos centímetros cúbicos ela possui. Procurar o volume de água que uma garrafa contém chama-se *medir sua capacidade*. Um litro contém 1000 gramas ou 1000 centímetros cúbicos de água. (p. 100)

Mais uma vez ela denomina cientificamente um processo utilizado no cotidiano dos alunos.

3.8 – SÉTIMA AULA: EM QUE SE REVÊ O PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES

Esta aula tem data de quatro de junho de 1907. Seu objetivo principal parece ser o de retomar o princípio de Arquimedes, portanto essa aula será uma introdução para a próxima aula sobre como os barcos flutuam, sendo assim, Marie inicia a aula abordando justamente esse tema e durante a sua fala utiliza-se dos conceitos já apresentados:

MC: Há corpos que flutuam e corpos que se afundam. Para que um corpo flutue, é preciso que ele seja menos denso que a água. O que acontece se colocarmos vidro na água? Ele afunda. Entretanto, se colocarmos este cristalizador, ele não afunda. É por causa da sua forma.
É preciso, para que um corpo afunde que ele seja maciço, que não seja oco. (p.103)

Ela retoma os experimentos das aulas três e seis, mas agora os interligando:

MC: Eu coloco sobre o prato de uma balança um vaso que contém água e equilíbrio a balança. Eu mergulho na água do vaso um pedaço de enxofre suspenso por um suporte rígido. Perde-se no equilíbrio na balança. O vaso está mais pesado unicamente porque o enxofre está mergulhado na água. O vaso ganhou em peso o que pesaria este pedaço de enxofre se fosse feito de água.

Eu equilíbrio agora a balança tendo sobre um prato um vaso com tubo de escoamento cheio de água até o nível deste tubo. Recolho a água que o pedaço de enxofre faz sair ao ser inteiramente mergulhado. O vaso desta vez não aumenta de peso porque sai um volume de água igual ao volume do enxofre. (p.104)

Assim, a professora resgata os conceitos apresentados anteriormente e tem a possibilidade de verificar, colaborar com o progresso e o melhoramento dos mesmos, característica reforçada por Watts e já apresentada por nós anteriormente.

3.9 – OITAVA AULA: EM QUE SE DESCOBRE COMO FAZER FLUTUAR OS BARCOS

Esta aula é datada de dezoito de junho de 1907. Antes de começar a explicar sobre como um barco flutua, a professora faz uma revisão sobre os assuntos que foram vistos até o momento, o que nos permite observar que Marie se preocupa em saber como os seus alunos estão caminhando em seus estudos, como já apresentada na quarta aula, que serão úteis para a sua elucidação:

MC: Um corpo mergulhado na água torna-se mais leve o equivalente a um mesmo corpo feito de água e de mesmo volume. Pode-se usar este fato para medir o volume de um corpo. Prende-se o corpo a um dos pratos de uma balança, equilibra-se a balança, mergulha-se o corpo na água e vê-se quantos gramas é necessário acrescentar para restabelecer o equilíbrio. O número necessário de gramas é igual ao número de centímetros cúbicos que tem o corpo. (p. 107)

Ela começa falando dos corpos que flutuam, retomando algumas explicações já dadas, mas não esclarece como funcionam os barcos, instiga seus alunos a buscarem:

MC: Eu gostaria agora de explicar a vocês como se comportam os barcos. Vocês sabem que há corpos que podem flutuar. Quando um objeto é maciço e não tem vazios, é preciso, para que ele flutue que ele seja menos denso do que a água. Há corpos que boiam muito bem. Um corpo ereto, de grande altura e de pequena seção transversal não pode flutuar, porque ele não tem equilíbrio estável; porém pode-se

colocar-lhe lastro, carregá-lo na parte inferior. Carregam-se os barcos na parte inferior para assegurar a sua estabilidade, para que eles não oscilem. Nós chamaremos *flutuador* todo corpo que pode flutuar. Qual é a condição para que um corpo possa flutuar? Vamos procurá-la.

MC: Os flutuadores perdem de peso o que pesaria a parte imersa se fosse feita de água. (A parte imersa chama-se *arena*). Pesemos nossos flutuadores e depois vejamos o que eles deslocam de água quando flutuam, fazendo-os flutuar num vaso com tubo se escoamento e recolhendo em uma proveta graduada a água que sai.

MC: Um flutuador, para flutuar, deve então deslocar tantos centímetros cúbicos de água quanto pesa em gramas. Em outros termos: *Para que um corpo flutue, ele deve deslocar um peso de água igual ao seu.* (p. 107 e p. 108)

No trecho acima, pode-se perceber duas das características já apresentadas no presente trabalho; primeiro ao utilizar o barco como exemplo, algo que era comum aos alunos, mais uma vez ela faz a “ponte” entre algo recorrente da vida de seus alunos, que é aconselhado por Watts, quando ele diz que se deve fazer uso de exemplos familiares aos ouvintes e ao trocar termos “comuns” por termos técnicos ou por vocábulos mais formais, que é a preocupação com a linguagem utilizada.

3.10 – NONA AULA: EM QUE SE FAZ FLUTUAR UM OVO

Esta aula tem data de dois de julho de 1907. O objetivo desta aula é o de verificar como e o porquê os corpos flutuam em água pura ou em água salgada. Todos os alunos pesam flutuadores de diferentes materiais e cristalizadores vazios, para poderem fazer a comparação posteriormente com eles cheios:

MC: Vocês verão que um flutuador na água salgada afunda menos que na água pura. O flutuador desloca sempre tantos gramas quanto o seu peso, porém, para obter o mesmo peso é preciso menos centímetros cúbicos de água salgada do que de água pura. Aqui temos vasos com tubo de escoamento que contêm água salgada até o nível do tubo. Vamos fazer flutuar nossos flutuadores e nossos barcos e nós recolhemos, nos cristalizadores cujos pesos conhecemos a água salgada que nossos flutuadores farão sair. (p. 111)

Os alunos fazem as devidas medições e os cálculos matemáticos do modo como já foram apresentados. Essa foi a introdução para o experimento que Madame Curie gostaria de fazer com seus alunos que é o de verificar o comportamento de ovos e de

óleo em água pura e salgada, além de fazê-los verificar o que aconteceria se houvesse uma perturbação no sistema:

MC: Nós sabemos que na água pura os ovos vão ao fundo. Aqui temos ovos que estão na água salgada e eles flutuam porque eles são menos densos que esta água. Vocês todos vão acrescentar água pura à água salgada até que a mistura fique tão densa quanto os ovos. Vocês perceberão isto porque os ovos ficarão então suspensos na água.

MC: Nós vamos fazer agora uma bela experiência. Aqui estão dois vidros. Em um há água e óleo: o óleo flutua porque ele é menos denso que a água. No outro há óleo e álcool; o óleo está no fundo porque ele é mais denso que o álcool. Já que o óleo flutua sobre a água e que ela afunda no álcool, pode-se fazer uma mistura de água e álcool de modo que o óleo não afunde e nem flutue nela. Vocês verão que o óleo tomará então a forma de uma bola e vai ficar muito bonito. (p. 112)

Parece-nos que aqui, além de reforçar os conceitos sobre densidade, fechar o conceito de Arquimedes, nossa educadora não se furtou a tentação de “encantar” a plateia com um belo e atraente experimento.

3.11 – DÉCIMA AULA: EM QUE SE FABRICA UM BARÔMETRO

Esta é a última aula anotada por Isabelle Chavannes e data de 14 de novembro de 1907²². O barômetro já apareceu na terceira aula, mas para verificar os conhecimentos prévios da turma, neste momento, os alunos já estariam preparados o suficiente, através de toda a abordagem conceitual que foi apresentada no decorrer das aulas, para produzir um e entender o seu funcionamento.

Como pode ser observado em toda a nossa pesquisa até o momento, antes de abordar o objetivo da aula, Marie trabalha o que já foi visto de alguma forma, seja através de recordações induzidas por ela, de experimentos, de questionamentos, ou, como neste caso, através de experimentos com material de conhecimento dos alunos:

MC: Para ver se a pressão atmosférica é muito forte, vamos fazer a experiência seguinte. Tomemos um vaso de vidro que parece um pote

²² O espaço de tempo entre a aula anterior, ministrada em 02 de julho de 1907 e essa, em novembro do referido ano, possivelmente foi devido ao período de férias escolares na Europa.

de doces. Na parte de baixo há um tubo de vidro com uma torneira que permite produzir vácuo. Na boca do vaso, há uma membrana de bexiga bem esticada e fortemente amarrada. Nós produzimos vácuo neste vaso e vemos a membrana se curvar e depois estourar com uma forte detonação (p. 115).

MC: Aqui temos uma seringa: ela serve para aspirar um líquido. É um tubo de vidro com uma extremidade afinada. Neste tubo entra um pistão de borracha que não deixa passar o ar. Vamos tentar aspirar água: nós baixamos o pistão e colocamos a ponta da seringa na água. Levantamos o pistão e a água sobe, pois produzimos vácuo no interior da seringa.

Sob o pistão, há uma pequena bolha de ar. Para nos livrarmos dela, colocamos a seringa na água e expulsamos a que está na seringa; a bolha de ar é também empurrada e sai. Puxando novamente o pistão, temos a seringa completamente cheia de água (p. 115)

Nesta última aula, é possível ver o esforço da professora em conectar o que foi estudado na primeira aula, percebe-se mais uma vez que ela busca o tema vácuo, e o trabalha em alguma outra circunstância, como por exemplo, numa seringa. No trecho abaixo ela já explica o princípio do barômetro através de uma analogia entre um tubo comum e o funcionamento de uma seringa:

MC: [...] Se se produz vácuo em num tubo que mergulha sua extremidade aberta na cuba de mercúrio, o mercúrio sobe até chegar próximo de 75 centímetros. É o princípio do barômetro. Aqui temos um tipo especial de barômetro: é um tubo longo, recurvado na parte inferior. Um dos lados é fechado e há vácuo; o outro é aberto e é por onde entra ar. Pode-se assim medir a pressão atmosférica.

A altura do mercúrio num tubo depende da pressão do ar contido nele. Produzindo-se mais ou menos o vácuo, podemos fazer o mercúrio subir a diferentes alturas. Quando a pressão é a mesma em duas provetas de diferentes diâmetros, o mercúrio sobe à mesma altura em ambas. (p. 120)

Como já mencionamos anteriormente, essa característica de utilização de analogias, é indicada por Watts e utilizada por Jane Marcet em seu livro *Conversations on Chemistry* na tentativa de facilitar o aprendizado, mas pode-se verificar que ambas têm o devido cuidado com a linguagem, para que não ocorram erros de compreensão. Chamou-nos a atenção que neste momento, Isabelle faz anotações de conhecimentos já vistos, que seriam importantes ela saber para compreender o que a professora estava explicando, o que demonstra que ela reconhecia quais informações eram necessárias para a devida interpretação do experimento, e podemos deduzir que ela havia compreendido os ensinamentos das aulas anteriores:

IC: Quando o mercúrio sobe num tubo acima do nível da bacia cheia de mercúrio, é porque a pressão atmosférica é mais forte do que a pressão do ar que está no tubo.

Quando o mercúrio desce no tubo abaixo do nível de mercúrio da bacia, é porque a pressão atmosférica é menos forte que a pressão do ar contido no tubo.

Quando o nível do mercúrio do tubo e o do mercúrio da bacia são iguais, é porque a pressão atmosférica é igual à pressão do ar que está no tubo. (p. 120)

Após toda a explicação, os alunos vão montar e testar o seu barômetro. Isabelle narra como construiu o seu:

IC: [...] Eu pego um tubo de 1 metro de comprimento e pequeno diâmetro, encho-o lentamente de mercúrio com um funil de vidro. Entretanto resta um pouco de ar. Fecho o tubo com o meu dedo e movimento esta bolha de ar que nele permanece, e deste modo ela carrega as outras bolhas para fora. Nesta operação é muito difícil não se perder mercúrio. Em seguida encho o tubo completamente com mercúrio, tampo-o com meu dedo, viro-o de cabeça para baixo na bacia cheia de mercúrio e destampo o tubo dentro do mercúrio. Este desce e para na altura de 75 centímetros.

Sendo assim, dentre as várias metodologias de ensino que ressaltam nas aulas de Marie Curie, uma característica predominante que podemos apontar é a *Investigação*, método de ensino presente em alguns pensadores contemporâneos de Marie, como Watts, que em contextos diferentes, mas com argumentos bem semelhantes, defendiam a importância da interação entre o fenômeno e a experiência para que a aprendizagem se desse de modo mais significativo.

O questionamento, o planejamento, a coleta de evidências, as explicações com base nas evidências e o diálogo entre professor/aluno, são algumas das características inerentes a essa metodologia e constantemente utilizados nas aulas de Marie.

Alguns autores do século XXI²³ apontam o método de Ensino por investigação como algo premente para o ensino atual. Com os nomes de *inquiry*, ensino por questionamentos, dentre outros, não são poucos os artigos que estimulam de modo pertinente o seu uso. Entretanto, como podemos notar o *Ensino por Investigação* não é exatamente uma preocupação atual, pois já fazia parte do cotidiano da cientista Marie Curie e de vários de seus contemporâneos e antecessores, como cremos ter explicitado nos trechos selecionados.

²³ Como por exemplo, Danusa Munford, Maria Emília Caixeta de Castro e Lima, além de ser o tema de uma especialização lato senso na Universidade Federal de Minas Gerais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante toda a nossa pesquisa perpassamos pela vida da cientista a fim de traçar as possíveis influências na construção do seu perfil educacional. Sabíamos, ao propormos essa análise histórico-metodológica, que muitas seriam as questões de difícil verificação que estaríamos levantando e que permeariam nossos estudos, mesmo quando, a guisa de conclusão, Chronos, o senhor do tempo, nos exigisse um ponto final. Entretanto, apesar do diminuto número de registros de trabalhos em que Mme Curie insurge como educadora, nossas pesquisas nos permitem aventar a influência direta de alguns filósofos como Auguste Comte e seu positivismo empirista, pois através das inúmeras biografias por nós consultadas e já citadas na dissertação, certificamo-nos de que ela teve contato com tais ideais desde a juventude em Varsóvia. Quanto a John Locke e Isaac Watts, podemos apenas constatar algumas semelhanças entre os pensamentos dos mesmos e sua forma de ensinar, visto que não encontramos registro de consultas da estudiosa às obras desses filósofos da natureza.

O filósofo inglês Herbert Spencer, defensor da valorização do ensino de ciências nos currículos no século XIX (KULESKA, W. A., s.d.) e do ensino por investigação possuía a concepção de que através da utilização do laboratório o aluno poderia compreender os fenômenos naturais, o que seria mais difícil ou até impossível de acontecer utilizando apenas livros. Spencer pode ter contribuído, mesmo que indiretamente, para a escolha de Marie Curie na forma de ministrar as aulas na cooperativa, através de experimentos, já que ela havia tido contato com um dos seus livros, como já mencionado neste trabalho.

Durante toda a vida de Mme Curie, conforme cremos ter abordado neste estudo, faz-se notória a vocação para o ensino e o respeito ao conhecimento científico, podemos ponderar que ela considerava a experimentação como uma ferramenta facilitadora do seu próprio aprendizado e que, provavelmente, por analogia, estimava que ao utilizar-se dessa metodologia poderia obter o mesmo êxito que ela própria alcançou na construção do seu conhecimento científico.

Composto por dez aulas experimentais, no fichário de Isabelle Chavannes pode-se observar que em cada uma das aulas, em cada estímulo, em cada experimento, é perfeitamente possível perceber a preocupação de Marie Curie com a assimilação do

conhecimento e que esse se desse de maneira sólida, duradoura e contextualizada. Mesmo correndo o risco de sermos anacrônicos, não podemos deixar de ressaltar que esta cientista que de repente ensina, ou esta educadora que jamais se aparta da ciência, traz na sua maneira de trabalhar o ensino, algo que ainda hoje se espera de um bom educador, apenas para citar algumas das qualidades que nos saltam aos olhos, como a linguagem, a semiose, a busca pela evolução dos saberes, a contextualização e a dialética. A cooperativa durou apenas dois anos, visto que os organizadores estavam receosos de que seus filhos tivessem dificuldades para ingressar na universidade, assim como teve Pierre Curie.

Acreditamos também ter conseguido com o presente trabalho destacar na personalidade de Marya Solomé Sklodowska-Curie a consciência do seu papel como cientista e, acima de tudo seu esforço e dedicação para mostrar esses valores aos seus alunos durante as suas aulas experimentais.

Vale lembrar que todas as tentativas de compreensão e caracterização do trabalho da professora polonesa erradicada na França apenas arranham a realidade de seu trabalho, visto que esse foi construído durante um sem-número de problemas políticos, sociais, filosóficos e ideológicos que afetaram o período de vida dessa cientista-educadora. Basta ressaltar que ela já nasceu em uma Polônia cativa e pelo país de sua eleição participou ativamente de uma guerra mundial além da pesada luta pelos direitos das mulheres a um ensino igualitário que atingia seu ápice no final do século XIX e primeira metade do século XX.

Quanto à Cooperativa e seus métodos de ensino, torna-se impossível não levantar questões tais como, conversariam esses eminentes educadores sobre quais as estratégias que utilizariam? Havia uma coerência entre o modo de trabalhar da nossa estudiosa e de seus companheiros? Buscariam todos eles aulas que fugissem ao formato padrão? Estariam eles buscando uma metodologia própria, ou como suspeitamos estavam com “os pés assentados sobre ombros de gigantes”?

Por tudo isso, temos por certo que muitos trabalhos hão de surgir, em um futuro próximo, e que contribuirão, como a tessitura de um grande tapete cuja urdidura, por sua grandiosidade, só poderá ser identificada se construída a várias mãos.

REFERÊNCIAS

- ALFONSO-GOLDFARB, A. M.; MAIA, C. (Orgs.) **História da Ciência: o Mapa do Conhecimento**. Rio de Janeiro/São Paulo, Expressão e Cultura/EDUSP, 1995
- _____; FERRAZ, M. H. M.; BELTRAN, M. H. R. A historiografia contemporânea e as ciências da matéria: uma longa rota cheia de percalços. In: **Escrevendo a história da ciência: tendências, propostas e discussões historiográficas**. (Orgs.) GOLDFARB-ALFONSO, A. M.; BELTRAN, M. H. R. 1ª ed. São Paulo: EDUC/Liv. Ed. da Física/FAPESP, 2005, v. 1, pp. 49-73
- _____. (Org.); BELTRAN, M. H. R. (Org.) **Escrevendo a História da Ciência: tendências, propostas e discussões historiográficas**. São Paulo: Educ/FAPESP/Livraria da Física, 2004
- ANDRADE, J. A. R. **Francis Bacon (1561-1626)** Coleção Os pensadores. São Paulo: Editora Abril Cultural, 2ª edição, 1979
- ARANHA, M. L. A. **História da Educação e da Pedagogia. Geral e Brasil**. São Paulo: Editora Moderna, 2006
- ARAUJO NETO, W. N. Estudos sobre a Noção de Representação Estrutural na Educação em Química a Partir da Semiótica e da Filosofia da Química. In: **Revista Virtual de Química**, 4(6), 2012, pp. 719-738
- AUGUSTO, C. R.; Capítulo IV – Distribución de Dosis Alrededor de Fuentes de Braquiterapia según el Actual Formalismo TG 43. In: **Calculo de la Matriz de Dosis Alrededor de una Fuente de IR 192 para Braquiterapia utilizando el Formalismo TG -43**. 2005. Monografia, Universidad Nacional Mayor de San Marcos - UNMSM, Peru, 2005. Acessado em julho 2012. Disponível em http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Tesis/Basic/cardenas_ra/cap4.PDF
- BALDINATO, J. O.; PORTO, P. A. Michael Faraday e a História Química de uma Vela: um Estudo de Caso Sobre a Didática da Ciência. In: **Revista Química Nova na Escola**. nº 30, novembro, 2008, pp. 16 - 23
- _____. Jane Marcet e Conversations On Chemistry: Divulgando A Química No Início Do Século XIX. In: VII ENPEC, Florianópolis, novembro, 2009
- _____. A química segundo Michael Faraday: Um caso de divulgação científica. 2009. 139 f. Dissertação – Interunidades em Ensino de Ciências: Modalidade Química, USP, São Paulo
- BAPTISTA, M. L. M.; FREIRE, A. M. Capítulo 4 – Ensino por Investigação. In: **Concepção e implementação de atividades de investigação: Um estudo com**

- professores de física e química do ensino básico.** 2010. 563 f. Tese de doutorado – Instituto de Educação, Universidade de Lisboa, Lisboa. 79 – 117. Acessado em junho 2012. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10451/1854>
- BASTOS, M. H. C. Manuais escolares franceses no imperial colégio de Pedro II (1856-1892). **História da Educação**, ASPHE/FaE/UFPel, Pelotas, v. 12, nº 26, Set/Dez, 2008, pp. 39-58
- BEIRED, J. L. B. A função social dos intelectuais. In: AGGIO, A. (Org.) **Gramsci. A vitalidade de um pensamento.** São Paulo: Ed. UNESP, 1998. pp. 121-132
- BELTRAN, M. H. R.; BELTRAN, N. O. História da Química e Ensino: Experimentos e Atividades em Sala de Aula. In: **História da Ciência e Ensino: Propostas, Tendências e Construção de Interfaces.** (Orgs.) BELTRAN, M. H. R.; SAITO, F.; SANTOS, R. N. e WUO, W. São Paulo. Ed. Livraria da Física, 2009, pp. 173-182
- _____. Os Saberes Femininos em Imagens e Práticas Destilatórias. **Circumscribere** (São Paulo), v. 1, pp. 1-13, 2006
- _____; BORTOLOTTI, A.; LOBATO, C. B.; TONETTO, S. R. ; FERRAZ, Márcia Helena Mendes ; ALFONSO-GOLDFARB, A. M. Dissecando a Matéria entre os Séculos XVIII-XX. In: **História da Ciência: tópicos atuais 2.** São Paulo: Livraria da Física, 2011, v., pp. 104-131
- _____. (Org.); SAITO, F. (Org.); TRINDADE, L. S. P. (Org.); RODRIGUES S. P. História da Ciência e ensino: Alguns desafios. In: **História da Ciência: tópicos atuais 1.** ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2010
- _____. (Org.); SAITO, F. (Org.); SANTOS, R. N. (Org.); WUO, W. (Org.). **História da Ciência e Ensino: propostas, tendências e construção de interfaces 1.** São Paulo: Editora Livraria da Física, 2009. v. 1
- BINDA, M. del C. Marie Curie, una mujer pionera en su tempo (primeira e segunda parte). In: **RAR**, v. 73, nº 3, 2009
- BRISOLLA, S. N.; VASCONCELLOS, E. C. C. Presença Feminina no estudo e no trabalho da ciência na Unicamp. In: **Caderno Pagu**, Campinas, nº32, Jan/Jun,2009
- BROOKE, J. H. Introduction: The Study of Chemical Textbooks. In: LUNDGREN, Anders; BENSUAUDE-VINCENT (editors). **Communicating Chemistry – Textbooks and their Audiences, 1789 – 1939.** USA, 2000, 1- 6
- CAMPOS, M. C. C.; NIGRO, R. G. **O ensino-aprendizagem como investigação.** São Paulo: Editora FTD, 1999
- CHARLE, C. Balanço da História da educação na França na época contemporânea. In: **História da Educação**, ASPHE/FaE/UFPel. Pelotas (8), setembro, 2000, pp. 47-64
- CHAVANNES, I. **Aulas de Marie Curie.** São Paulo: Edusp, 2007.

- CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa – método qualitativo, quantitativo e misto**. Porto Alegre: Artmed, 2010
- CURIE, E. D. **Madame Curie**. Tradução de Monteiro Lobato. 1ª edição, 1938.
- _____. **Madame Curie**. Tradução de Monteiro Lobato. 10ª edição, 1957.
- CURIE, M. S. Rayons émis par les composés de l'uranium et du thorium. **Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris**, v. 126, 1898, pp.1101-1103
- _____. **Radioactive Substances**. New York. Dover Publications, INC., 2002. Unabridged republication of edition published by Philopical Library, Inc., New York, 1961.
- _____. **La Radiologie et La Guerre**. Paris Editora F. Alcan (Paris), 1921
- DENNERY, É. **Pierre et Marie**. Bibliothèthe Nationale, Paris, 1967.
- FERRAZ, M. H. M.; HINO, H.; SICCA, N. A. L. História da Ciência no ensino de química no 2o. grau. In: **Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência**, São Paulo, v. 3, 1989, pp. 78-79
- FREITAS-REIS, I. **A Farmácia e a Medicina Química na Inglaterra quinhentista: O caso de R. Bostocke**. 2006. Tese de doutorado, Doutorado em História da Ciência, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, PUC-SP, 2006
- GARCIA, M. I. G.; SEDEÑO, E. P. Revista Ibero americana de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación. Organización de Estados Ibero americanos para La Educación, la Ciencia y la Cultura-OEI, nº 2, janeiro-abril 2002. In: **Ciência, Tecnologia e Gênero**. Londrina: Editora IAPAR, 2006
- GIANNOTTI, J. A. **Auguste Comte (1798-1857)** Coleção Os pensadores. São Paulo: Editora Abril Cultural, 1978
- GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de ciências. In: **Revista Química Nova na Escola**, nº 10, novembro 1999. pp. 43-49
- GOLDSMITH, B. **Gênio Obsessivo – O mundo interior de Marie Curie**. São Paulo: Companhia das Letras, 1ª edição, 2006
- GUIMARÃES, C. C. Experimentação no Ensino de Química: Caminhos e Descaminhos Rumo à Aprendizagem Significativa. In: **Revista Química Nova na Escola**, v. 31, nº 3, 2009, pp.198-202
- HAM, D. Marie Skolodowska Curie: The woman who opened the nuclear age. **21st CENTURY**, Winter 2002-2003, pp. 30-68
- HOBSBAWN, E. J. **A Era dos Impérios**. São Paulo: Editora Paz e Terra, 2009

- JARDINS, J. D. **The Madame Curie Complex – The Hidden History of Women in Science**. New York, Feminist Press, 2010
- KONDER, L. **O que é dialética?** São Paulo: Editora brasiliense, 25ª edição, s.d. Acessado em maio de 2013. Disponível em: http://carloscouto.weebly.com/uploads/5/6/7/4/5674703/o_que__dialctica_-_leandro_konder.pdf
- KULESZA, W. A. Herbert Spencer e o atual ensino de Ciências. In: **IV Congresso Brasileiro de História da Educação: A Educação e seus sujeitos na História**. Goiânia, novembro 2006.
- LETA, J. As mulheres na ciência brasileira: Crescimento, contraste e um perfil de sucesso. In: **Estudos avançados**, USP - SP, v. 17, n° 49, set/Dez, 2003, pp. 271- 284
- LIMA, M. E. C. C.; MUNFORD, D. Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo? Acessado em outubro de 2012. Disponível em: <http://www.portal.fae.ufmg.br/seer/index.php/ensaio/article/viewFile/122/172>
- LOCKE, J. **An Essay Concerning Human Understanding**. London, 1836
- LOURO, G. L. **Gênero, sexualidade e educação – Uma perspectiva pós-estruturalista**. São Paulo: Editora Vozes, 12ª edição, 2011
- LUDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986
- MARCET, J. **Conversations on Chemistry; in which The Elements of that science are familiarly explained and Illustrated by experiments**. v. I, 60ª edição, London, 1853
- _____. **Conversations on Chemistry; in which The Elements of that science are familiarly explained and Illustrated by experiments**. v. II, 60ª edição, London, 1853
- MARGADANT, J. B. **Madame le professeur – Women Educators in the Third Republic**. Princeton. Princeton University Press, 1990
- MARTINS, L. A. P. História da Ciência: Objetos, Métodos e Problemas. In: **Ciência & Educação**, UNESP - SP, v. 21, n° 2, 2005, pp. 305 – 317
- MARTINS, R. A. A História das ciências e seus usos na educação. In: **Estudos de História e Filosofia das Ciências: Subsídios para aplicação no Ensino**, (Orgs.) SILVA, C. C. PUC-SP: Editora Livraria da Física, 1ª edição, 2006. pp. xvii
- _____. As Primeiras Investigações de Marie Curie sobre Elementos Radioativos. In: **Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência**, n° 1, 2003, pp. 29-41
- _____. Como Becquerel não descobriu a radioatividade. In: **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis – SC, v. 7, n° especial, 1990, pp. 27-45

- _____. Investigando o invisível: as pesquisas sobre raios X logo após a sua descoberta por Röntgen. In: **Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência**, nº 17, 1997, pp. 81-102
- MARTINS, C. E.; MONTEIRO, J. P. **John Locke (1632-1704)** Coleção Os Pensadores. São Paulo: Editora Abril Cultural, 2ª edição, 1978
- MORAES, M. M; MARCOLAN, S. G. Transposição Didática: O Processo de Transformação de Saberes. In: **Revista ÁGORA – Revista Eletrônica**, Cerro Grande – RS, nº 11, Dezembro, 2010, pp. 83-90
- MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. **Aprendizagem Significativa – A teoria de David Ausubel**. São Paulo: Editora Centauro, 2ª edição, 2011
- OLIOSI, E. C.; FERRAZ, H. M. O Papel de Joseph Priestley (1733-1804) na Educação: O Experimento. In: **História da Ciência e Ensino: Propostas, Tendências e Construção de Interfaces**, (Orgs.) BELTRAN, M. H. R., SAITO, F., SANTOS, R. N. e WUO, W. São Paulo: Ed. Livraria da Física, 2009, p. 145-148
- PICARD, E. A história do ensino superior francês. Por uma abordagem global. In: **Revista Educação**, Porto Alegre, v.33, nº02, maio/ago, 2010, pp. 145-155
- PORTO, P. A. História e Filosofia da Ciência no Ensino de Química: em busca dos objetivos educacionais da atualidade. In: **Ensino de Química em Foco**, (Orgs.) SANTOS, W. L. P.; MALDANER, O. A. Ijuí, RS: Editora Unijuí, 2010, v., pp. 159-180
- QUINN, S. **Marie Curie uma vida**. Tradução de Sonia Coutinho. São Paulo: Ed. Scipione Cultural, 1997
- REID, R. **Marie Curie**. Signet, New York, 1974
- REIS, J. B. A. **A arquitetura metodológica de Michael Faraday**. 2006. Tese de doutorado, Doutorado em História da Ciência, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, PUC-SP, 2006
- RIBEIRO, J. **O que é positivismo?** São Paulo: Editora Brasiliense, 1986. Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAIFsAG/que-positivismo-joao-ribeiro-40>, Acessado em Janeiro de 2013.
- ROCHA, J. L.; CARVALHO, J. B. P.; SCHUBRING, G. **A educação matemática na visão de Augusto Comte**, Tese de doutorado, PUC-Rio, dezembro, 2006
- ROGERS, R. **L'enseignement au feminine. Si l'enseignement féminin a permis une réelle émancipation, sa disparition récente comme filière spécifique a été une étape nécessaire, mais pas suffisante, vers l'égalité** Université Paris-Descartes, Umr Cerlis. s.d

- ROSSITER, M. W. Women Scientists in America: Struggles and Strategies to 1940. In: **Splendid Books and Collectibles**, Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1982, pp. 478-481
- SANTOS, F. M. T.; GRECA, I. M. (Orgs). **A Pesquisa em Ensino de Ciências no Brasil e suas Metodologias**. UNIJUI: Ijuí, 2007
- SAVIANI, D. Formação de professores: aspectos históricos e teóricos do problema no contexto brasileiro. In: **Revista Brasileira de Educação**, v. 14 n. 40 jan./abr, 2009, pp.143-155
- SAVOIE, P. Criação e reinvenção dos liceus: 1802-1902. In: **História da Educação**, ASPHE/FaE/UFPel. Pelotas, nº 22, maio/ago, 2007, pp. 9-30
- SCHIEBINGER, L. **O feminismo mudou a ciência?** São Paulo: EDUSC, 2001
- SCHILLING, V.; GUSMÃO, L. A. Polônia: A luta pela liberdade. In: **Cadernos de História, Memorial do Rio Grande do Sul**. Governo do Estado do Rio Grande do Sul, Secretaria Estadual da Cultura – Roque Jacoby, pp. 1-29
- SOARES, T. A. Mulheres em ciência e tecnologia: Ascensão limitada. In: **Revista Química Nova**, v.24, nº 2, 2001, pp. 281-285
- TONETTO, S. R. **Vida de Cientista: Um estudo sobre a construção da biografia de Mme Curie (1867-1934)**. 2009. 86 f. Dissertação de mestrado- Mestrado em História da Ciência, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2009
- VIEIRA, C. E. Intelligentsia e intelectuais: sentidos, conceitos e possibilidades para a história intelectual. In: **Revista Brasileira de História da Educação**, v.8, nº1[16], 2008, pp. 63-85
- WATTS, I. **The Improvement of the Mind: or, a Supplement to the Art of Logic: Containing a Variety of Remarks and Rules for the Attainment and Communication of Useful Knowledge, in Religion, in the Sciences, and in Common Life**, Londres, 1743
- _____. **The Improvement of the Mind: or, a Supplement to the Art of Logic: Containing a Variety of Remarks and Rules for the Attainment and Communication of Useful Knowledge, in Religion, in the Sciences, and in Common Life**, Londres, 1801
- _____. **The Improvement of the Mind: or, a Supplement to the Art of Logic: Containing a Variety of Remarks and Rules for the Attainment and Communication of Useful Knowledge, in Religion, in the Sciences, and in Common Life**, Londres, 1819
- ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. Atividades Investigativas No Ensino De Ciências: Aspectos Históricos e Diferentes Abordagens. In: **Revista Ensaio**. Belo Horizonte, v.13, nº 03, set-dez, 2011, pp. 67-80

Links:

<http://www.parisenimages.fr> acessado em maio 2012.

http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/articles/curie/ acessado em maio 2012.

<http://www.linternaute.com/paris/magazine/photo/paris-by-night/la-sorbonne.shtml>
acessado em junho 2012.

http://www.pdamed.com.br/diciomed/pdamed_0001_05600.php, acessado em junho 2012

http://www.abc.org.br/article.php3?id_article=653, acessado em abril 2012.